



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2016-0116171
(43) 공개일자 2016년10월07일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
H01L 21/314 (2006.01) H01L 29/786 (2006.01)
H05H 1/46 (2006.01)
(52) CPC특허분류
H01L 21/3141 (2013.01)
H01L 29/7869 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2015-0042459
(22) 출원일자 2015년03월26일
심사청구일자 2015년03월26일

(71) 출원인
연세대학교 산학협력단
서울특별시 서대문구 연세로 50 (신촌동, 연세대학교)
인천대학교 산학협력단
인천광역시 연수구 아카데미로 119 (송도동)
(72) 발명자
김형준
서울특별시 영등포구 국제금융로 108-6 B동 107호 (여의도동, 진주아파트)
오일권
서울특별시 관악구 남현길 144 101동 301호 (남현동, 홍화브라운빌아파트)
이한보람
서울특별시 강남구 삼성로85길 11, 롯데캐슬아파트 101동 1503호
(74) 대리인
권혁수, 송윤호

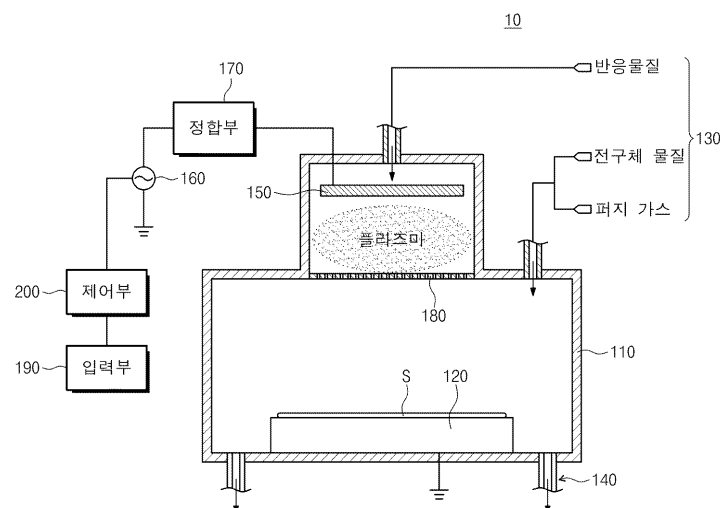
전체 청구항 수 : 총 12 항

(54) 발명의 명칭 플라즈마 원자층 증착 장치 및 플라즈마 원자층 증착을 이용한 산화물 박막 형성 방법

(57) 요약

본 발명은 플라즈마 원자층 증착 장치 및 플라즈마 원자층 증착을 이용한 산화물 박막 형성 방법에 관한 것으로, 공정이 수행되는 공간을 제공하는 챔버; 챔버에 설치되어 챔버 내에 플라즈마를 생성하는 플라즈마 생성부; 및 기판상에 증착될 산화물 박막의 목표 플랫 밴드(flat-band) 전압 레벨 또는 산화물 박막을 포함하는 트랜지스터의 목표 문턱 전압(threshold voltage) 레벨에 따라 플라즈마의 전력을 산출하고, 산출한 플라즈마의 전력에 따라 플라즈마 생성부를 제어하는 제어부를 포함하는 플라즈마 원자층 증착 장치를 제공한다.

대표도



(52) CPC특허분류

H05H 1/46 (2013.01)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 10041926

부처명 지식경제부

연구관리전문기관 한국산업기술평가관리원

연구사업명 산업융합원천기술개발사업

연구과제명 초미세 반도체와 플렉서블 디스플레이 공정을 위한 무기물 박막증착용 고밀도 플라즈마 기술개발

기 여 율 1/1

주관기관 성균관대학교산학협력단

연구기간 2012.06.01 ~ 2016.05.31

명세서

청구범위

청구항 1

공정이 수행되는 공간을 제공하는 챔버;

상기 챔버에 설치되어 상기 챔버 내에 플라즈마를 생성하는 플라즈마 생성부; 및

기관상에 증착될 산화물 박막의 목표 플랫 밴드(flat-band) 전압 레벨에 따라 플라즈마의 전력을 산출하고, 산출한 플라즈마의 전력에 따라 상기 플라즈마 생성부를 제어하는 제어부를 포함하는 플라즈마 원자충 증착 장치.

청구항 2

제1 항에 있어서,

상기 제어부는 상기 목표 플랫 밴드 전압 레벨이 상대적으로 낮은 경우 상기 플라즈마의 전력을 상대적으로 낮은 값으로 산출하고, 상기 목표 플랫 밴드 전압 레벨이 상대적으로 높은 경우 상기 플라즈마의 전력을 상대적으로 높은 값으로 산출하는 플라즈마 원자충 증착 장치.

청구항 3

제2 항에 있어서,

상기 챔버 내에 구비되고, 상기 기관을 지지하는 기관 지지부;

상기 챔버 내에 전구체 물질, 퍼지 가스 및 반응 물질을 공급하는 공급부; 및

상기 챔버 내의 물질을 배출시키는 배기부를 더 포함하며,

상기 플라즈마 생성부는 상기 반응 물질의 산소를 플라즈마 상태로 여기시켜, 상기 챔버 내에 플라즈마 산소를 생성하는 플라즈마 원자충 증착 장치.

