



(19) 대한민국특허청(KR)  
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2013년10월17일  
(11) 등록번호 10-1318898  
(24) 등록일자 2013년10월10일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)  
H01L 21/3065 (2006.01) H01L 21/306 (2006.01)  
(21) 출원번호 10-2006-0097860  
(22) 출원일자 2006년10월09일  
심사청구일자 2011년10월10일  
(65) 공개번호 10-2007-0038444  
(43) 공개일자 2007년04월10일  
(30) 우선권주장  
11/244,422 2005년10월05일 미국(US)  
(56) 선행기술조사문헌  
JP2000310863 A\*  
JP2002194547 A\*  
JP2005527119 A\*  
\*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자  
어플라이드 머티어리얼스, 인코포레이티드  
미국 95054 캘리포니아 산타 클라라 바우어스 애브뉴 3050  
(72) 발명자  
왕, 주디  
미국 95014 캘리포니아 쿠파티노 사쿠라 웨이 19327  
성, 상리  
타이완 썬-추 후-첸 스트리트 레인 85 알리 18 #121  
(74) 대리인  
(뒷면에 계속)  
특허법인 남앤드남

전체 청구항 수 : 총 9 항

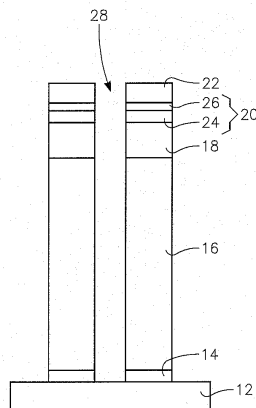
심사관 : 박귀만

(54) 발명의 명칭 탄소계 하드마스크를 개방하기 위한 프로세스

(57) 요약

바람직하게는 적어도 60 원자%의 탄소와 10 원자% 내지 40 원자%의 수소를 포함하고 유전체층(16) 위에 놓이는 비정질 탄소를 이루어진 탄소계 하드마스크 층(18)을 개방시키는 방법이 개시된다. 상기 하드마스크는 H<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>, 및 CO로 이루어진 에칭 가스를 이용하여 플라즈마 에칭에 의해 개방된다. 상기 에칭은 바람직하게는 HF 바이어싱된 페디스털 전극 및 용량성으로 VHF 바이어싱된 샤워헤드를 갖는 플라즈마 에칭 반응기에서 수행된다.

대표도 - 도1



(72) 발명자

**마, 샤우밍**

미국 94086 캘리포니아 쉐니베일 가빌란 애브뉴  
244

**푸, 브라이언**

미국 95135 캘리포니아 샌어제이 로사토 코트 3064

---

## 특허청구의 범위

### 청구항 1

기판 위에 플라즈마 강화 화학적 기상 증착에 의해 형성되고 적어도 60 원자%의 탄소를 포함하는 비정질 탄소계(carbon-based) 층을 에칭하는 방법으로서,

수소, 질소, 및 일산화 탄소로 이루어지는 활성 성분들을 갖는 에칭 가스의 플라즈마에 상기 탄소계 층을 노출(expose)시키는 단계

를 포함하는, 비정질 탄소계 층을 에칭하는 방법.

### 청구항 2

삭제

### 청구항 3

제 1 항에 있어서,

상기 탄소계 층은 10 원자% 내지 40 원자%의 수소를 포함하는,

비정질 탄소계 층을 에칭하는 방법.

### 청구항 4

삭제

### 청구항 5

삭제

### 청구항 6

제 1 항에 있어서,

상기 에칭 가스는 수소, 질소, 및 일산화 탄소로 이루어지는,

비정질 탄소계 층을 에칭하는 방법.

### 청구항 7

제 1 항, 제 3 항, 및 제 6 항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 수소의 플로우(flow)는 상기 질소의 플로우의 50% 내지 300%인,

비정질 탄소계 층을 에칭하는 방법.

### 청구항 8

제 1 항, 제 3 항, 및 제 6 항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 탄소계 층 위에 형성되는 포토레지스트 층을 광학적으로 패터닝하는(patterning) 단계 및 상기 에칭된 탄소계 층을 하드마스크로서 이용하여 상기 탄소계 층 아래에 놓이는(underlying) 유전체층을 에칭하는 단계를 더 포함하는,

비정질 탄소계 층을 에칭하는 방법.

