



(19) 대한민국특허청(KR)  
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2022-0123674  
(43) 공개일자 2022년09월08일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.) H01J 37/32 (2006.01) H01L 21/311 (2006.01)	(71) 출원인 도쿄엘렉트론가부시키가이샤
(52) CPC특허분류 H01J 37/3211 (2013.01) H01J 37/32449 (2013.01)	(72) 발명자 벤트젠 피터
(21) 출원번호 10-2022-7026327	미국 텍사스주 78741 오스틴 그로브 블러바드 2400
(22) 출원일자(국제) 2020년10월21일 심사청구일자 없음	란잔 알록
(85) 번역문제출일자 2022년07월28일	미국 텍사스주 78741 오스틴 그로브 블러바드 2400
(86) 국제출원번호 PCT/US2020/056583	(74) 대리인 김태홍, 김진희
(87) 국제공개번호 WO 2021/141651 국제공개일자 2021년07월15일	
(30) 우선권주장 16/737,716 2020년01월08일 미국(US)	

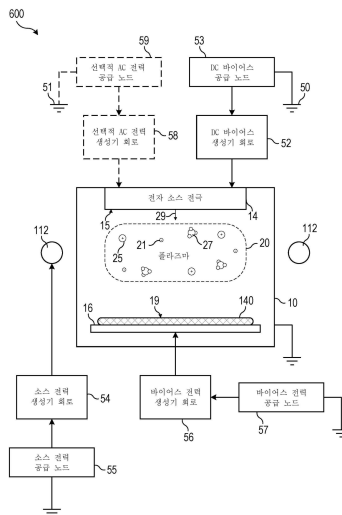
전체 청구항 수 : 총 20 항

(54) 발명의 명칭 펄스화된 전자 빔을 사용하는 플라즈마 처리 방법

(57) 요약

플라즈마 처리 방법은, 제1 지속기간 동안 가스를 처리 챔버 내로 연속적으로 제공하고 AC 소스 전력을 소스 전력 결합 요소에 연속적으로 제공하는 단계를 포함한다. AC 소스 전력은 처리 챔버에서 플라즈마를 생성한다. 이 방법은, 가스와 AC 소스 전력을 제공하는 동안, 제2 지속기간 동안 제1 음의 바이어스 전압을 전자 소스 전극에 인가하고 상기 제2 지속기간의 종료 시 제3 지속기간 동안 제1 음의 바이어스 전압을 전자 소스 전극으로부터 제거하여 전자 빔의 생성을 중단하는 단계를 더 포함한다. 제1 음의 바이어스 전압은 기관 홀더를 향하여 지향되는 전자 빔을 생성한다. 이 방법은, 또한, 가스와 AC 전력을 제공하는 동안 기관 홀더에 제2 음의 바이어스 전압을 인가하는 단계를 포함한다. 제1 지속기간은 제2 지속기간과 제3 지속기간의 합과 같다.

대표도 - 도6



(52) CPC특허분류

*H01J 37/32715* (2013.01)

*H01L 21/31116* (2013.01)

*H01J 2237/3321* (2013.01)

*H01J 2237/3341* (2013.01)

---

## 명세서

### 청구범위

#### 청구항 1

플라즈마 처리 방법으로서,

제1 지속기간 동안 가스를 처리 챔버 내로 연속적으로 제공하는 단계;

상기 가스를 제공하는 동안, 상기 제1 지속기간 동안 교류(AC) 소스 전력을 소스 전력 결합 요소에 연속적으로 제공하는 단계로서, 상기 AC 소스 전력은 상기 처리 챔버에서 플라즈마를 생성하는, 단계;

상기 가스와 상기 AC 소스 전력을 제공하는 동안,

제2 지속기간 동안 전자 소스 전극에, 기관 홀더를 향하여 전자 빔을 생성하는 제1 음의 바이어스 전압을 인가하는 단계;

상기 제2 지속기간의 종료 시, 제3 지속기간 동안 상기 전자 소스 전극으로부터 상기 제1 음의 바이어스 전압을 제거하여 상기 전자 빔의 생성을 중단하는 단계;

상기 가스와 상기 AC 전력을 제공하는 동안, 상기 기관 홀더에 제2 음의 바이어스 전압을 인가하는 단계

의 주기적 수행을 포함하고,

상기 제1 지속기간은 상기 제2 지속기간과 상기 제3 지속기간의 합과 같은, 플라즈마 처리 방법.