청구항 4

산화물 박막을 증착하여 트랜지스터를 제조하기 위한 플라즈마 원자충 증착 장치로서,

공정이 수행되는 공간을 제공하는 챔버;

상기 챔버에 설치되어 상기 챔버 내에 플라즈마를 생성하는 플라즈마 생성부; 및

상기 트랜지스터의 목표 문턱 전압(threshold voltage) 레벨에 따라 플라즈마의 전력을 산출하고, 산출한 플라즈마의 전력에 따라 상기 플라즈마 생성부를 제어하는 제어부를 포함하는 플라즈마 원자충 증착 장치.

청구항 5

제4 항에 있어서,

상기 제어부는 상기 목표 문턱 전압 레벨이 상대적으로 낮은 경우 상기 플라즈마의 전력을 상대적으로 낮은 값으로 산출하고, 상기 목표 문턱 전압 레벨이 상대적으로 높은 경우 상기 플라즈마의 전력을 상대적으로 높은 값으로 산출하는 플라즈마 원자충 증착 장치.

청구항 6

기관상에 전구체 물질과 반응 물질을 순차적으로 공급하고, 플라즈마를 형성하여 기관상에 산화물 박막을 증착하는 플라즈마 원자충 증착을 이용한 산화물 박막 형성 방법으로서,

플라즈마의 전력을 기관상에 증착될 산화물 박막의 목표 플랫 밴드(flat-band) 전압 레벨에 대응하는 값으로 설정하여 상기 기관상에 산화물 박막을 형성하는 단계를 포함하는 플라즈마 원자충 증착을 이용한 산화물 박막 형성 방법.

청구항 7

제6 항에 있어서,

상기 산화물 박막을 형성하는 단계는 상기 목표 플랫 밴드 전압 레벨이 상대적으로 낮은 경우 상기 플라즈마의 전력을 상대적으로 낮은 값으로 설정하고, 상기 목표 플랫 밴드 전압 레벨이 상대적으로 높은 경우 상기 플라즈마의 전력을 상대적으로 높은 값으로 설정하는 플라즈마 원자층 증착을 이용한 산화물 박막 형성 방법.

청구항 8

제6 항 또는 제7 항에 있어서,

상기 산화물 박막을 형성하는 단계는,

기관이 배치된 챔버에 전구체 가스를 공급하는 단계;

상기 챔버에 퍼지 가스를 공급하는 단계;

상기 챔버에 플라즈마 상태로 여기된 반응 물질을 형성하는 단계; 및

상기 챔버에 퍼지 가스를 공급하는 단계를 포함하는 플라즈마 원자층 증착을 이용한 산화물 박막 형성 방법.

청구항 9

제8 항에 있어서,

상기 플라즈마 상태로 여기된 반응 물질은 플라즈마 산소를 포함하는 플라즈마 원자층 증착을 이용한 산화물 박막 형성 방법.

청구항 10

기관상에 전구체 물질과 반응 물질을 순차적으로 공급하고, 플라즈마를 형성하여 기관상에 산화물 박막을 증착하는 단계를 포함하는 트랜지스터의 제조 방법으로서,

플라즈마의 전력을 트랜지스터의 목표 문턱 전압(threshold voltage) 레벨에 대응하는 값으로 설정하여 상기 기관상에 산화물 박막을 형성하는 단계를 포함하는 트랜지스터의 제조 방법.

청구항 11

제10 항에 있어서,

상기 산화물 박막을 형성하는 단계는 상기 목표 문턱 전압 레벨이 상대적으로 낮은 경우 상기 플라즈마의 전력을 상대적으로 낮은 값으로 설정하고, 상기 목표 문턱 전압 레벨이 상대적으로 높은 경우 상기 플라즈마의 전력을 상대적으로 높은 값으로 설정하는 트랜지스터의 제조 방법.

청구항 12

제10 항 또는 제11 항에 있어서,

상기 산화물 박막을 형성하는 단계는,

기관이 배치된 챔버에 전구체 가스를 공급하는 단계;

상기 챔버에 퍼지 가스를 공급하는 단계;

상기 챔버에 플라즈마 상태로 여기된 반응 물질을 형성하는 단계; 및

상기 챔버에 퍼지 가스를 공급하는 단계를 포함하며,

상기 플라즈마 상태로 여기된 반응 물질은 플라즈마 산소를 포함하는 트랜지스터의 제조 방법.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 플라즈마 원자층 증착 장치 및 플라즈마 원자층 증착을 이용한 산화물 박막 형성 방법에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 기관에 박막을 증착하는 기술로 원자층 단위의 얇은 박막을 증착하는 원자층 증착(Atomic Layer Deposition, ALD) 공정이 연구되고 있다. 원자층 증착 공정은 기존의 화학 기상 증착(Chemical Vapor Deposition, CVD) 공정에 비해 단차 피복성(step coverage)이 우수하며 넓은 면적에 걸쳐 균일한 두께의 박막을 증착할 수 있어, nm 단위의 입체적 구조를 갖는 반도체 소자의 제조에서 큰 호응을 얻고 있다.

[0003] 원자층 증착 공정은 공정에 사용되는 반응 물질에 따라 열적 원자층 증착(thermal ALD)과 플라즈마 향상 원자층 증착(plasma enhanced ALD, PE-ALD)으로 구분된다. 열적 원자층 증착은 금속 전구체 물질과 반응하는 반응 물질이 기체 상태로 제공되는 반면, 플라즈마 향상 원자층 증착은 반응 물질이 플라즈마 상태로 제공된다. 반응성이 높은 반응 물질을 사용하는 플라즈마 원자층 증착법(PE-ALD, plasma-enhanced atomic layer deposition)은 열적 원자층 증착법보다 증착률(growth rate)이 높고, 조밀한 박막 밀도(film density)를 얻을 수 있으며, 공정 온도를 낮출 수 있는 장점이 있다.