### 청구항 9

삭제

### 청구항 10

제 1 항, 제 3 항, 및 제 6 항 중 어느 한 항에 있어서,

정합 회로(matching circuit)를 통해 HF 주파수에서 동작하는 RF 전력 공급기에 의해 바이어싱되고 상기 기판을 지지하는 페디스털(pedestal) 전극, 및

상기 페디스털과 대향하는(in opposition to) 샤워헤드 전극 - 상기 샤워헤드 전극을 통해 상기 에칭 가스가 공급되고 상기 샤워헤드 전극은 상기 HF 주파수보다 높은 VHF 주파수에서 동작하며 상기 샤워헤드 전극에 용량성 커플링되는(capacitively coupled) 스텐트(stub) 회로에 인가되는 제2 RF 전력 공급기에 의해 바이어싱됨 - 을 갖는 플라즈마 에칭 챔버 내에 상기 기판을 배치하는 단계를 더 포함하는, 비정질 탄소계 층을 에칭하는 방법.

**청구항 11**

제 10 항에 있어서,

상기 챔버의 중심 축으로부터 상이한 반경들에서 상기 샤워헤드의 후방에 배치되는 2개의 동축 코일들을 통하여 전류를 통과시키는 단계를 더 포함하는,

비정질 탄소계 층을 에칭하는 방법.

**청구항 12**

삭제

**청구항 13**

삭제

**청구항 14**

삭제

**청구항 15**

삭제

**청구항 16**

삭제

**청구항 17**

삭제

**청구항 18**

삭제

**청구항 19**

삭제

**청구항 20**

제 1 항, 제 3 항, 및 제 6 항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 활성 성분들 중 적어도 90%는 수소 및 질소인,

비정질 탄소계 층을 에칭하는 방법.

**청구항 21**

제 1 항, 제 3 항, 및 제 6 항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 방법은 상기 기판을 지지하는 RF 바이어싱된 페디스털 전극, 및 샤워헤드 전극 - 상기 샤워헤드 전극을

통해 상기 에칭 가스가 플로우되고(flowed) 상기 샤워헤드 전극은 VHF 전력 공급기에 의해 용량성으로 바이어싱 됨 - 을 갖는 플라즈마 에칭 반응기에서 수행되는, 비정질 탄소계 층을 에칭하는 방법.

**명세서**

**발명의 상세한 설명**

**발명의 목적**

**발명이 속하는 기술 및 그 분야의 종래기술**

- [0012] 본 발명은 일반적으로 반도체 집적 회로들의 에칭에 관한 것이다. 특히, 본 발명은 높은 탄소 분율(fraction)을 포함하는 마스크들의 에칭에 관한 것이다.
- [0013] 플라즈마 에칭은 실리콘 집적 회로의 구조물(structure)을 규정(definition)하는데 사용되는 하나의 프로세스이다. 일례는 수직 금속 상호접속(interconnect) 구조물을 형성하기 위해 유전체 층을 통한 비아 홀들의 에칭을 포함하고, 몇몇 개선된 설계들에서 수평 상호접속 구조물을 동시에 형성할 수 있다. 유전체 층은 기존에, 또한 산화물(oxide)로도 불리는, 실리콘 이산화물 기반 물질로 형성된다. 보다 개선된 유전체들은 유전상수를 감소시키기 위해 불소 또는 다른 도펀트(dopant)들을 포함하였다. 그러나 다른 유전체 조성물들도 사용될 수 있다. 긴 시간 확립되는(established) 포토리소그래픽 프로세스는 일반적으로 평면인 포토레지스트 물질의 층을 패터닝되지 않은(unpatterned) 산화물 상에 증착하고 이들 사이에는 아마도 반사-방지 코팅(ARC)을 가질 수도 있다. 포토레지스트는 목표된(desired) 패턴에 따라 광학적으로 패터닝된 다음, 포지티브 리소그래피에서 노출(expose)되지 않은 포토레지스트 또는 네거티브 리소그래피에서 노출된 포토레지스트를 제거하도록 현상된다. 그 다음, 패터닝된 포토레지스트는 노출된 산화물 및 중간의 ARC가 존재한다면 이를 에칭하는 추가적인 단계를 위한 마스크로서 작용한다. 산화물과 포토레지스트 사이의 합리적인 에칭 선택도(selectivity)를 제공하는 유전체 에칭 프로세스들이 개발되었다.
- [0014] 집적회로 기술의 발전은 산화물 층을 통과하는 비아 홀들과 같은 수평 피쳐(feature)들의 지속적인 수축(shrinkage)에 대부분 의존하여 왔다. 비아 폭들은 현재 100nm 이하로 감소되고 있다. 그러나, 산화물 두께는 약 1 $\mu$ m에서 안정하게 유지되고 3 $\mu$ m 이상의 산화물 두께들이 목표되는 많은 구조물들이 존재한다. 산화물 층에서 에칭될 홀들의 이러한 높은 종횡비(aspect ratio)들은 포토리소그래피 및 에칭간에 몇가지 문제들을 나타내었다. 광학 패터닝에서 심도(depth of field)를 유지하기 위해, 포토레지스트의 두께는 상기 예에서, 예를 들어 100nm와 같이, 산화물 층에 규정(define)되는 피쳐의 크기보다 훨씬 더 크지 않아야 한다. 그 결과, 비아 홀이 그 하부(bottom)로 에칭될 때까지 마스크가 남아있어야 한다면, 에칭 선택도, 즉 포토레지스트 에칭율(etch rate)에 대한 산화물 에칭율의 비율은 10 이상이어야 한다. 그러나, 포토레지스트들은 전형적으로 소프트 유기 물질들을 기반으로 한다. 좁은 비아 홀들에서 수직 프로파일들과 같은 다른 요구조건들을 달성하는 동시에 이러한 높은 선택도의 포토레지스트를 획득하는 것은 달성하기 어려웠다.
- [0015] KrF 층으로부터의 포토레지스트를 노출시키기 위한 248nm 방사에서, ArF 레이저로부터의 193nm 방사로 리소그래피를 전환(transition)시키는 것이 바람직하다. 그러나, 193nm 방사는 문제들이 있다. 더 짧은 파장들에 민감한 포토레지스트는 일반적으로 더 소프트하고, 포토레지스트의 최대 두께는 일반적으로 더 짧은 파장에서 더 얇은 심도를 수용하기 위해 400nm 미만으로 감소된다.

