



(19) 대한민국특허청(KR)  
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2011-0082025  
(43) 공개일자 2011년07월15일

(51) Int. Cl.

H01L 21/31 (2006.01) H01L 21/205 (2006.01)

(21) 출원번호 10-2011-7009968

(22) 출원일자(국제출원일자) 2009년08월26일

심사청구일자 없음

(85) 번역문제출일자 2011년04월29일

(86) 국제출원번호 PCT/US2009/055073

(87) 국제공개번호 WO 2010/039363

국제공개일자 2010년04월08일

(30) 우선권주장

12/243,375 2008년10월01일 미국(US)

(71) 출원인

어플라이드 머티어리얼스, 인코포레이티드

미국 95054 캘리포니아 산타 클라라 바우어스 애브뉴 3050

(72) 발명자

말리크, 아브히지트, 바수

미국 94306 캘리포니아 팔로 알토 알마 스트리트 2637

네마니, 스리니바스, 디.

미국 94087 캘리포니아 써니베일 페른 릿지 코트 504

(74) 대리인

남상선

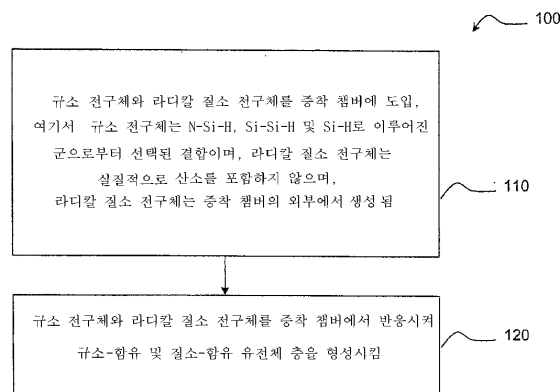
전체 청구항 수 : 총 24 항

(54) 질화규소계 필름 또는 규소 탄소계 필름을 형성시키는 방법

### (57) 요약

본 발명은 질화규소계 유전체 층을 증착시키는 방법을 제공한다. 본 방법은 규소 전구체 및 라디칼 질소 전구체를 증착 챔버에 도입함을 포함한다. 상기 규소 전구체는 N-Si-H 결합, N-Si-Si 결합 및/또는 Si-Si-H 결합을 갖는다. 상기 라디칼 질소 전구체는 실질적으로 산소를 포함하고 있지 않다. 상기 라디칼 질소 전구체는 증착 챔버 외부에서 생성된다. 규소 전구체 및 라디칼 질소 전구체는 상호작용하여 질화규소계 유전체 층을 형성한다.

대 표 도 - 도1



## 특허청구의 범위

### 청구항 1

증착 챔버(deposition chamber)에, N-Si-H 결합, N-Si-Si 결합 및 Si-Si-H 결합으로 이루어진 군으로부터 선택되는 결합을 갖는 규소 전구체, 및 실질적으로 산소를 포함하고 있지 않고 증착 챔버의 외부에서 생성된 라디칼 질소 전구체를 도입하는 단계; 및

상기 규소 전구체 및 상기 라디칼 질소 전구체를 상호작용시켜 질화규소계 유전체 층을 형성시키는 단계를 포함하는, 질화규소계 유전체 층을 증착시키는 방법.

### 청구항 2

제 1항에 있어서, 규소 전구체가 선형 폴리실란, 디아미노실란, 트리실릴아민, 비스(디에틸아미노)실란, 시클로펜타실란,  $N(SiH_3)_3$ , 및/또는 래더 폴리실란(ladder polysilane)으로 이루어진 군으로부터 선택되는 방법.

### 청구항 3

제 1항에 있어서, 라디칼 질소 전구체가 N, NH 및  $NH_2$ 로 이루어진 군으로부터 선택되는 방법.

### 청구항 4

제 1항에 있어서, 라디칼 불활성 가스 전구체를 추가로 포함하는 방법.

### 청구항 5

제 4항에 있어서, 라디칼 불활성 가스 전구체가 라디칼 아르곤 (Ar)인 방법.

### 청구항 6

제 1항에 있어서, 규소 전구체 및 라디칼 질소 전구체를 상호작용시키는 단계의 공정 온도가 약  $-10^\circ\text{C}$  내지 약  $100^\circ\text{C}$ 인 방법.

### 청구항 7

제 1항에 있어서, 질화규소계 유전체 층이 질화규소 층인 방법.

### 청구항 8

제 1항에 있어서, 원격 공정 시스템(remote process system)에서 라디칼 질소 전구체를 생성시킴을 추가로 포함하는 방법.

### 청구항 9

증착 챔버에, 화학식  $SiH_nX_{4-n}$  (상기 식에서, n은 1 내지 4의 숫자이며, X는 할로젠임)을 가지고 Si-X 결합 보다 약한 Si-H 결합을 갖는 규소 전구체, 및 실질적으로 산소를 포함하고 있지 않고 증착 챔버의 외부에서 생성된 라디칼 질소 전구체를 도입하는 단계; 및

상기 규소 전구체 및 상기 라디칼 질소 전구체를 상호작용시켜 질화규소계 유전체 층을 형성시키는 단계를 포함하는, 질화규소계 유전체 층을 증착시키는 방법.

### 청구항 10

제 9항에 있어서, 규소 전구체가 실란인 방법.

### 청구항 11

제 9항에 있어서, 라디칼 질소 전구체가 N, NH, 및  $NH_2$ 로 이루어진 군으로부터 선택되는 방법.

#### 청구항 12

제 9항에 있어서, 라디칼 불활성 가스 전구체를 추가로 포함하는 방법.

#### 청구항 13

제 12항에 있어서, 라디칼 불활성 가스 전구체가 라디칼 아르곤 (Ar)인 방법.

#### 청구항 14

제 9항에 있어서, 규소 전구체 및 라디칼 질소 전구체를 상호작용시키는 단계의 공정 온도가 약  $-10^{\circ}\text{C}$  내지 약  $100^{\circ}\text{C}$ 인 방법.

#### 청구항 15

제 9항에 있어서, 질화규소계 유전체 층이 질화규소 층인 방법.