[0004] 한편, 금속 산화물 트랜지스터와 같은 반도체는 금속 산화물의 플랫 밴드(flat band) 전압에 따라 문턱 전압(threshold voltage)이 변화하는 특성을 갖는다. 트랜지스터의 문턱 전압은 반도체의 성능에 큰 영향을 미치며, 반도체 소자의 집적도가 높아짐에 따라 그 중요도가 증가하고 있다. 이에 따라, 금속 산화물의 플랫 밴드 전압이나, 트랜지스터의 문턱 전압을 원하는 값으로 조절할 필요가 있으며, 금속 산화물의 플랫 밴드 전압과 트랜지스터의 문턱 전압에 영향을 미치는 공정 조건에 대한 연구가 필요한 실정이다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0005] 본 발명은 금속 산화물 반도체의 플랫 밴드(flat band) 전압을 조절할 수 있으며, 원하는 문턱 전압(threshold voltage)을 갖는 트랜지스터를 제조할 수 있는 플라즈마 원자층 증착 장치 및 플라즈마 원자층 증착을 이용한 산화물 박막 형성 방법을 제공하는 것을 목적으로 한다.

[0006] 본 발명이 해결하고자 하는 과제는 이상에서 언급된 과제로 제한되지 않는다. 언급되지 않은 다른 기술적 과제들은 이하의 기재로부터 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자에게 명확하게 이해될 수 있을 것이다.

과제의 해결 수단

[0007] 본 발명의 일 측면에 따른 플라즈마 원자층 증착 장치는 공정이 수행되는 공간을 제공하는 챔버; 상기 챔버에 설치되어 상기 챔버 내에 플라즈마를 생성하는 플라즈마 생성부; 및 기관상에 증착될 산화물 박막의 목표 플랫 밴드(flat-band) 전압 레벨에 따라 플라즈마의 전력을 산출하고, 산출한 플라즈마의 전력에 따라 상기 플라즈마 생성부를 제어하는 제어부를 포함한다.

[0008] 본 발명의 일 실시 예에 있어서, 상기 제어부는 상기 목표 플랫 밴드 전압 레벨이 상대적으로 낮은 경우 상기 플라즈마의 전력을 상대적으로 낮은 값으로 산출하고, 상기 목표 플랫 밴드 전압 레벨이 상대적으로 높은 경우 상기 플라즈마의 전력을 상대적으로 높은 값으로 산출할 수 있다.

[0009] 본 발명의 일 실시 예에 있어서, 상기 플라즈마 원자층 증착 장치는 상기 챔버 내에 구비되고, 상기 기관을 지지하는 기관 지지부; 상기 챔버 내에 전구체 물질, 퍼지 가스 및 반응 물질을 공급하는 공급부; 및 상기 챔버 내의 물질을 배출시키는 배기부를 더 포함하며, 상기 플라즈마 생성부는 상기 반응 물질의 산소를 플라즈마 상태로 여기시켜, 상기 챔버 내에 플라즈마 산소를 생성할 수 있다.

[0010] 본 발명의 다른 일 측면에 따르면, 산화물 박막을 증착하여 트랜지스터를 제조하기 위한 플라즈마 원자층 증착 장치로서, 공정이 수행되는 공간을 제공하는 챔버; 상기 챔버에 설치되어 상기 챔버 내에 플라즈마를 생성하는 플라즈마 생성부; 및 상기 트랜지스터의 목표 문턱 전압(threshold voltage) 레벨에 따라 플라즈마의 전력을 산출하고, 산출한 플라즈마의 전력에 따라 상기 플라즈마 생성부를 제어하는 제어부를 포함하는 플라즈마 원자층 증착 장치가 제공된다.