**발명이 이루고자 하는 기술적 과제**

- [0016] 본 발명의 목적은 높은 탄소 분율을 포함하는 마스크들을 에칭하는 방법을 제공하는 것이다.

**발명의 구성 및 작용**

- [0017] 수소, 질소, 및 일산화 탄소를 포함하며, 바람직하게는 이들로 이루어진 에칭 가스의 플라즈마 에칭에 의해 탄소계(carbon-based) 층을 에칭하는 방법, 구체적으로는 포토레지스트 마스크를 통해 이러한 물질의 하드마스크를 개방(open)시키기 위한 방법이 개시된다. 상기 하드마스크는 높은 종횡비 비아 홀을 요구하는 유전체 금속-간(inter-metal) 층과 같은 아래에 놓인(underlying) 층을 에칭하기 위한 마스크로서 이용될 수 있다. 상기 방법은 유전체 금속-간 층이 로우-k 유전체로 이루어질 때 특히 유용하다.

- [0018] 수소 및 질소는 1:2 내지 2:1의 비율에서 공급되는 것이 바람직하다. 챔버 압력은 50mTorr를 초과하여 유지되는 것이 바람직하다.
- [0019] 플라즈마 에칭 챔버는 1 내지 143MHz 범위에서 동작하는 HF 전력 공급기에 의해 바이어싱되는 페디스털 (pedestal) 전극, 및 150 내지 350MHz 범위에서 동작하는 샤워헤드 전극을 포함하는 것이 바람직하다.
- [0020] 에칭 선택도는 유전체와 포토레지스트 층들 중간의 하드마스크를 패터닝하기 위해 포토레지스트 마스크를 이용함으로써 증가될 수 있다. 일반적으로 더 얇은 하드마스크는 이용가능한 포토레지스트를 이용하여 보다 용이하게 에칭되고 보다 거친(tougher) 하드마스크가 더 두꺼운 아래에 놓인 유전체 층을 패터닝하는데 이용된다. 하드마스크들은 ArF 레이저로부터 이용가능한 193nm 포토레지스트 패터닝 방식을 이용하여 100nm 미만으로 피쳐 사이즈가 감소되도록 유전체 에칭에서 요구된다. 전형적으로 실리콘 질화물 또는 실리콘 옥시나이트라이드로 이루어진 하드마스크들이 과거에 제안되었다. 그러나, 특히 바람직한 하드마스크 물질은 캘리포니아, 산타클라라의 어플라이드 머티어리얼스사로부터 이용가능한 개선된 패터닝 막(APF)과 같은 탄소계 물질이다. 플라즈마 강화 화학적 기상 증착(PECVD)에 의한 APF의 증착은, 예를 들어, 프로필렌 C<sub>3</sub>H<sub>6</sub>와 같은 탄화수소를 프리커서 (precursor)로서 이용하는, Fairbairn 등에 의한 미국특허 제6,573,030호에 기술되어 있다. Wang 등의 미국 공개 출원 2005/0199585 및 Lei 등의 미국 공개 출원 2005/0167394는 하드마스크로서 그것의 사용법을 기술하고 있다. 이러한 3개의 문헌들은 참조로 본 발명에 통합된다. Fairbairn은 적어도 40 원자%의 탄소 및 10 내지 60 원자%의 수소로 이루어지고 이에 따라 적어도 40 원자%의 탄소를 이루는 것으로서 이러한 물질을 특징지었다. 그러나, 보다 긴밀한(tighter) 조성 범위는 바람직하게는 적어도 60 원자%의 탄소 및 10 내지 40 원자%의 수소로 이루어진다. 도펀트들은 유전상수 및 굴절 인덱스(refractive index)를 제어하기 위해 제안되었지만, 효과적인 반사-방지 코팅을 통해 패터닝된 APF 층-간 유전체는 탄소 및 수소 이외에 다른 실질적인 컴포넌트들을 요구하는 것으로 보이지 않는다. APF의 성장 조건 및 프리커서들이 결정화를 변화시킬 수 있지만, APF는 비정질(amorphous) 물질로서 형성되는 것으로 판단된다. 400°C에서 성장된 APF는 1.1g/cm<sup>2</sup>의 밀도, 2.2MPa의 경도, 2.2MPa의 강도, 및 63/37의 최적화된 C/H 원자 비율을 갖는 것으로 관찰되었다. 이중 탄화수소 결합들(C=C)에 대한 단일 탄화수소 결합들(C-H)의 비율은 5인 것으로 관찰된다. 더 높은 온도들에서 성장되는 최근에 개발된 APF는 다소 상이한 특성들을 보여줄 수 있다.