#### 청구항 16

제 9항에 있어서, 원격 공정 시스템에서 라디칼 질소 전구체를 생성시킴을 추가로 포함하는 방법.

#### 청구항 17

증착 챔버에, C-Si-H 결합 및 C-Si-Si 결합으로 이루어진 군으로부터 선택되는 결합을 갖는 유기-규소 전구체, 및 실질적으로 산소를 포함하고 있지 않고 증착 챔버의 외부에서 생성된 라디칼 불활성 가스 전구체를 도입하는 단계; 및

상기 유기-규소 전구체 및 라디칼 불활성 가스 전구체를 상호작용시켜 규소 탄소계 유전체 층을 형성시키는 단계를 포함하는, 규소 탄소계 유전체 층을 증착시키는 방법.

#### 청구항 18

제 17항에 있어서, 유기-규소 전구체가 탄화규소 (SiC) 층을 형성시키기 위해 제공되고, 알킬실란, 브릿징된 알킬실란, 환형 알킬실란, 및 환형 알킬디실란으로 이루어진 군으로부터 선택되는 방법.

#### 청구항 19

제 17항에 있어서, 유기-규소 전구체가 산탄화규소(silicon oxycarbide) (SiOC) 층을 형성시키기 위해 제공되고, 선형 폴리알킬실란, 환형 알콕시디실란, 알콕시실란, 알콕시디실란, 및 폴리아미노실란으로 이루어진 군으로부터 선택되는 방법.

#### 청구항 20

제 17항에 있어서, 유기-규소 전구체가 질화탄소규소(silicon carbon nitride) (SiCN) 층을 형성시키기 위해 제공되고, 환형 아미노실란, 트리아미노실란, 디아미노실란, 및/또는 트리실릴아민으로 이루어진 군으로부터 선택되는 방법.

#### 청구항 21

제 17항에 있어서, 라디칼 불활성 가스 전구체가 라디칼 아르곤 (Ar)인 방법.

#### 청구항 22

제 17항에 있어서, 유기-규소 전구체 및 라디칼 불활성 가스 전구체를 상호작용시키는 단계의 공정 온도가 약  $-10^{\circ}\text{C}$  내지 약  $100^{\circ}\text{C}$ 인 방법.

#### 청구항 23

제 17항에 있어서, 규소 탄소계 유전체 층이 탄화규소 층인 방법.

#### 청구항 24

제 17항에 있어서, 원격 공정 시스템에서 라디칼 불활성 가스 전구체를 생성시킴을 추가로 포함하는 방법.

## 명세서

### 배경 기술

- [0001] 반도체 장치 구조는 수십년 전 이러한 장치의 도입 이후 그 크기가 급격히 줄어들고 있다. 현대의 반도체 제조 장비는 일반적으로 250 nm, 180 nm, 및 65 nm의 피쳐 크기(feature size)를 갖는 장치를 생산하고 있으며, 보다 작은 구조를 갖는 장치를 제조하기 위해 새로운 장비가 개발되고 사용되고 있다. 그러나, 크기가 더욱 작아지는 것은, 장치 구성요소들이 서로 보다 가깝게 작동되어야 하는 것으로, 이는 혼선(cross-talk) 및 기생 캐패시턴스(parasitic capacitance)를 포함하는 전기적 간섭(electrical interference)의 기회를 증가시킬 수 있다는 것을 의미한다.
- [0002] 전기적 간섭의 정도를 감소시키기 위하여, 유전 절연 물질이 갭(gap), 트렌치(trench), 및 장치 구성요소, 금속 라인 및 다른 장치 피쳐들 사이의 다른 공간들을 채우는데 사용된다. 유전 물질은 장치 피쳐들 사이의 공간들에서 이들의 형성의 용이성 및 이들의 낮은 유전 상수(즉, "k-값")에 대해 선택된다. 보다 낮은 k-값을 갖는 유전체는 혼선 및 RC 시간 지연을 최소화할 뿐만 아니라 장치의 전체 전력 소비를 감소시킨다는 점에서 보다 양호하다. 통상적인 유전 물질은 산화규소를 포함하는데, 이는 통상적인 CVD 기술로 증착될 때 4.0 내지 4.2의 평균 k-값을 갖는 것이다.
- [0003] 통상적인 CVD 산화규소의 k-값이 여러 장치 구조물에 대해 허용될 수 있지만, 계속 감소하는 크기 및 증가하는 장치 구성요소들의 밀도로 인하여 반도체 제조업자들이 보다 낮은 k-값을 갖는 유전 물질을 찾고 있다. 이러한 방법에는 약 3.4 내지 약 3.6 정도로 낮은 유전 상수를 갖는 불소-도핑된 산화규소(즉, "FSG 필름")를 제조하기 위해 산화규소를 불소로 도핑하는 것이 있다. 다른 방법에는 다공성의 낮은-k 필름을 형성시키기 위해 기체를 고유동성(highly flowable) 전구체 유사 수소 실세스퀴옥산 (HSQ)으로 코팅하는 스핀-온 글래스 (spin-on glass) 기술의 개발이 있다.
- [0004] 또한, 질화규소 필름 및 탄화규소 필름은 또한 쉘로우 트렌치 분리(shallow trench isolation), 금속층 인터커넥트(metal layer interconnect) 또는 다른 반도체 구조물과 같은 여러 반도체 구조물에서 전기 절연(electrical isolation)을 위해 사용된다. 질화규소 필름 및 탄화규소 필름은 CVD 기술에 의해 형성될 수 있다. 통상적인 질화규소 필름 및 탄화규소 필름은 고온, 예를 들어 550°C에서 형성된다. 550°C CVD 공정은 반도체 구조물 내에서 형성되는 웰(well) 및/또는 도펀트 영역 프로파일(dopant region profile)에 악영향을 미칠 수 있는 열적 버짓(thermal budget)을 수반한다.
- [0005] 이에 따라, 규소 질소계 필름 또는 규소 탄소계 필름을 증착하는 현존하는 방법에 대한 개선이 요구되고 있다.