- [0011] 본 발명의 일 실시 예에 있어서, 상기 제어부는 상기 목표 문턱 전압 레벨이 상대적으로 낮은 경우 상기 플라스마의 전력을 상대적으로 낮은 값으로 산출하고, 상기 목표 문턱 전압 레벨이 상대적으로 높은 경우 상기 플라스마의 전력을 상대적으로 높은 값으로 산출할 수 있다.
- [0012] 본 발명의 또 다른 일 측면에 따르면, 기관상에 전구체 물질과 반응 물질을 순차적으로 공급하고, 플라스마를 형성하여 기관상에 산화물 박막을 증착하는 플라스마 원자층 증착을 이용한 산화물 박막 형성 방법으로서, 플라스마의 전력을 기관상에 증착될 산화물 박막의 목표 플랫 밴드(flat-band) 전압 레벨에 대응하는 값으로 설정하여 상기 기관상에 산화물 박막을 형성하는 단계를 포함하는 플라스마 원자층 증착을 이용한 산화물 박막 형성 방법이 제공된다.
- [0013] 본 발명의 일 실시 예에 있어서, 상기 산화물 박막을 형성하는 단계는 상기 목표 플랫 밴드 전압 레벨이 상대적으로 낮은 경우 상기 플라스마의 전력을 상대적으로 낮은 값으로 설정하고, 상기 목표 플랫 밴드 전압 레벨이 상대적으로 높은 경우 상기 플라스마의 전력을 상대적으로 높은 값으로 설정할 수 있다.
- [0014] 본 발명의 일 실시 예에 있어서, 상기 산화물 박막을 형성하는 단계는, 기관이 배치된 챔버에 전구체 가스를 공급하는 단계; 상기 챔버에 퍼지 가스를 공급하는 단계; 상기 챔버에 플라스마 상태로 여기된 반응 물질을 형성하는 단계; 및 상기 챔버에 퍼지 가스를 공급하는 단계를 포함할 수 있다.
- [0015] 본 발명의 일 실시 예에 있어서, 상기 플라스마 상태로 여기된 반응 물질은 플라스마 산소를 포함할 수 있다.
- [0016] 본 발명의 또 다른 일 측면에 따르면, 기관상에 전구체 물질과 반응 물질을 순차적으로 공급하고, 플라스마를 형성하여 기관상에 산화물 박막을 증착하는 단계를 포함하는 트랜지스터의 제조 방법으로서, 플라스마의 전력을 트랜지스터의 목표 문턱 전압(threshold voltage) 레벨에 대응하는 값으로 설정하여 상기 기관상에 산화물 박막을 형성하는 단계를 포함하는 트랜지스터의 제조 방법이 제공된다.
- [0017] 본 발명의 일 실시 예에 있어서, 상기 산화물 박막을 형성하는 단계는 상기 목표 문턱 전압 레벨이 상대적으로 낮은 경우 상기 플라스마의 전력을 상대적으로 낮은 값으로 설정하고, 상기 목표 문턱 전압 레벨이 상대적으로 높은 경우 상기 플라스마의 전력을 상대적으로 높은 값으로 설정할 수 있다.

발명의 효과

- [0018] 본 발명의 실시 예에 의하면, 플라스마 전력을 조절하여, 금속 산화물 반도체의 플랫 밴드(flat band) 전압을 조절할 수 있으며, 원하는 문턱 전압(threshold voltage)을 갖는 트랜지스터를 제조할 수 있다.
- [0019] 본 발명의 효과는 상술한 효과들로 제한되지 않는다. 언급되지 않은 효과들은 본 명세서 및 첨부된 도면으로부터 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자에게 명확히 이해될 수 있을 것이다.

도면의 간단한 설명

- [0020] 도 1은 본 발명의 일 실시 예에 따른 플라스마 원자층 증착 장치의 개략적인 도면이다.
- 도 2는 본 발명의 일 실시 예에 따라 플라스마 원자층 증착을 수행하는 과정을 설명하기 위한 도면이다.
- 도 3은 본 발명의 일 실시 예에 따른 플라스마 원자층 증착을 이용한 산화물 박막 형성 방법의 예시적인 흐름도이다.
- 도 4는 본 발명의 일 실시 예에 따른 산화물 박막 형성 방법을 설명하기 위한 도면으로, 플라스마 전력에 따른 플랫 밴드 전압의 변화를 보여주는 그래프이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0021] 본 발명의 다른 이점 및 특징, 그리고 그것들을 달성하는 방법은 첨부되는 도면과 함께 상세하게 후술하는 실시 예를 참조하면 명확해질 것이다. 그러나 본 발명은 이하에서 개시되는 실시 예에 한정되지 않으며, 본 발명은 청구항의 범주에 의해 정의될 뿐이다. 만일 정의되지 않더라도, 여기서 사용되는 모든 용어들(기술 혹은 과학 용어들을 포함)은 이 발명이 속한 종래 기술에서 보편적 기술에 의해 일반적으로 수용되는 것과 동일한 의미를 갖는다. 공지된 구성에 대한 일반적인 설명은 본 발명의 요지를 흐리지 않기 위해 생략될 수 있다. 본 발명의 도면에서 동일하거나 상응하는 구성에 대하여는 가급적 동일한 도면부호가 사용된다. 본 발명의 이해를 돕기 위하여, 도면에서 일부 구성은 다소 과장되거나 축소되어 도시될 수 있다.