- [0021] 탄소계 하드마스크의 사용례는 콘택 비아에 대한 도 1의 단면도에 도시된다. 그러나, 본 발명은 이러한 구조에 제한되지 않으며 다른 물질들 위에 APF 이외의 탄소계 층들을 개방시키는데 적용될 수 있음이 강조되어야 한다. 실리콘 기관(12) 위에 전형적으로 화학적 기상 증착(CVD)에 의해, 예를 들어 실리콘 질화물의 에칭 스톱 층(14), 예를 들어 할로젠으로 도핑된 로우-k 산화물의 유전체 층(16), 및 탄소계의 하드마스크 층(18)이 증착됨으로써, 전형적으로 습윤 형태로 스핀되어 그 이후에 건조되는, 이후에 증착되는 포토레지스트 층(22)의 포토그래픽 패터닝을 용이하게 한다. ARC 층(20)은, 예를 들어, 실리콘 옥시나이트라이드의 하부 DARC 층(24) 및 유기 물질의 상부 BARC 층(26)을 포함한다. DARC 층(24)은 탄소계 하드마스크 층에 대한 BARC 층(26)의 접착(adhesion)을 촉진시키는데 부분적으로 사용된다.
- [0022] 그 다음, 포토레지스트 층(22)은 단계 및 반복 노출기 툴(a step and repeat exposer tool)의 레티클(reticle)을 통해 포토그래픽적으로 노출되고, 목표된 콘택 비아(28) 위에 개구(aperture)를 남겨놓도록 현상된다. 그 다음, BARC 및 DARC 층들(26, 24)은, 예를 들어, CF<sub>4</sub>를 이용하여 기존의 플라즈마 에칭을 이용하여 제거된다. 그 다음, 탄소계의 하드마스크 층(18)의 노출된 영역들이 패터닝된 포토레지스트 층(26) 또는 ARC 층(18)의 나머지 부분들을 에칭 규정부(etch defining)로서 이용하여 에칭되거나 개방된다. 그 이후, 예를 들어 C<sub>4</sub>F<sub>6</sub> 및 Ar 또는 다른 무-수소(hydrogen-free) 또는 수소-함유 탄화불소(fluorocarbon)의 불소계 화학 작용(chemistry)은 적절히 선택된 불소계 산화물 에칭의 선택적 특성 때문에 에칭의 적어도 최종 부분들을 위한 마스크로서 하드마스크 층(18)을 이용하고 에칭 스톱 층(14)에서 정지하여 유전체 층(16)을 통해 에칭한다. 그 다음에 비아 홀로 충전되는(filled) 내화 규화물(refractory silicide) 및 금속화(metallization) 금속과 같은 콘택 층을 통한 접촉 및 이온 주입에 의한 자신의 도핑을 허용하도록 아래에 놓인 실리콘 웨이퍼(12)를 노출시키기 위해, 얇은 에칭 스톱층(14)은 예를 들어 DARC 및 BARC를 위해 CF<sub>4</sub> 또는 O<sub>2</sub>를 이용하여 스퍼터(sputter) 에칭 또는 상대적으로 비-선택적 화학적 플라즈마 에칭 단계에 의해 제거된다. 탄소계의 하드마스크 층(18)의 나머지 부분은 산소 플라즈마에서 제거될 수 있다. 상기 프로세스는 하위-레벨 비아 홀, 및 수평 커넥션들을 위한 상위-레벨 트랜치를 갖는 이중 다마신(damascene) 구조물로 용이하게 확장될 수 있다는 것이 이해되어야 한다.
- [0023] 하드마스크 층의 개방은 몇가지 상이한 기준을 충족시켜야 한다. 그것은 포토레지스트 패터닝에 의해 설정된