### 발명의 내용

- [0006] 본 발명의 구체예들은 원격 플라즈마 시스템(remote plasma system; RPS)을 이용하여 라디칼 질소-함유 전구체 및/또는 라디칼 불활성 가스 전구체를 생성시키고 이를 약 100°C 이하와 같은 낮은 공정 온도 하에서 유기-규소 및/또는 규소 전구체와 상호작용시켜 질화규소계 유전체 층 또는 규소 탄소계 층을 형성시키는, 종래 공지된 공정들에 비해 장점들을 제공하는 방법에 관한 것이다. 예를 들어, 질화규소계 층을 형성하기 위해 사용되는 규소 전구체는 N-Si-H 결합, N-Si-Si 결합 및/또는 Si-H 결합을 갖는다. 규소 탄소계 층을 형성하기 위해 사용되는 유기-규소 전구체는 C-Si-H 결합 및/또는 C-Si-Si 결합을 갖는다. 라디칼 질소-함유 전구체 및/또는 라디칼 불활성 가스 전구체가 실질적으로 산소를 포함하고 있지 않기 때문에, 본 방법은 바람직하게 질화규소계 층 또는 규소 탄소계 층을 형성시킬 수 있다.
- [0007] 일 구체예는 질화규소계 유전체 층을 증착시키는 방법을 제공한다. 본 방법은 증착 챔버에 규소 전구체 및 라디칼 질소 전구체를 도입함을 포함한다. 규소 전구체는 N-Si-H 결합, N-Si-Si 결합 및/또는 Si-Si-H 결합을 갖는다. 라디칼 질소 전구체는 실질적으로 산소를 포함하고 있지 않다. 라디칼 질소 전구체는 증착 챔버 외부에서 생성된다. 규소 전구체 및 라디칼 질소 전구체는 상호작용하여 질화규소계 유전체 층을 형성시킨다.
- [0008] 다른 구체예는 질화규소계 유전체 층을 증착시키는 방법을 제공한다. 본 방법은 증착 챔버에 규소 전구체 및 라디칼 질소 전구체를 도입함을 포함한다. 규소 전구체는 화학식  $\text{SiH}_n\text{X}_{4-n}$ 을 가지며, 상기 식에서, n은 1 내지 4의 숫자이며, X는 할로젠이다. 규소 전구체는 Si-X 결합 보다 약한 Si-H 결합을 갖는다. 라디칼 질소 전구체는 실질적으로 산소를 포함하고 있지 않다. 라디칼 질소 전구체는 증착 챔버 외부에서 생성된다. 규소 전구체

및 라디칼 질소 전구체는 상호작용하여 질화규소계 유전체 층을 형성시킨다.

[0009] 다른 구체예는 규소 탄소계 유전체 층을 증착시키는 방법을 제공한다. 본 방법은 증착 챔버에 유기-규소 전구체 및 라디칼 불활성 가스 전구체를 도입함을 포함한다. 유기-규소 전구체는 C-Si-H 결합 및 C-Si-Si 결합으로 이루어진 군으로부터 선택된 결합을 갖는다. 라디칼 불활성 가스 전구체는 실질적으로 산소를 포함하고 있지 않다. 라디칼 불활성 가스 전구체는 증착 챔버의 외부에서 생성된다. 유기-규소 전구체 및 라디칼 불활성 가스 전구체는 상호작용하여 규소 탄소계 유전체 층을 형성시킨다.

[0010] 여러 구체예들의 장점 및 특징들과 함께 본 발명의 이러한 구체예 및 다른 구체예들은 하기 상세한 설명 및 첨부된 도면들과 함께 보다 상세히 기술될 것이다. 그러나, 본 발명은 기술된 명확한 배열들 및 수단(instrumentality)들로 제한되지 않을 것으로 이해될 것이다.

### 도면의 간단한 설명

[0011] 본 발명의 특징 및 장점들의 추가적인 이해는 명세서의 나머지 부분 및 도면을 참조함으로써 실현될 수 있으며, 도면에서 유사한 참조 숫자는 여러 도면 전체에 걸쳐 유사한 구성요소들을 칭하기 위해 사용된다. 일부 예에서, 하위 라벨(sublabel)은 참조 숫자와 관련되어 있고 여러 유사한 구성성분들 중 하나를 나타내기 위해 연결부호(hyphen)의 뒤에 기술된다. 존재하는 하위 라벨에 대해 명세서에 존재하지 않는 참조 숫자가 참조될 때, 이는 이러한 다수의 유사한 구성요소들 모두를 칭하는 것으로 의도된다.

도 1은 본 발명에 따라 기재 위에 질화규소계 유전체 층을 형성시키는 대표적인 방법을 예시한 플로우 차트이다.

도 2는 본 발명에 따라 기재 위에 규소 탄소계 유전체 층을 형성시키는 대표적인 방법을 예시한 플로우 차트이다.

도 3은 본 발명의 대표적인 공정 시스템의 개략적 단면도이다.

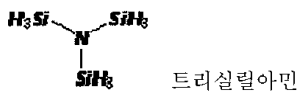
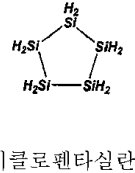
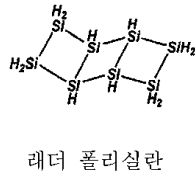
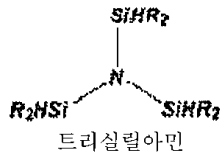
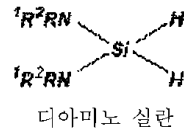
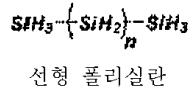
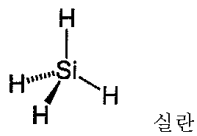
### 발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0012] 본 발명은 질화규소계 유전체 층 또는 규소 탄소계 유전체 층을 형성시키는 방법에 관한 것이다. 구체예에서, 본 방법은 라디칼 질소-함유 전구체 및/또는 라디칼 불활성 가스 전구체를 생성시키고 이를 약 100°C 이하와 같은 낮은 공정 온도에서 유기-규소 및/또는 규소 전구체와 상호작용시키기 위해 원격 플라즈마 시스템(RPS)을 이용하여 질화규소계 유전체 층 또는 규소 탄소계 유전체 층을 형성시킨다. 질화규소계 유전체 층을 형성시키기 위해 사용되는 규소 전구체는 N-Si-H 결합, N-Si-Si 결합 및/또는 Si-H 결합을 갖는다. 규소 탄소계 유전체 층을 형성시키기 위해 사용되는 유기-규소 전구체는 C-Si-H 결합 및/또는 C-Si-Si 결합을 갖는다. Si-H 또는 Si-Si의 약한 및/또는 불안정한 결합으로, 라디칼 Si가 형성되고 이는 라디칼 질소 또는 라디칼 탄소와 상호작용하여 질화규소계 또는 규소 탄소계 유전체 층을 형성시키기 위한 Si-N 또는 Si-C 결합을 형성시킨다. 또한, 라디칼 질소-함유 전구체 및/또는 라디칼 불활성 가스 전구체는 실질적으로 산소를 포함하고 있지 않으며, 본 방법은 바람직하게 질화규소계 또는 규소 탄소계 유전체 층을 형성시킬 수 있다.