- [0022] 본 출원에서 사용한 용어는 단지 특정한 실시 예를 설명하기 위해 사용된 것으로, 본 발명을 한정하려는 의도가 아니다. 단수의 표현은 문맥상 명백하게 다르게 뜻하지 않는 한, 복수의 표현을 포함한다. 본 출원에서, "포함하다", "가지다" 또는 "구비하다" 등의 용어는 명세서상에 기재된 특징, 숫자, 단계, 동작, 구성요소, 부분품 또는 이들을 조합한 것이 존재함을 지정하려는 것이지, 하나 또는 그 이상의 다른 특징들이나 숫자, 단계, 동작, 구성요소, 부분품 또는 이들을 조합한 것들의 존재 또는 부가 가능성을 미리 배제하지 않는 것으로 이해되어야 한다.
- [0023] 본 발명의 일 실시 예에 따른 플라즈마 원자층 증착 방법은 기판상에 증착될 산화물 박막의 목표 플랫 밴드(flat-band) 전압 레벨 또는 산화물 박막을 포함하는 트랜지스터의 목표 문턱 전압(threshold voltage) 레벨에 따라 플라즈마의 전력을 산출하고, 산출한 플라즈마의 전력에 따라 플라즈마 원자층 증착 챔버 내에 플라즈마를 생성한다. 본 발명의 실시 예에 의하면, 플라즈마 전력을 조절하여, 산화물 박막의 플랫 밴드 전압과, 트랜지스터의 문턱 전압을 원하는 값으로 설계할 수 있다.
- [0024] 도 1은 본 발명의 일 실시 예에 따른 플라즈마 원자층 증착 장치(10)의 개략적인 도면이다. 도 1을 참조하면, 본 발명의 일 실시 예에 따른 플라즈마 원자층 증착 장치(10)는 챔버(110), 기판 지지부(120), 공급부(130), 배기부(140), 전극부(150), 플라즈마 생성부(160), 정합부(170), 샤워 헤드(180), 입력부(190) 및 제어부(200)를 포함한다.
- [0025] 챔버(110)는 플라즈마 공정이 수행되는 공간을 제공한다. 기판 지지부(120)는 챔버(110) 내에서 기판(S)을 지지한다. 공급부(130)는 챔버(110)에 전구체 물질, 반응 물질, 퍼지 가스를 공급한다. 배기부(140)는 챔버(110) 내 가스를 외부로 배출시킨다. 전극부(150)는 챔버(110)에 설치되어 플라즈마 생성부(160)에 의해 발생하는 플라즈마 전원에 따라 챔버(110) 내에 플라즈마 상태를 형성한다. 플라즈마 생성부(160)는 전극부(150)에 소정의 플라즈마 전력을 갖는 플라즈마 전원 신호를 인가한다.
- [0026] 본 발명의 일 실시 예에 있어서, 공급부(130)는 챔버(110)에 전구체(precursor) 가스, 플라즈마 소스(plasma source) 가스, 퍼지(purge) 가스를 공급할 수 있다. 다시 말해, 공급부(130)는 공정 수행 시 여러 종류의 가스(특히, 전구체 가스와 플라즈마 소스 가스)를 한꺼번에 공급하지 않고 하나씩 번갈아가며 공급할 수 있다.
- [0027] 도 2는 본 발명의 일 실시 예에 따라 플라즈마 원자층 증착을 수행하는 과정을 설명하기 위한 도면이다. 도 2를 참조하면, 공급부(130)는 챔버(110)에 기판(S)이 배치된 후, 챔버(110)에 전구체 물질을 기 설정된 제1 시간(t_1) 동안 기 설정된 제1 유량만큼 공급한다. 그리고 나서, 공급부(130)는 챔버(110)에 퍼지 가스를 기 설정된 제2 시간(t_2) 동안 기 설정된 제2 유량만큼 공급한다.
- [0028] 그 뒤, 공급부(130)는 챔버(110)에 플라즈마 소스 가스를 기 설정된 제3 시간(t_3) 동안 기 설정된 제3 유량만큼 공급한다. 그리고 나서, 공급부(130)는 퍼지 가스를 제2 시간(t_2) 동안 제2 유량만큼 공급한다. 이와 같이, 공급부(130)는 전구체 물질, 퍼지 가스, 플라즈마 소스 가스 및 퍼지 가스 순으로 챔버(110)에 공정 가스를 공급함으로써 기판(S) 상에 원자층 단위의 얇은 박막을 증착시킬 수 있다. 나아가, 공급부(130)는 전구체 물질, 퍼지 가스, 플라즈마 소스 가스 및 퍼지 가스의 공급을 한 사이클로 하여 기 결정된 횟수만큼 사이클을 반복함으로써 상기 기판(S) 상에 산화물 박막을 목표 두께만큼 증착시킬 수 있다.
- [0029] 다시 도 1을 참조하면, 전극부(150)는 플라즈마 생성부(160)로부터 소정의 플라즈마 전력을 갖는 전원 신호를 공급받아 챔버(110)에 공급되는 플라즈마 소스 가스를 플라즈마 상태로 변환한다. 일 실시 예에 있어서, 전극부(150)는 기판(S)을 사이에 두고 서로 마주보도록 설치되어 챔버(110) 내에 전기장을 형성하는 상부 전극 및 하부 전극을 포함할 수 있다. 즉, 전극부(150)는 CCP(Capacitively Coupled Plasma) 타입의 플라즈마 소스일 수 있다. 도 1에 도시된 전극부(150)는 챔버(110)의 상부에 설치된 상부 전극과, 기판 지지부(120)에 배치된 하부 전극(미도시)으로 구성될 수 있다.
- [0030] 다른 실시 예에 따르면, 전극부(150)는 챔버(110)의 상부 또는 측부에 설치되어 챔버(110) 내에 전자장을 형성하는 코일을 포함할 수 있다. 다시 말해, 전극부(150)는 ICP(Inductively Coupled Plasma) 타입의 플라즈마 소스로 제공될 수 있다. 실시 예에 따라, 전극부(150)는 ICP 타입의 플라즈마 소스인 코일과 CCP 타입의 플라즈마 소스인 평행 평판 전극들을 모두 포함할 수도 있다.
- [0031] 플라즈마 생성부(160)는 전극부(150)에 소정의 플라즈마 전력을 갖는 전원 신호를 공급한다. 플라즈마 생성부(160)는 챔버(110) 내의 반응 물질의 산소를 플라즈마 상태로 여기시켜, 챔버(110) 내에 플라즈마 산소를 생성할 수 있다. 임피던스 정합부(170)는 플라즈마 생성부(160)와 전극부(150) 사이에 연결되어 플라즈마 생성부

(160)의 출력 임피던스와 전극부(150)의 입력 임피던스를 정합시킨다. 샤워 헤드(180)는 기관(S)의 상부에 설치되어, 전극부(150)에 의해 생성된 플라즈마를 기관(S) 상에 균일하게 공급한다.