#### 청구항 2

제1항에 있어서, 상기 제2 음의 바이어스 전압을 인가하는 단계는, 상기 제2 지속기간 후에, 제4 지속기간 동안 상기 기관 홀더에 상기 제2 음의 바이어스 전압을 인가하는 단계를 포함하고, 상기 제4 지속기간은 상기 제1 지속기간보다 짧은, 방법.

#### 청구항 3

제2항에 있어서, 상기 제4 지속기간은 상기 제3 지속기간과 같고, 상기 제2 음의 바이어스 전압은 상기 제2 지속기간의 종료 시 인가되는, 방법.

#### 청구항 4

제1항에 있어서, 상기 제2 음의 바이어스 전압을 인가하는 단계는, 상기 제1 지속기간 동안 상기 제2 음의 바이어스 전압을 상기 기관 홀더에 연속적으로 인가하는 단계를 포함하는, 방법.

#### 청구항 5

제4항에 있어서, 상기 제2 음의 바이어스 전압은 상기 제2 지속기간 동안 제1 값을 갖고, 상기 제2 음의 바이어스 전압은 상기 제3 지속기간 동안 상기 제1 값과는 다른 제2 값을 갖는, 방법.

#### 청구항 6

제1항에 있어서, 상기 제2 지속기간은 약 3 ms 미만인, 방법.

#### 청구항 7

제1항에 있어서, 상기 제1 음의 바이어스 전압은 실질적으로 일정한 DC 전압이고, 상기 제2 음의 바이어스 전압을 인가하는 단계는 음의 DC 오프셋을 포함하는 무선 주파수 신호를 상기 기관 홀더에 인가하는 단계를 포함하는, 방법.

#### 청구항 8

플라즈마 에칭 방법으로서,

처리 챔버에서 유도 결합된 플라즈마를 생성하는 단계;

상기 처리 챔버에 배치된 기관의 제1 면을 향하여 지향되는 제1 전자 빔을 사용하여 상기 제1 면에 제1 폴리머층을 형성하는 단계로서, 상기 제1 전자 빔은 상기 제1 면에 대면하는 전자 소스 전극의 제2 면에 제1 음의 바이어스 전압에 의해 제1 지속기간 동안 생성되는, 단계; 및

상기 제1 지속기간 후에, 제2 지속기간 동안 인가되는 제2 음의 바이어스 전압을 사용하여 상기 유도 결합된 플라즈마의 양이온을 상기 제1 면을 향하여 가속함으로써 상기 제1 폴리머층과 상기 기관의 제1 면을 에칭하는 단계를 포함하는, 플라즈마 에칭 방법.

#### 청구항 9

제8항에 있어서, 상기 제1 지속기간 동안 상기 제2 음의 바이어스 전압을 인가하는 단계를 더 포함하고, 상기 제2 음의 바이어스 전압은 상기 제1 음의 바이어스 전압 미만인, 방법.

#### 청구항 10

제8항에 있어서, 상기 플라즈마 에칭 방법은 원자층 에칭(ALE) 공정인, 방법.

#### 청구항 11

제8항에 있어서, 상기 플라즈마 에칭 방법은 자기 정렬 접촉(SAC) 에칭 공정인, 방법.

#### 청구항 12

제8항에 있어서, 상기 기관의 제1 면은 고 종횡비를 포함하는 오목 영역에 배치된 충전 재료의 노출된 면인, 방법.

#### 청구항 13

제12항에 있어서, 상기 고 종횡비는 약 50 초과인, 방법.

#### 청구항 14

제8항에 있어서, 상기 기관의 제3 면을 향하여 지향되는 제2 전자 빔을 사용하여 상기 제3 면에 제2 폴리머층을 형성하는 단계로서, 상기 제2 전자 빔은 상기 제2 면에 제3 음의 바이어스 전압에 의해 제3 지속기간 동안 생성되고, 상기 제3 면은 상기 제1 폴리머층과 상기 제1 면의 에칭에 의해 형성된 에칭된 면인, 단계; 및

상기 제3 지속기간 후에, 제4 지속기간 동안 인가되는 제4 음의 바이어스 전압을 사용하여 상기 유도 결합된 플라즈마의 양이온을 상기 제3 면을 향하여 가속함으로써 상기 제2 폴리머층과 상기 기관의 제3 면을 에칭하는 단계를 더 포함하는, 방법.