[0013] 도 1은 본 발명에 따라 기재 위에 질화규소계 유전체 층을 형성시키는 대표적인 방법을 도시한 플로우 차트이다. 대표적인 방법(100)은 추가 단계들(미도시됨)이 부가될 수 있는 비한정적인(non-exhaustive) 일련의 단계들을 포함한다. 당업자는 여러 변형예, 변경예, 및 대체예를 인지할 것이다. 구체예에서, 방법(100)은 증착 챔버 내에 규소 전구체 및 라디칼 질소 전구체를 도입함을 포함할 수 있으며, 여기서 규소 전구체는 N-Si-H, N-Si-Si, 및 Si-H로 이루어진 군으로부터 선택된 결합을 가지며, 라디칼 질소 전구체는 실질적으로 산소 원소를 포함하지 않으며, 라디칼 질소 전구체는 증착 챔버 외부에서 생성된다 (공정 110). 규소 전구체 및 라디칼 질소 전구체는 증착 챔버내에서 상호작용하여 규소-함유 및 질소-함유 유전체 층을 형성시킨다 (공정 120). 질화규소계 유전체 층은 예를 들어 질화규소 층 또는 산질화규소(silicon oxynitride) 층일 수 있다. 구체예에서, 규소 전구체 및 라디칼 질소 전구체는 증착 챔버 내에서 상호작용하며, 여기서 규소 전구체는 화학식  $\text{SiH}_n\text{X}_{4-n}$  (상기 식에서, n은 1 내지 4의 숫자이며, X는 할로젠임)을 가지며, 규소 전구체는 Si-X 결합 보다 약한 Si-H 결합을 갖는다.

[0014] 규소 전구체는 N-Si-H, N-Si-Si, 및 Si-H로 이루어진 군으로부터 선택된 결합을 갖는다. 예를 들어, 규소 전구체는 실란, 선형 폴리실란 (디실란, 트리실란 및 보다 높은 동족체), 환형 폴리실란 (예를 들어 시클로펜타실란 및 래더 폴리실란), 디아미노실란 (여기서,  $\text{R}^1$  및  $\text{R}^2$ 는 알킬기, 예를 들어 메틸, 에틸, 및 보다 고차의 동족체

및/또는 수소임), 트리실릴아민 (여기서, R은 알킬기, 예를 들어 메틸, 에틸, 및 보다 고차의 동족체 및/또는 수소임), 트리실릴아민,  $N(SiH_3)_3$ 일 수 있다:



[0015]

[0016]

구체예에서, 규소 전구체는 증착 챔버에 이를 도입하기 전 또는 도입하는 동안에 운반 가스와 혼합될 수 있다. 운반 가스는 질화규소 층 또는 산질화규소 층의 형성을 바람직하지 않게 방해하지 않는 비활성 가스일 수 있다. 운반 가스의 예는 다른 가스들 중에서 헬륨, 네온, 아르곤 및 수소를 포함할 수 있다. 예를 들어, 규소 전구체는 챔버로의 전구체의 흐름을 약 800 mgm 내지 약 1600 mgm의 속도로 제공하기 위해 실리콘 화합물 (기체 또는 액체)을 헬륨과 실온 규소 전구체를 통한 약 600 내지 약 2400 sccm의 유속으로 혼합함으로써 증착 챔버에 도입될 수 있다.

[0017]

라디칼 질소 전구체는 증착 챔버의 외부에서 생성될 수 있다. 예를 들어, 라디칼 질소 전구체는 보다 안정한 출발 물질을 플라스마에 노출시킴으로써 반응성 종들을 생성시키는 원격 플라스마 생성 시스템 (remote plasma generating system; RPS)에서 생성될 수 있다. 예를 들어, 출발 물질은 분자 암모니아( $NH_3$ ) 및/또는 질소( $N_2$ )를 포함하는 혼합물일 수 있다. RPS로부터의 플라스마에 이러한 출발 물질의 노출은 분자 암모니아의 일부를 라디칼 N, NH 및/또는  $NH_2$ , 기재 표면 상에 유동성 유전체(flowable dielectric)를 형성시키기 위해 약  $-10^\circ C$  내지 약  $100^\circ C$ 의 온도에서 규소 전구체의 Si-Si 및/또는 Si-H 결합을 바람직하게 대체할 수 있는 고도로 반응성인 라디칼 종으로 분해시킬 수 있다. 라디칼 질소 전구체가 실질적으로 산소를 포함하고 있지 않기 때문에, 본 방법은 바람직하게 질화규소계 유전체 층을 형성시킬 수 있다. 구체예에서, 질소 전구체는  $NH_3$ 로서  $NO_x$ 는 아니다.