임계 치수(CD)를 유지하기 위해 하드마스크 층에서 수직 프로파일을 생성해야 한다. 100nm 피쳐들에 대해, 개방된 하드마스크의 하부에서 CD의 변화는 10nm 미만이어야 한다. 상업적인 제조를 위해, 에칭율은 비교적 높아야 하며, 예를 들어, 500nm보다 커야 한다. 입자들의 생성은 비교적 낮아야 하고 설비의 반복적인 사이클링 동안 상당히 증가하지 않아야 한다. 하드마스크 층은 전형적으로 400nm 또는 600nm 보다 더 큰 두께를 갖고 200nm 초과 미만의 비아 폭들이 요구되기 때문에, 에칭은 매우 이방성이어야 하고 수직 프로파일들을 생성해야 한다. 하드마스크의 개방과 동일한 챔버에서 바람직하게 수행되는 불소계 산화물 에칭 때문에 입자들이 관심사가 될 수 있다.

[0024] 탄소계 하드마스크를 개방하기 위한 바람직한 프로세스는  $H_2/N_2/CO$ 의 에칭 가스 혼합물에 기반한다. 수소 및 질소는 주요 에칭 종(species)이다. 일산화 탄소는 수직 프로파일을 유지하기 위해 중요한 측벽(sidewall) 패시베이션을 제공한다.

[0025] 도 1의 비아 콘택을 규정하는데 있어 다른 단계들과 함께 하드마스크 개방 프로세스는 도 2의 단면도에 개략적으로 도시된 용량성 커플링된(capacitively coupled) 플라즈마 에칭 챔버(30)에서 수행될 수 있고, Hoffman 등에 의해 미국특허 제6,853,141호 및 제6,894,245호에 기술되며, 상기 특허들은 참조로 본 발명에 통합된다. Hoffman 등은 2005년 1월 28일자로 출원되고, 이제 미국 출원 공개 제2005/0178748호로서 공개된 미국 특허출원 제11/046,538호에서 전자의 특징들을 확장시킨다. 어플라이드 머티어리얼스로부터 이용가능한 Enabler 챔버는 개시된 챔버의 부분들을 통합한다. 에칭 챔버(30)는 샤워헤드와 웨이퍼를 지지하는 페디스털을 별도로 바이어싱시키고, 샤워헤드에 인가되는 VHF 소스 전력의 디커플링(decouple)을 시도하고, 페디스털에 인가되는 HF 소스 전력으로부터 플라즈마를 생성하고, 에칭 이온의 에너지에 영향을 주는 DC 셀프 바이어스를 생성한다. 챔버(30)는 또한 챔버로의 VHF 전력의 주의 깊은 커플링 및 소스 주파수의 주의 깊은 선택, 인용된 출원에 가장 잘 기술된 특징들을 포함한다. 간단하게 기술될 다른 특징들은 에칭의 균일도를 크게 개선시킨다.

[0026] 에칭 챔버(30)는 챔버가 100mTorr 이하로 펌핑되도록 하는 진공 펌프(36)로의 배플(baffled) 환형 펌핑 포트(34)를 포함하는 주 챔버 몸체(32)를 포함한다. 페디스털 전극(38)은 웨이퍼(40) 위의 처리 공간(44)으로 에칭 가스를 공급하는 샤워헤드(42)와 대향하여(in opposition to) 에칭 처리되는 웨이퍼(40)를 지지한다. 연관되는 슬릿(slit) 밸브를 가진 웨이퍼 포트(48)는 웨이퍼(40)가 챔버(30)로 삽입되도록 한다. HF 전력 공급기(50)는 웨이퍼(40)상에 DC 셀프 바이어스를 생성하도록 용량성 정합 회로(52)를 통해 페디스털 전극(40)을 RF 바이어싱시킨다. HF 전력 공급기(50)의 주파수는 낮은 MHz 범위에 있을 수 있다. 여기서 구체적으로 논의되지 않는 몇몇 애플리케이션들에서, 1.8MHz 및 2.0MHz에서 각각 동작하는 2개의 HF 전력 공급기들 모두는 정합 회로(52)에 대한 입력일 수 있다. HF 주파수에 대한 더 넓은 선호되는(preferred) 범위는 1 내지 14MHz이다.