#### 청구항 15

플라즈마 처리 장치로서,

처리 챔버;

제1 직류(DC) 전력 공급 노드;

상기 제1 DC 전력 공급 노드에 결합되고 제1 면을 포함하는 전자 소스 전극으로서, 상기 전자 소스 전극은, 상기 제1 DC 전력 공급 노드에 의해 상기 전자 소스 전극에 공급되는 제1 펄스화된 DC 바이어스 전위를 사용하여 상기 처리 챔버에서 펄스화된 전자 빔을 생성하도록 구성되고, 상기 제1 면은 상기 처리 챔버의 내부에 있는, 전자 소스 전극;

상기 처리 챔버에 배치되고, 상기 제1 면에 대면하는 제2 면을 포함하는 기관 홀더; 및

상기 처리 챔버의 외부에 배치되고, RF 소스 전력을 상기 처리 챔버 내에서 생성된 플라즈마에 유도 결합하도록 구성된 무선 주파수(RF) 소스 전력 결합 요소를 포함하는, 플라즈마 처리 장치.

**청구항 16**

제15항에 있어서, 상기 RF 소스 전력 결합 요소는 상기 처리 챔버 둘레에 배치된 유도 코일인, 플라즈마 처리 장치.

**청구항 17**

제15항에 있어서, 상기 RF 소스 전력 결합 요소는 헬리컬 공진기인, 플라즈마 처리 장치.

**청구항 18**

제15항에 있어서, 상기 RF 소스 전력 결합 요소는 상기 처리 챔버 위에 배치된 유도 코일인, 플라즈마 처리 장치.

**청구항 19**

제15항에 있어서, 상기 기관 홀더는 제2 펄스화된 DC 바이어스 전위를 공급하도록 구성된 제2 DC 전력 공급 노드에 결합되는, 플라즈마 처리 장치.

**청구항 20**

제15항에 있어서, 상기 전자 소스 전극에 결합된 교류(AC) 전력 공급 노드를 더 포함하고, 상기 전자 소스 전극은, 또한, AC 전력을 상기 플라즈마에 결합하도록 구성된, 플라즈마 처리 장치.

**발명의 설명**

**기술 분야**

- [0001] 관련 특허 및 출원에 대한 상호 참조
- [0002] 본원은, 2020년 1월 8일에 출원된 미국 정규 특허출원번호 제16/737,716호의 출원일에 대한 우선권과 이점을 주장하며, 이의 전문은 본원에 참고로 인용된다.
- [0003] 본 발명은, 일반적으로 플라즈마 처리 방법에 관한 것으로서, 특정 실시예에서는, 펄스화된 전자 빔을 사용하는 플라즈마 처리용 시스템, 장치, 및 방법에 관한 것이다.

**배경 기술**

- [0004] 마이크로일렉트로닉 워크피스 상의 및 내부의 디바이스 형성은, 기관 상의 다수의 재료층의 형성, 패터닝, 및 제거를 포함하는 일련의 제조 기술을 포함할 수 있다. 현재 및 차세대 반도체 디바이스의 물리적 및 전기적 사양을 달성하기 위해서는, 다양한 패터닝 공정에서 구조적 무결성을 유지하면서 피쳐(feature) 크기를 감소시킬 수 있는 공정 장비 및 방법이 바람직하다. 디바이스 구조가 수직으로 조밀화되고 발전함에 따라, 정밀 재료 처리에 대한 요구가 더욱 강해지고 있다.
- [0005] 플라즈마 공정의 원자 수준 정밀도는 다양한 플라즈마 공정의 프로파일 제어에 유용하다. 그러나, 종래의 플라즈마 공정은 가스 스위칭 속도 제한으로 인해 단층 기교(monolayer finesse)로 막을 증착 및/또는 에칭하지 못할 수 있다. 따라서, 가스 스위칭 속도보다 빠른 타임스케일로(예를 들어, 막의 단일 단층의 성장에 연관된 타임스케일로) 증착/에칭 공정을 제어하는 수단을 포함하는 플라즈마 처리 방법이 바람직할 수 있다.

**발명의 내용**

- [0006] 본 발명의 일 실시예에 따르면, 플라즈마 처리 방법은, 제1 지속기간 동안 가스를 처리 챔버 내로 연속적으로 제공하는 단계 및 가스를 제공하면서 제1 지속기간 동안 교류(AC) 소스 전력을 소스 전력 결합 요소에 연속적으로 제공하는 단계를 포함한다. AC 소스 전력은 처리 챔버에서 플라즈마를 생성한다. 방법은, 가스 및 AC 소스 전력을 제공하는 동안, 제2 지속기간 동안 전자 소스 전극에 제1 음의 바이어스 전압을 인가하고 제2 지속기간의 종료 시 제3 지속기간 동안 전자 소스 전극으로부터 제1 음의 바이어스 전압을 제거하여 전자 빔의 생성을 중단하는 단계를 더 포함한다. 제1 음의 바이어스 전압은 기관 홀더를 향하여 지향되는 전자 빔을 생성한다. 방법은, 또한, 가스 및 AC 전력을 제공하는 동안 기관 홀더에 제2 음의 바이어스 전압을 인가하는 단계를 포함한다. 제1 지속기간은 제2 지속기간과 제3 지속기간의 합과 같다. 이 방법은 주기적으로 수행될 수 있다.