[0018]

라디칼 질소 전구체는 예를 들어, N, NH 및/또는  $NH_2$ , 뿐만 아니라, 다른 라디칼 질소 전구체 및 전구체들의 조합물일 수 있다. 라디칼 N, NH, 및/또는  $NH_2$ 는 불안정하고 약한 결합인 Si-H 및/또는 Si-Si 결합을 공격하는데 반응적이다. 라디칼 N, NH, 및/또는  $NH_2$ 는 이후에 Si 라디칼과 결합하여 Si-H 및 Si-Si 결합에 비해 안정한 Si-N, Si-NH 및/또는 Si- $NH_2$  결합을 형성한다. Si-N, Si-NH 및/또는 Si- $NH_2$  결합을 형성시킴으로써, 질화규소계 층 또는 산질화규소계 층은 바람직하게 기재 위에 증착될 수 있다. 구체예에서, 라디칼 불활성 가스 전구체, 예를 들어, Ar, 크립톤(Kr), 및/또는 제논(Xe)은 Si-H 및/또는 Si-Si 결합에 충격을 가하여 Si-H 및/또는 Si-Si 결합을 파괴하고 Si 라디칼을 형성하기 위해 증착 챔버에 도입된다. Si 라디칼은 Si-N, Si-NH 및/또는 Si- $NH_2$  결합을 형성하기 위해 라디칼 N, NH 및/또는  $NH_2$ 에 대해 반응적이다. 이에 따라, 라디칼 불활성 가스 전구체는 규소 전구체 및 라디칼 질소-함유 전구체가 기재 위에 증착된 질화규소 층 또는 산질화규소 층을 형성시키는데 바람직하게 기여할 수 있다.

[0019]

구체예에서, 방법(100)에는 질화규소계 필름을 산화규소계 필름으로 변환시킬 수 있는 임의의 산소-함유 환경 내에서의 어닐링 공정(anneal process)이 존재하지 않는다. 예를 들어, 방법(100)에는 질화규소계 필름을 산화규소계 필름으로 변환시킬 수 있는 스팀 어닐링 공정(steam anneal process)이 존재하지 않는다. 산소-함유 어닐링 공정이 존재하지 않음으로써, 질화규소계 필름이 바람직하게 달성될 수 있다.

[0020]

도 2는 본 발명에 따라 기재 위에 규소 탄소계 유전체 층을 형성시키는 대표적인 방법을 예시한 흐름 차트이다.



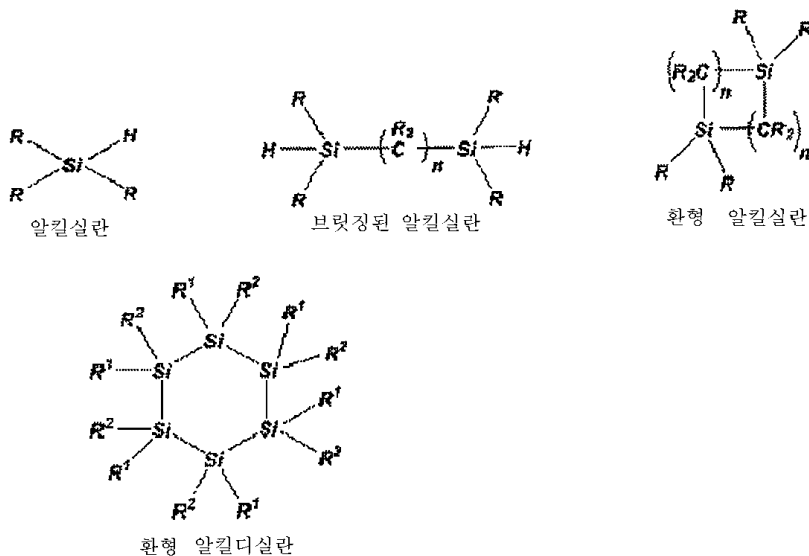
대표적인 방법(200)은 추가 단계 (미도시됨)들이 또한 부가될 수 있는 비-한정적인 일련의 단계들을 포함한다. 당업자는 여러 변형예, 개질예, 및 대체예들을 인지할 것이다. 구체예에서, 방법(200)은 증착 챔버 내에 유기-규소 전구체 및 라디칼 불활성 가스 전구체를 도입함을 포함할 수 있으며, 여기서 유기-규소 전구체는 C-Si-H 및 C-Si-Si로 이루어진 군으로부터 선택된 결합을 가지며, 라디칼 불활성 가스 전구체는 실질적으로 산소를 포함하고 있지 않으며, 라디칼 불활성 가스 전구체는 증착 챔버 외부에서 생성된다 (공정 210). 구체예에서, 라디칼 불활성 가스 전구체는 산소기를 가지고 있지 않다. 유기-규소 전구체 및 라디칼 불활성 가스 전구체는 규소 탄소계 유전체 층을 형성하기 위해 증착 챔버 내에서 상호작용한다 (공정 220). 규소 탄소계 유전체 층은 예를 들어, 탄화규소 (SiC) 층, 산탄화규소 (SiOC) 층, 또는 질화탄소규소 (SiCN) 층일 수 있다.

[0021]