[0032] 도 1에 도시되지 않았지만, 원자층 증착 장치(10)는 기관 지지부(120)에 설치되어 기관(S)을 가열하는 가열부를 더 포함할 수 있다. 가열부는 공정 진행 도중 기관(S)을 소정의 온도로 유지하거나 조절하여 기관(S) 상에 박막을 형성하기 위한 공정 온도를 달성할 수 있다. 배기부(140)는 펌프 등을 이용하여 챔버(110) 내에 남아있는 가스 또는 반응 부산물을 챔버 밖으로 배출시킬 수 있다. 또한, 배기부(140)는 공정 진행 도중 챔버 내 압력을 기 설정된 압력으로 조절할 수도 있다.

[0033] 본 발명의 일 실시 예에 따르면, 공급부(130)는 전구체 물질로 예를 들어, 트리메틸알루미늄(Trimethylaluminum(TMA), $\text{Al}(\text{CH}_3)_3$)을 챔버(110)에 공급할 수 있다. 그리고, 공급부(130)는 플라즈마 소스 가스로 산소(O_2)를 챔버(110)에 공급할 수 있다. 또한, 공급부(130)는 퍼지 가스로 아르곤(Ar)을 챔버(110)에 공급할 수 있다. 그로 인해, 원자층 증착 장치(10)는 기관(S) 위에 산화알루미늄(Al_2O_3) 박막을 원자층 단위로 증착할 수 있다.

[0034] 입력부(190)는 작업자가 플라즈마 원자층 증착 장치(10)에 의하여 기관(S)상에 증착될 산화물 박막의 목표 플랫 밴드 전압(flat band voltage level) 또는 상기 산화물 박막을 포함하는 트랜지스터의 목표 문턱 전압(threshold voltage) 값을 입력받을 수 있도록 제공될 수 있다. 입력부(190)를 통해 입력된 산화물 박막의 목표 플랫 밴드 전압 레벨 또는 트랜지스터의 목표 문턱 전압 레벨에 따라 플라즈마 전력이 조절된다.

[0035] 제어부(200)는 기관상에 증착될 산화물 박막의 목표 플랫 밴드 전압 레벨 또는 산화물 박막을 포함하는 트랜지스터의 목표 문턱 전압 레벨에 따라 플라즈마의 전력을 산출하고, 산출한 플라즈마의 전력에 따라 플라즈마 생성부(160)를 제어한다. 본 발명의 일 실시 예에 있어서, 제어부(200)는 목표 플랫 밴드 전압 레벨 또는 목표 문턱 전압 레벨이 상대적으로 낮은 경우 플라즈마의 전력을 상대적으로 낮은 값으로 산출하고, 목표 플랫 밴드 전압 레벨 또는 목표 문턱 전압 레벨이 상대적으로 높은 경우 플라즈마의 전력을 상대적으로 높은 값으로 산출할 수 있다.

[0036] 메모리(도시 생략)는 복수의 문턱 전압 레벨(혹은 복수의 플랫 밴드 전압 레벨) 각각에 대응하는 플라즈마 전력 값을 저장할 수 있다. 제어부(200)는 메모리로부터 목표 문턱 전압 레벨에 대응하는 플라즈마 전력 값을 독출하고, 해당 플라즈마 전력 값으로 플라즈마 전원이 발생되도록 플라즈마 생성부(160)를 제어할 수 있다. 제어부(200)는 적어도 하나의 프로세서(processor)를 포함할 수 있다.

[0037] 도 1 및 도 2를 참조하면, 플라즈마 생성부(160)는 챔버(110)에 플라즈마 소스 가스가 공급되는 동안, 산출된 플라즈마의 전력을 갖는 전원 신호를 발생하여 전극부(150)에 제공할 수 있다. 따라서, 플라즈마 전원은 전극부(150)에 제3 시간(t_3) 동안 인가될 수 있다.

[0038] 도 3은 본 발명의 일 실시 예에 따른 플라즈마 원자층 증착을 이용한 산화물 박막 형성 방법의 예시적인 흐름도이다. 전술한 본 발명의 실시 예에 따른 원자층 증착 장치(10)를 이용하여 기관(S) 상에 산화물 박막을 원자층 단위로 증착하는 플라즈마 원자층 증착 방법을 수행할 수 있다. 도 3을 참조하면, 산화물 박막 형성 방법은 기관(S)이 배치된 챔버(110)에 전구체 물질을 공급하는 단계(S210), 챔버(110)에 퍼지 가스를 공급하여 퍼징하는 단계(S220), 챔버(110)에 플라즈마 소스 물질을 공급하면서 챔버(110)에 설치된 전극부(150)에 플라즈마 전력을 인가하는 단계(S230), 및 챔버(110)에 퍼지 가스를 공급하여 퍼징하는 단계(S240)를 포함할 수 있다.

[0039] 그리고, 산화물 박막 형성 방법은 전술한 단계(S210) 내지 단계(S240)을 한 사이클로 하여 기 결정된 횟수만큼 사이클을 반복하여 기관(S) 상에 산화물 박막을 목표 두께만큼 증착시킬 수 있다. 일 실시 예에 따르면, 전구체 물질을 공급하는 단계(S210)는 챔버(110)에 트리메틸알루미늄(TMA)을 공급하는 단계를 포함할 수 있다.