[0027] 샤워헤드(42)의 RF 바이어싱은 절연체(62)에 의해 분리되고 쇼트(64)에 의해 중단되는, 내측(inner) 전도체(58) 및 외측(outer) 전도체(60)를 포함하는 동축 스테브(56)를 통해 주의깊게 제어된다. 스테브(56)는 예를 들어, 높은 커플링과 넓은 출력 임피던스 모두를 제공하는 VHF 주파수의 1/4 파장과 같이, 미리 결정된 길이를 갖는다. 예를 들어, 162MHz에서 동작하는 VHF 전력 공급기(68)는 높은 전력 커플링을 제공하는 쇼트(64)로부터 일정 거리에서 동축 케이블(70)을 통해 내측 전도체(58)로 연결된다. 스테브(56)의 다른 엔드(end)에서, 외측 전도체(60)는 챔버 몸체(32)로 접지되고, 내측 전도체(58)는 주의 깊게 제어되는 두께의 절연 링(74)을 통해 샤워헤드(42)에 용량성 커플링된 플레어(flared) 전도체(72)에 연결되며, 페디스털 전극(38)의 DC 셀프-바이어싱으로부터 샤워헤드(42)의 VHF 바이어싱을 효과적으로 차단(isolate)시킨다. VHF 주파수에 대한 더 넓은 선호되는 범위는 150 내지 325MHz이다.

[0028] 샤워헤드(74)는 처리 가스를 처리 공간(44)으로 균일하게 공급하기 위한 다수의 개구들(78)을 포함한다. 그러나, 개구들은 각각의 폼-충진된(foam-filled) 매니폴드(manifold)들(84, 86) 및 가스 공급 라인들(88, 90)을 거쳐 스테브(56) 내의 보어(bore)(92)를 통해 내측 및 외측 가스 공급기들(94, 96)에 연결된 환형 외측 영역(80) 및 환형 내측 영역(82)으로 분할된다. 그에 의해, 처리 가스는 웨이퍼(40)의 내측 및 외측 부분들에 차등을 두어 제공될 수 있다. 내측 영역(82)의 전형적인 직경은 300mm 웨이퍼에 대해 8.1인치(206mm)이다. 가열 또는 냉각 유체는 샤워헤드의 후방(44)에 제공되고 스테브 보어(92)를 통과하는 유체 라인들(104)을 통해 거기로부터 리턴되며 열 유체 소스(106)에 연결된다.

[0029] 이중 영역 샤워헤드는 중성 원자들 또는 분자들을 포함하는 모든 종의 처리 가스의 방사 분포를 튜닝하는 수단을 제공한다. 이온화된 종들은 처리 공간(44)에서 자기장들을 생성하기 위해, 샤워헤드의 후방에 배치되어 플라즈마 조종(steering) 제어기(116)에 의해 개별적으로 제어가능한 DC 전류량들이 공급되는 2개의 동축 코일들(112, 114)에 의해 개별적으로 튜닝될 수 있다. 제 1 코일(112)은 샤워헤드(42) 외부의 방사형 외측 위치에 배

치되고 샤워헤드(42)의 레벨 위에서 짧은 거리에 배치된다. 제 2 코일(114)은 방사형 내측 위치에 배치되고 샤워헤드 위에서 더 긴 거리에 배치되며, 바람직하게는 플레어 전도체(72)의 최상부(top) 외부에 인접하게 배치된다. 동일한 극성의 대략적으로 동일한 전류들이 2개의 코일들(112, 114)을 통과할 때, 첨점(cusp)-형상의 자기장이 샤워헤드(42) 및 웨이퍼(40) 사이의 처리 공간(44)에서 상당한 방사형 컴포넌트들을 갖도록 생성되고, 이는 처리 가스의 이온화된 컴포넌트들을 조종할 수 있다.

[0030] 본 발명의 일 실시예에 따라, 탄소계 층이 질소, 수소 및 일산화 탄소를 포함하는 에칭 가스를 이용한 플라즈마 에칭에 의해 제거된다. 바람직하게는, 에칭은 VHF 주파수에서 용량성 바이어싱되는 샤워헤드 및 자기적 강화(enhancement)를 포함하는 도 1의 에칭 챔버와 같은 에칭 챔버에서 수행된다.