유기-규소 전구체는 C-Si-H, C-Si-Si로 이루어진 군으로부터 선택된 결합을 갖는다. 예를 들어, 규소 탄소 (SiC) 필름을 형성시키기 위한 유기-규소 전구체는 알킬실란 (여기서, R은 알킬기, 예를 들어 메틸, 에틸 및 보다 고차의 동족체 및/또는 수소임), 브릿징된 알킬실란 (여기서, R은 알킬기, 예를 들어 메틸, 에틸 및 보다 고차의 동족체 및/또는 수소임), 환형 알킬실란 (여기서, R은 알킬기, 예를 들어 메틸, 에틸 및 보다 고차의 동족체 및/또는 수소임), 및/또는 환형 알킬디실란 (여기서, R<sup>1</sup> 및 R<sup>2</sup>는 알킬기, 예를 들어 메틸, 에틸 및 보다 고차의 동족체임)일 수 있다. 산탄화규소 (SiOC)를 형성시키는 구체예에 대하여, 유기-규소 전구체는 예를 들어, 선형 폴리알콕시실란 (여기서, R은 알콕시기, 예를 들어 메톡시, 에톡시, 및 보다 고차의 동족체임), 환형 알콕시디실란 (여기서, R<sup>1</sup> 및 R<sup>2</sup>는 알콕시기, 예를 들어 메톡시, 에톡시, 및 보다 고차의 동족체임), 알콕시실란 (여기서, R은 알콕시기, 예를 들어 메톡시, 에톡시 및 보다 고차의 동족체임), 알콕시디실란 (여기서, R<sup>1</sup> 및 R<sup>2</sup>는 알콕시기, 예를 들어 메톡시, 에톡시 및 보다 고차의 동족체임), 및/또는 폴리아미노실란 (여기서, R은 알콕시기, 예를 들어 메톡시, 에톡시 및 보다 고차의 동족체임)일 수 있다. 질화탄소규소 (SiCN) 필름을 형성하는 구체예에 대하여, 유기-규소 전구체는 환형 알킬아미노실란 (여기서, R은 알킬기, 예를 들어 메틸, 에틸, 및 보다 고차의 동족체 및/또는 수소임), 트리아미노실란 (여기서, R<sup>1</sup> 및 R<sup>2</sup>는 알킬기, 예를 들어 메틸, 에틸, 및 보다 고차의 동족체임), 디아미노실란 (여기서, R<sup>1</sup> 및 R<sup>2</sup>는 알킬기, 예를 들어 메틸, 에틸, 및 보다 고차의 동족체임), 및/또는 트리실릴아민 (여기서, R은 알킬기, 예를 들어 메틸, 에틸, 및 보다 고차의 동족체임)일 수 있다.

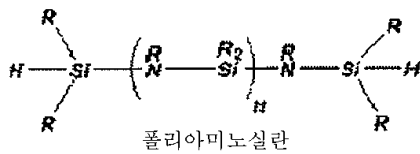
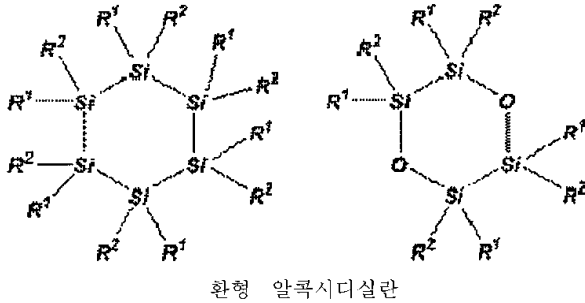
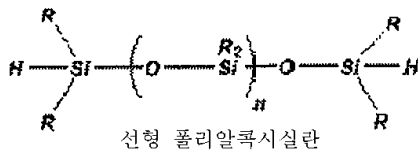
[0022]

SiC 필름용:



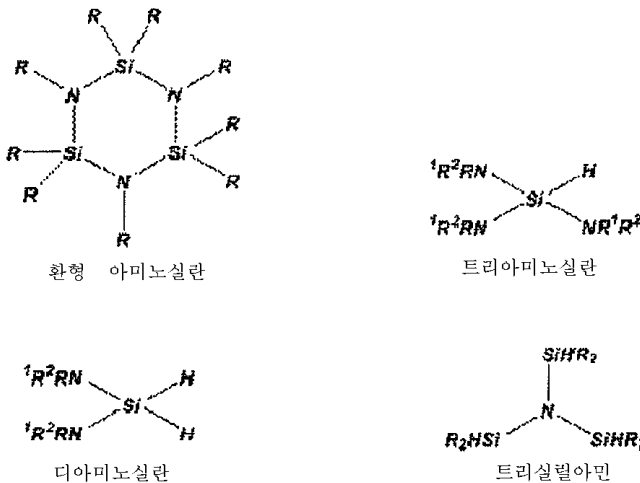
[0023]

[0024] SiOC 필름용:



[0025]

[0026] SiCN 필름용:



[0027]

[0028] 구체예에서, 유기-규소 전구체는 증착 챔버로의 이의 도입 전 또는 동안에 운반 가스와 혼합될 수 있다. 운반 가스는 규소 탄소계 유전체 층의 형성을 실질적으로 방해하지 않는 비활성 가스일 수 있다. 운반 가스의 예는 다른 가스들 중에서 헬륨, 네온, 아르곤 및 수소를 포함할 수 있다. 예를 들어, 유기-규소 전구체는 약 800 mgm 내지 약 1600 mgm의 속도로 전구체의 흐름을 챔버로 제공하기 위해 유기-규소 화합물 (가스 또는 액체)을 실은 유기-규소 전구체를 통한 약 600 내지 약 2400 sccm의 유속으로 헬륨과 혼합함으로써 증착 챔버에 도입될 수 있다.

[0029] 라디칼 불활성 가스 전구체는 증착 챔버 외부에서 생성될 수 있다. 예를 들어, 라디칼 불활성 가스 전구체는



보다 안정한 출발 물질을 플라스마에 노출시킴으로써 충격 종(bombard species)을 생성시키는 원격 플라스마 생성 시스템 (RPS)에서 생성될 수 있다. 예를 들어, 출발 물질은 Ne, Ar, Kr 및/또는 Xe을 포함하는 가스일 수 있다. RPS로부터의 플라스마에 이러한 출발 물질의 노출은 불활성 가스의 일부를 라디칼 Ne, Ar, Kr 및/또는 Xe, 서로 반응적인 라디칼 C-Si를 형성시키기 위해 유기-규소 전구체의 Si-Si 및/또는 Si-H 결합에 충격을 바람직하게 가할 수 있는 충격 종으로 해리시킬 수 있다. 구체예에서, 라디칼 C-Si는 기재 표면 위에 유동성 유전 물질을 형성시키기 위해 약 -10℃ 내지 약 100℃의 온도에서 상호작용할 수 있다. 라디칼 불활성 가스 전구체가 실질적으로 산소 원자를 포함하지 않기 때문에, 본 방법은 바람직하게 규소 탄소계 유전체 층을 형성시킬 수 있다.