[0040] 일 실시 예에 따르면, 플라즈마 소스 물질을 공급하면서 플라즈마 전력을 인가하는 단계(S230)는 챔버(110)에 산소(O_2)를 공급하는 단계를 포함할 수 있다. 즉, 챔버(110)에 플라즈마 상태로 여기된 반응 물질을 형성한다. 이에 따라, 플라즈마 상태로 여기된 반응 물질은 플라즈마 산소를 포함할 수 있다.

[0041] 단계 S230에서, 플라즈마의 전력을 기관상에 증착될 산화물 박막의 목표 플랫 밴드 전압 레벨 또는 산화물 박막을 포함하는 트랜지스터의 목표 문턱 전압 레벨에 대응하는 값으로 설정하여 기관(S)상에 산화물 박막을 형성할 수 있다. 본 발명의 일 실시 예에 있어서, 목표 플랫 밴드 전압 레벨 또는 목표 문턱 전압 레벨이 상대적으로 낮은 경우 상기 플라즈마의 전력을 상대적으로 낮은 값으로 설정하고, 목표 플랫 밴드 전압 레벨 또는 목표 문

터 전압 레벨이 상대적으로 높은 경우 플라즈마의 전력을 상대적으로 높은 값으로 설정할 수 있다.

[0042] 퍼징 단계(S240)는 챔버(110)에 아르곤(Ar)을 공급하는 단계를 포함할 수 있다. 본 발명의 일 실시 예에 따르면, 산화물 박막 형성 방법은 전구체 물질을 공급하는 단계(S210) 전에 기판(S)을 기 설정된 온도로 가열하는 단계를 더 포함할 수 있다.

[0043] 본 발명의 실시 예에 의하면, 플라즈마 원자층 증착법(Plasma-enhanced atomic layer deposition, PE-ALD)을 이용하여, 공정 변수인 플라즈마 파워를 바꿔가면서 게이트 산화물 박막(Gate oxide films)을 증착하여 트랜지스터를 제조할 수 있다. 플라즈마 파워를 바꿔감에 따라 박막의 질량 밀도가 바뀌고, 이로 인하여 전계효과 트랜지스터(metal-oxide-semiconductor field effect transistor) 소자의 플랫 밴드 전압(flat band voltage, V_{FB}) 및 문턱 전압(threshold voltage)을 효과적으로 조절할 수 있다.

[0044] 전계소자의 트랜지스터에 있어, 게이트산화물/금속게이트 적층 구조에서의 문턱전압(Threshold voltage, V_{Th})을 조절하는 것은 큰 이슈 중의 하나이다. 문턱 전압은 전계트랜지스터 소자의 동작 시작을 결정하는 시작 전압으로, 산화물층과 기판 사이의 쌍극자 형성 정도로 인해 결정되며, 이에 대한 정도는 금속산화물 반도체(Metal oxide Semiconductor, MOS) 축전기의 C-V 곡선 (Capacitance-Voltage)에서의 플랫 밴드 전압(V_{FB})으로부터 알 수 있다.

[0045] 도 4는 본 발명의 일 실시 예에 따른 산화물 박막 형성 방법을 설명하기 위한 도면으로, 플라즈마 전력에 따른 플랫 밴드 전압의 변화를 보여주는 그래프이다. 플라즈마 향상 원자층 증착법에 의해, p-Si 기판상에 Al_2O_3 가 10 nm 두께로 증착되고, 그 위에 Ru이 증착되었다. 이와 같이 제조된 소자에 대해 인가 전압에 따른 커패시턴스의 변화를 측정하였으며, 그 결과가 도 4에 도시되어 있다. 이때, 플라즈마 전력은 100W, 200W, 300W로 변화되었다.

[0046] 플랫 밴드 전압은 커패시턴스-전압(C-V) 곡선의 변곡점에 해당하는 전압으로 결정될 수 있다. 도 4를 참조하면, 플라즈마 향상 원자층 증착 공정시, 플라즈마 파워가 증가함에 따라, 플랫 밴드 전압(V_{FB})은 점점 오른쪽으로 이동하는 것을 알 수 있다. 플라즈마 파워가 증가할수록 양의 방향으로 움직이는 플랫 밴드 전압(V_{FB})은 산소의 면적 밀도의 변화로부터 설명할 수 있다. 플랫 밴드 전압(V_{FB})을 결정하는 중요한 요인은 산화물층과 기판 사이의 산소의 면밀도이다. 기판과 산화물층의 산소 면밀도가 다르면, 두 기판이 형성되었을 때 계면의 자유 에너지에 의해서 산소 면밀도가 같아지는 방향으로 움직이게 된다.

[0047] 산소 면적 밀도가 다른 두 박막이 합쳐져서 계면을 이룰 때, 계면에서는 자유 에너지에 의해서 산소가 이동하며, 이로 인해 쌍극자가 형성된다. 산소의 면밀도가 플라즈마 파워가 커질수록 커지므로, 형성된 쌍극자의 분극이 더 크다. 이로 인해, 플라즈마 파워가 증가할수록, 산화물 박막의 플랫 밴드 전압(V_{FB})은 양의 방향으로 커지게 되고, 산화물 박막을 포함하는 트랜지스터의 문턱 전압 역시 변화되게 되는 것으로 추정할 수 있다.