[0031] 예 1

[0032] 하드마스크 개방 프로세스는 300mm 실리콘 웨이퍼상에서 900nm의 두께로 400°C에서 성장된 다음 ARC 층과 패터닝된 포토레지스트로 커버되는 APF 층을 위해 최적화되었다. 웨이퍼는 300mm 웨이퍼들을 위해 구성되는 도 2의 에칭 챔버에 배치된다. ARC 층은, 페디스틸 전극이 600W의 13.56MHz RF 전력으로 바이어싱되는 동안, 200sccm의 CF<sub>4</sub>가 150mTorr의 압력에서 공급되는 기존의 에칭에 의해 제거된다.

[0033] 전환 단계 이후, APF 층은 그 후에 150sccm의 N<sub>2</sub>, 450sccm의 H<sub>2</sub>, 및 50sccm의 CO의 에칭 가스 플로우를 이용하여 에칭된다. 상이한 처리 가스들은 각각의 질량 플로우 제어기들에 의해 계측된다. 내측 및 외측 영역들에 전달되는 컴포넌트 분율들은 동일하고, 본 예에서, 동일한 양의 처리 가스가 2개의 영역들로 전달된다. 챔버 압력은 100mTorr에서 유지되고, 페디스틸 전극은 40°C에서 유지된다. 샤워헤드 전극에는 1500W의 162MHz 소스 전력이 공급되고, 페디스틸 전극에는 900W의 13.56MHz 바이어스 전력이 공급된다. 첨점 형상의(cusp-shaped) 자기장을 생성하기 위해 동일한 극성의 5A의 전류가 코일들 각각을 통과하게 된다. 웨이퍼 위의 평균화된 180s의 에칭에 대한 에칭율은 약 431nm/min이고 7.7%의 불균일도를 갖는 것으로 관찰된다.

[0034] 예 2

[0035] 제 2 예에서, 내측 코일에 공급되는 전류는 2A로 감소되고 외측 코일에 대한 전류는 5A에서 유지된다. 다른 조건들은 제 1 예와 동일하게 유지된다. 평균 에칭율은 469nm/min로 증가되는 것으로 관찰되지만, 불균일도는 11.5%로 증가한다.

[0036] 예 3

[0037] 제 3 예에서, 162MHz 소스 전력은 2000W로 증가되고 다른 조건들은 제 1 예와 동일하게 유지된다. 평균 에칭율은 약 549nm/min이고 불균일도는 3.1%로 감소되는 것이 관찰된다.

[0038] 예 4

[0039] 제 4 예에서, 162MHz 소스 전력은 2000W로 설정되고 N<sub>2</sub>의 공급은 300sccm으로 증가되며 H<sub>2</sub>의 공급은 300sccm으로 감소된다. 그 이외에는 제 1 예의 조건들이 사용된다. 평균 에칭율은 516.5nm/min이고 2.1%의 불균일도를 갖는 것이 관찰된다. 웨이퍼에 걸친 홀 프로파일에서 일부 불균일도가 존재한다.

[0040] 예 5

[0041] 제 5 예에서, 수소에 대한 질소의 비율을 가변시키는 영향을 결정하기 위해 2개의 처리 조건들이 비교된다. 일 세트의 테스트들에서, 수소 플로우는 450sccm이고 질소 플로우는 150sccm이다. 다른 세트에서, 수소 플로우는 300sccm이고 질소 플로우는 300sccm이다. 즉, 주로 에칭을 책임지는 것으로 판단되는 2개의 가스들의 전체 플로우는 동일하게 유지된다. 일산화 탄소는 주로 측벽을 패시베이팅하는데 유용하며 그리하여 프로파일을 개선하는 것으로 판단된다.