[0030] 라디칼 불활성 가스 전구체는 예를 들어 Ne, Ar, Kr 및/또는 Xe, 뿐만 아니라 다른 라디칼 불활성 가스 전구체 및 전구체들의 조합물일 수 있다. 라디칼 Ne, Ar, Kr, 및/또는 Xe은 Si-H 및/또는 Si-Si 결합에 충격을 가하여 Si-H 및/또는 Si-Si 결합을 파괴하고 C-Si 라디칼을 형성시키기 위해 증착 챔버에 도입된다. 가스 전구체의 C-Si 라디칼은 C-Si-Hi 및/또는 C-Si-Si 결합을 형성시키기 위해 서로 반응적이다. 이에 따라, 라디칼 불활성 가스 전구체는 바람직하게 Si-H 및/또는 Si-Si 결합을 파괴할 수 있으며, 이에 유기-규소 전구체 라디칼이 기재 위에 SiC 층, SiOC 층 또는 SiCN 층을 형성시키기 위해 상호작용할 수 있다.

[0031] 도 3은 본 발명의 대표적인 공정 시스템의 개략적인 단면도이다. 도 3에서, 시스템(300)은 전구체들이 화학적으로 상호작용하고 기재(302) 위에 유동성 유전 필름을 증착시키는 증착 챔버(301)를 포함한다. 기재(302)(예를 들어, 200 mm, 300 mm, 400 mm 직경의 반도체 기재 웨이퍼)는 회전가능한 기재 받침대(304) 위에 배치될 수 있는데, 이러한 받침대는 기재(302)를 상부 전구체 분포 시스템(306)으로부터 가까워지거나 멀어지게 위치하도록 수직으로 이동될 수 있다. 받침대(304)는 약 1 rpm 내지 약 2000 rpm (예를 들어, 약 10 rpm 내지 약 120 rpm)의 회전 속도로 기재(302)를 회전시킬 수 있다. 받침대(304)는 기재(302)를 전구체 분포 시스템(306)의 측면 노즐(308)로부터 예를 들어 약 0.5 mm 내지 약 100 mm의 거리로 수직으로 이동시킬 수 있다.

[0032] 전구체 분포 시스템(306)은 복수의 방사상으로 분포된 측면 노즐(308)을 포함하며, 각각은 두개의 상이한 길이 중 하나를 갖는다. 구체예에서, 측면 노즐(308)은 증착 챔버(301)의 벽 둘레에 분포된 개구(opening)의 고리를 존재하게 하는 것이 선택가능하다. 전구체들은 이러한 개구를 통해 챔버(301)로 흐를 수 있다.

[0033] 전구체 분포 시스템(306)은 기재 받침대(304)의 중심과 동축일 수 있는 원뿔 모양이 상단 배플(310)을 포함할 수 있다. 유체 채널(312)은 배플(310)의 외측을 향하는 표면 아래로 흐르는 전구체와 상이한 조성을 갖는 전구체 또는 운반 가스를 공급하기 위해 배플(310)의 중심을 통해 진행할 수 있다.

[0034] 배플(310)의 외측 표면은 도관(314)에 의해 둘러싸여질 수 있으며, 이는 증착 챔버(301) 위에 위치되어 있는 반응성 종 생성 시스템 (미도시됨)으로부터 반응성 전구체를 유도한다. 도관(314)은 한쪽 단부 개구가 배플(310)의 외측 표면과 커플링되어 있고 반대쪽 단부가 반응성 종 생성 시스템(라벨링되지 않음)과 커플링되어 있는 직선의 원형 튜브일 수 있다. 반응성 종 생성 시스템은 보다 안정한 출발 물질을 플라스마에 노출시킴으로써 반응성 종을 생성시키는 원격 플라스마 생성 시스템(RPS)일 수 있다. 반응성 종 생성 시스템에서 생성된 반응성 종이 종종 심지어 실온에서 다른 증착 전구체와 매우 반응적이기 때문에, 이러한 것들은 분리된 가스 혼합물 중에서 도관(314) 아래쪽으로 이동될 수 있고, 다른 증착 전구체와 혼합되기 전에 배플(310)에 의해 반응 챔버(301)로 분산될 수 있다.

[0035] 구체예에서, 시스템(300)은 또한 증착 챔버(301)의 돔(316) 둘레에 코일링된 RF 코일(미도시됨)을 포함할 수 있다. 이러한 코일은 기재 상에 유체 유전 필름을 증착시키기 위한 반응성 종 전구체 및 다른 전구체의 반응성을 바람직하게 향상시키기 위해 증착 챔버(301)에서 유도-커플링된 플라스마를 생성시킬 수 있다. 예를 들어, 배플(310)에 의해 챔버(301)로 도입된 반응성 라디칼 질소 및 채널(312) 및/또는 측면 노즐(308) 중 하나 이상으로부터 도입된 유기-규소 전구체를 함유한 가스 흐름은 RF 코일에 의해 기재(302) 위에서 상호작용할 수 있다. 라디칼 질소 및 유기-규소 전구체는 기재(302)의 표면 상에 유동성 유전 필름을 형성시키기 위하여, 저온에서도 플라스마에서 빠르게 상호작용한다.

[0036] 기재 표면 자체는 증착된 필름의 균일성을 바람직하게 달성하기 위해 받침대(304)에 의해 회전될 수 있다. 회전면은 웨이퍼 증착 표면의 면에 대해 평행할 수 있거나, 두개의 면이 부분적으로 일직선으로부터 벗어날 수 있다. 면이 일직선으로부터 벗어날 때, 기재(302)의 회전은 증착 표면 위의 공간에 유체 난류를 생성시킬 수 있는 워블(wobble)을 생성시킬 수 있다. 일부 상황들에서, 이러한 난류는 또한 기재 표면 상에 증착된 유전 필름의 균일성을 바람직하게 향상시킬 수 있다. 받침대(304)는 또한 이동함에 따라 받침대 상의 정위에 웨이퍼를 고정시키기 위해 진공 척(vacuum chuck)을 생성시키는 리세스 및/또는 다른 구조를 포함할 수 있다. 챔버(30

1)에서의 통상적인 증착 압력은 약 0.05 Torr 내지 약 200 Torr 전체 챔버 압력(예를 들어, 1 Torr)으로서, 이는 웨이퍼를 정위에 고정시키는데 적합한 진공 척을 만든다.