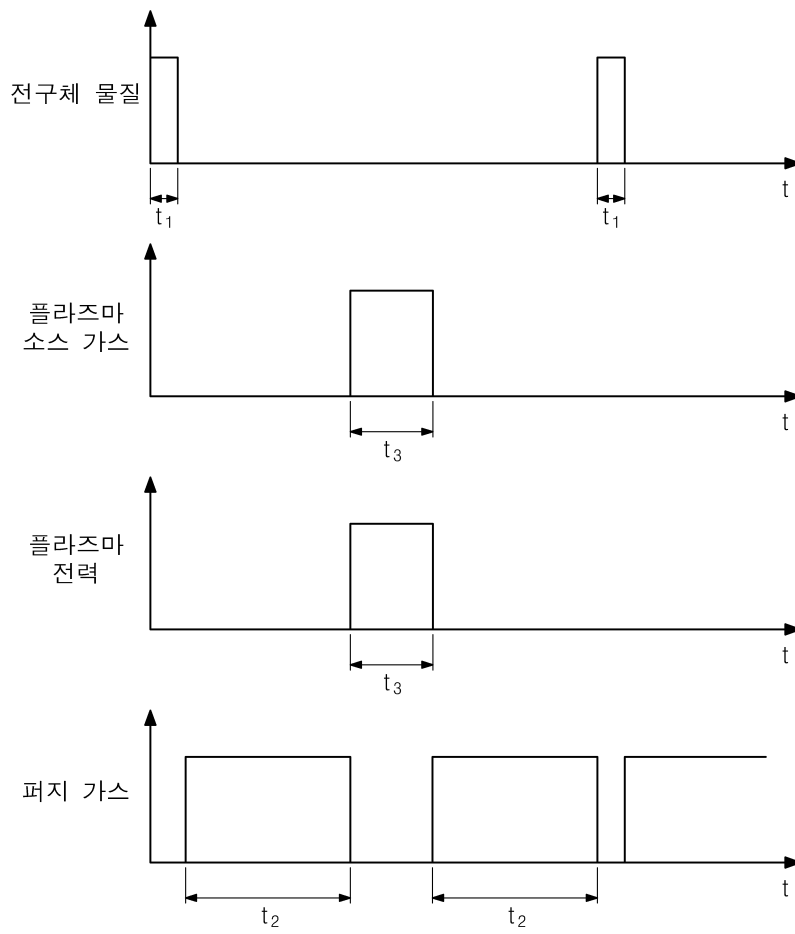
[0048] 이상에서 설명한 바와 같이, 본 발명의 실시 예에 의하면, 플라즈마 전력을 조절하여, 금속 산화물 반도체의 플랫 밴드(flat band) 전압을 조절할 수 있으며, 원하는 문턱 전압(threshold voltage)을 갖는 트랜지스터를 제조할 수 있다. 또한, 본 발명의 실시 예에 의하면, 원자층 증착법 플라즈마 파워 조절을 통해 전계효과트랜지스터의 유효 일함수를 조절할 수 있다.

[0049] 이상의 실시 예들은 본 발명의 이해를 돕기 위하여 제시된 것으로, 본 발명의 범위를 제한하지 않으며, 이로부터 다양한 변형 가능한 실시 예들도 본 발명의 범위에 속하는 것임을 이해하여야 한다. 본 발명의 기술적 보호범위는 특허청구범위의 기술적 사상에 의해 정해져야 할 것이며, 본 발명의 기술적 보호범위는 특허청구범위의 문언적 기재 그 자체로 한정되는 것이 아니라 실질적으로는 기술적 가치가 균등한 범주의 발명에 대하여까지 미치는 것임을 이해하여야 한다.

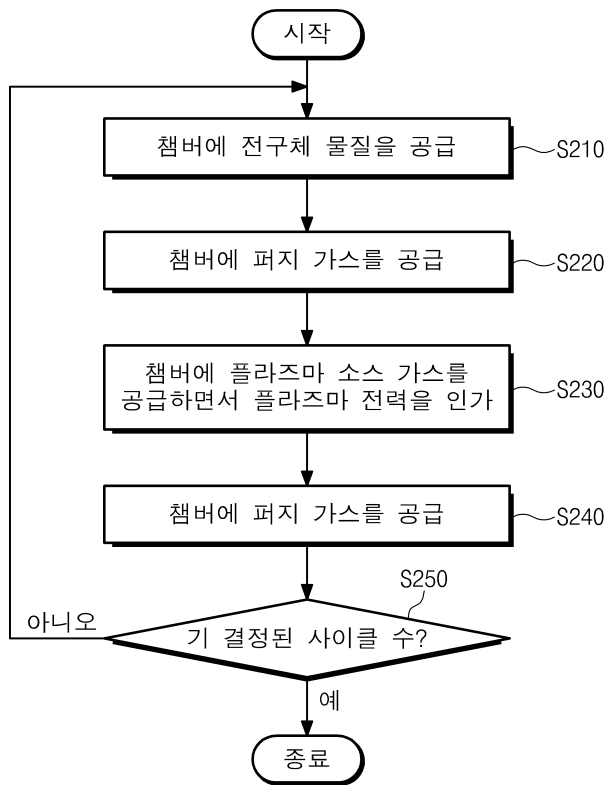
부호의 설명

- [0050] 100: 플라즈마 원자층 증착 장치
110: 챔버
120: 기판 지지부
130: 공급부

도면2



도면3



도면4