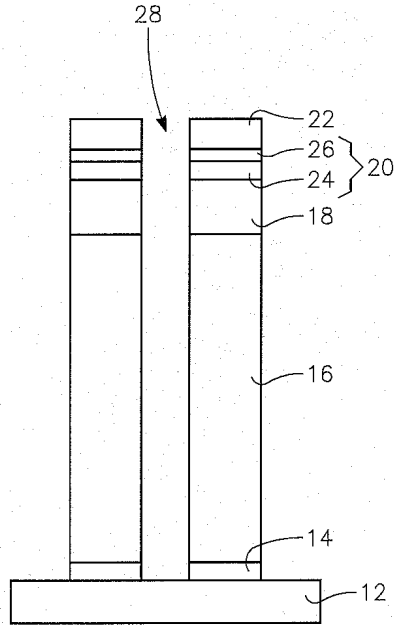
[0042] 그 결과들은 도 3의 그래프에 요약되며, 이는 하부(bottom) 임계 치수(BCD), 즉 2개의 H<sub>2</sub>/N<sub>2</sub> 플로우 비율들에 대해 웨이퍼상의 상이한 지점들에서 하부의 폭을 나타낸다. 상기 그래프는 또한 BCD의 변화를 디스플레이한다. 일반적으로 2:1 미만의 더 낮은 H<sub>2</sub>/N<sub>2</sub> 비율은 보다 양호한 BCD 균일도를 가진 더 작은 BCD를 제공한다. 또한, 더 많은 ARC는 더 낮은 비율을 갖는 APF 에칭의 엔드에서 유지된다. 그러나, 더 낮은 비율에서, DARC/APF 인터페이스에서 보다 많은 언더컷팅(undercutting)이 존재하며, 이는 덜 수직인(less vertical) 프로파일에 기여한다. 다른 챔버 최적화들에 대해, 선호되는 H<sub>2</sub>/N<sub>2</sub> 플로우 비율은 3:1 내지 1:2의 범위 내에 속하는 것으로 판단



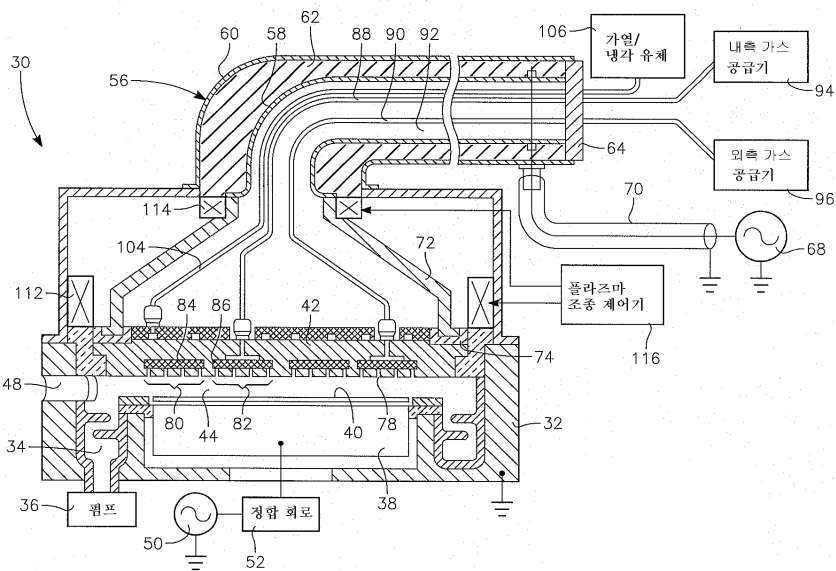
- |        |                        |                 |
|--------|------------------------|-----------------|
| [0008] | 16: 유전체 층              | 18: 탄소계 하드마스크 층 |
| [0009] | 20: ARC 층              | 22: 포토레지스트 층    |
| [0010] | 24: 하부 DARC 층          | 26: 상부 BARC 층   |
| [0011] | 28: 콘택 비아(contact via) | 30: 에칭 챔버       |

도면

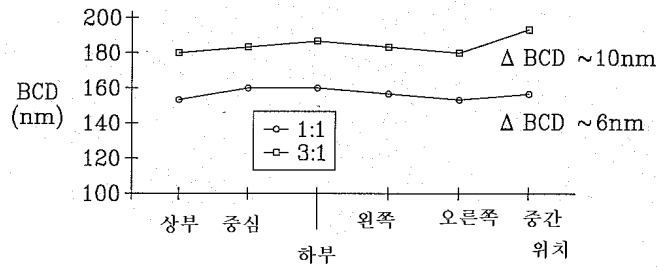
도면1



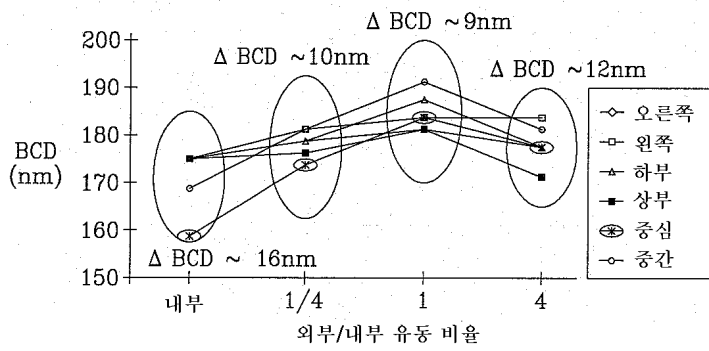
도면2



도면3



도면4



도면5