[0037] 받침대 회전은 모터(318)에 의해 작동될 수 있는데, 이러한 모터는 증착 챔버(301) 아래에 위치되어 있고 받침대(304)를 지지하는 샤프트(320)에 회전가능하게 커플링되어 있다. 샤프트(320)는 냉각 유체 및/또는 전기선을 증착 챔버(301) 아래의 냉각/가열 시스템에서 받침대(304)로 운반하는 내부 채널(미도시됨)을 포함할 수 있다. 이러한 채널은 기재(302)로의 균일한 냉각 및/또는 가열을 제공하기 위해 받침대(304)의 중심에서 주변으로 연장시킬 수 있다. 이러한 것들은 샤프트(320) 및 기재 받침대(304)가 회전하고/거나 이동 중일 때 작동하도록 배열될 수 있다. 예를 들어, 냉각 시스템은 받침대(304)를 회전시키면서 유전 필름을 증착시키는 동안에 약 100°C 이하의 기재(302)의 온도를 유지시키기 위해 작동시킬 수 있다.

[0038] 시스템(300)은 돔(316) 위에 위치한 조사 시스템(irradiation system)(322)을 포함할 수 있다. 조사 시스템(322)으로부터의 램프(미도시됨)는 기재(302) 위에 증착된 필름을 베이킹하거나 어닐링하기 위해 기재(302)를 조사(irradiate)할 수 있다. 램프는 필름 전구체 또는 증착 필름에서의 반응을 향상시키기 위해 증착 동안에 활성화될 수 있다. 돔(316)의 적어도 상단 부분은 램프로부터 방출된 빛의 일부를 전달할 수 있는 반투명 물질로부터 제조된다.

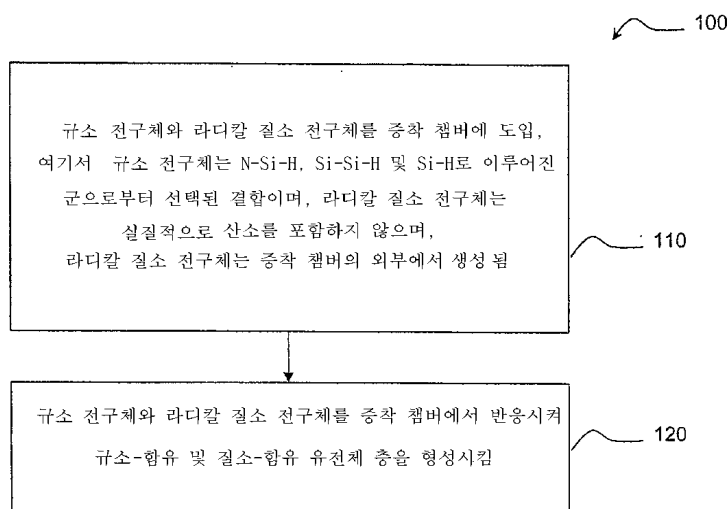
[0039] 수치 범위가 제공되는 경우에, 이러한 범위의 상한치 내지 하한치 사이에서, 문맥상 달리 명확히 명시되지 않는 한 하한치의 10분의 일까지의 각 개입 수치(intervening value)가 또한 본 발명에 포함될 수 있는 것으로 이해된다. 기술된 범위에서 임의의 기술된 수치 또는 개입 수치와, 이러한 기술된 범위에서 임의의 다른 기술된 수치 또는 개입 수치 사이의 각각의 보다 작은 범위가 본 발명에 포함된다. 기술된 범위에서 임의의 특정되게 배제된 한계에 관해, 이러한 보다 작은 범위의 상한치 및 하한치는 이러한 범위에 독립적으로 포함되거나 배제될 수 있으며, 둘 중 하나의 한계치 또는 둘 모두의 한계치가 보다 작은 범위에 포함되는 각 범위가 또한 본 발명에 포함된다. 기술된 범위가 한계치들 중 하나 또는 둘 모두를 포함하는 경우에, 이러한 포함된 한계치들 중 하나 또는 둘 모두를 배제하는 범위가 또한 본 발명에 포함된다.

[0040] 본원 및 첨부된 청구범위에서 사용되는 단수형은 문맥에서 달리 명확하기 명시하지 않는 한 복수 대상을 포함한다. 이에 따라, 예를 들어 "공정"에 대한 언급은 복수의 이러한 공정들을 포함할 수 있으며, "노즐"에 대한 언급은 하나 이상의 노즐 및 당업자에게 공지된 이의 균등물들에 대한 언급을 포함할 수 있다.

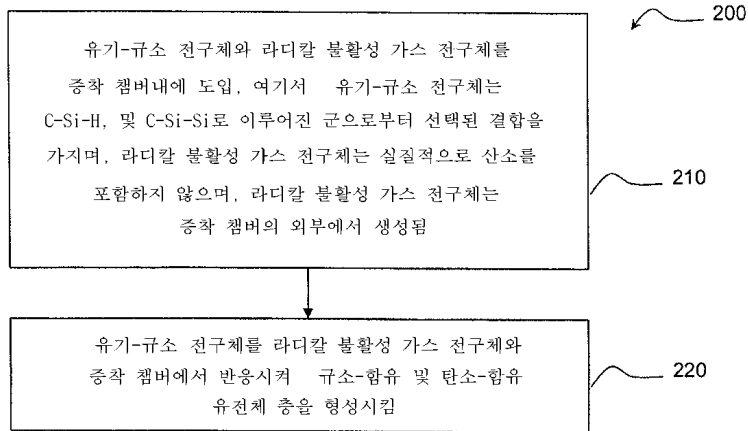
[0041] 또한, 용어 "포함하다," "포함하는"은 본 명세서 및 청구범위에서 사용될 때, 기술된 특징, 정수, 성분, 또는 단계들의 존재를 기술하기 위해 의도되는 것으로서, 이러한 것들이 하나 이상의 다른 특징, 정수, 성분, 단계 또는 그룹들의 존재 또는 부가를 배제하지 않는다.

## 도면

### 도면1



도면2



도면3