[0007] 본 발명의 다른 일 실시예에 따르면, 플라즈마 에칭 방법은, 처리 챔버에서 유도 결합 플라즈마를 생성하는 단계 및 처리 챔버에 배치된 기관의 제1 면을 향하여 지향되는 제1 전자 빔을 사용하여 제1 면에 제1 폴리머층을 형성하는 단계를 포함한다. 제1 전자 빔은, 제1 면에 대면하는 전자 소스 전극의 제2 면에서 제1 음의 바이어스 전압에 의해 제1 지속기간 동안 생성된다. 방법은, 제2 지속기간 동안 인가된 제2 음의 바이어스 전압을 사용하여 제1 면을 향해 유도 결합 플라즈마의 양이온을 가속함으로써 제1 지속기간 후에 제1 폴리머층과 기관의 제1 면을 에칭하는 단계를 더 포함한다.

[0008] 본 발명의 또 다른 일 실시예에 따르면, 플라즈마 처리 장치는, 처리 챔버, 제1 직류(DC) 전력 공급 노드, 제1 DC 전력 공급 노드에 결합되고 제1 면을 포함하는 전자 소스 전극, 처리 챔버에 배치된 기관 홀더, 및 처리 챔버 내에서 생성된 플라즈마에 RF 소스 전력을 유도 결합하도록 구성된 처리 챔버의 외부에 배치된 무선 주파수(RF) 소스 전력 결합 요소를 포함한다. 전자 소스 전극은, 제1 DC 전력 공급 노드에 의해 전자 소스 전극에 공급되는 제1 펄스화된 DC 바이어스 전위를 사용하여 처리 챔버에서 펄스화된 전자 빔을 생성하도록 구성된다. 제1 면은 처리 챔버의 내부에 있다. 기관 홀더는 제1 면에 대면하는 제2 면을 포함한다.

**도면의 간단한 설명**

[0009] 본 발명과 이의 이점에 대한 보다 완전한 이해를 위해, 이제 첨부 도면과 함께 취해진 다음 설명을 참조한다.

도 1은 본 발명의 일 실시예에 따라 전자 소스 전극과 소스 전력 결합 요소를 포함하는 예시적인 플라즈마 처리 장치의 개략도를 도시한다.

도 2는 본 발명의 일 실시예에 따라 전자 소스 전극과 소스 전력 결합 요소를 포함하는 다른 예시적인 플라즈마 처리 장치의 개략도를 도시한다.

도 3은 본 발명의 일 실시예에 따라 직류 펄스와 바이어스 펄스를 포함하는 예시적인 플라즈마 처리 방법의 개략적인 타이밍도를 도시한다.

도 4는 본 발명의 일 실시예에 따라 전자 빔을 사용하여 기관에 폴리머층을 형성하고 기관과 함께 폴리머층을 에칭하는 단계를 포함하는 예시적인 플라즈마 에칭 방법의 개략도를 도시한다.

도 5는 본 발명의 일 실시예에 따라 직류 펄스와 바이어스 펄스를 포함하는 다른 예시적인 플라즈마 처리 방법의 개략적인 타이밍도를 도시한다.

도 6은 본 발명의 일 실시예에 따라 직류 바이어스 공급 노드에 결합된 전자 소스 전극 및 소스 전원 공급 노드에 결합된 소스 전력 결합 요소를 포함하는 예시적인 플라즈마 처리 시스템의 개략도를 도시한다.

도 7은 본 발명의 일 실시예에 따라 예시적인 플라즈마 처리 방법을 도시한다.

도 8은 본 발명의 일 실시예에 따른 예시적인 플라즈마 에칭 방법을 도시한다.

상기한 도면들에서 대응하는 숫자와 기호는 일반적으로 달리 표시되지 않는 한 대응하는 부분을 지칭한다. 도면은 실시예의 관련 양태를 명확하게 예시하도록 그려진 것이며 반드시 일정한 비율로 그려지는 것은 아니다. 도면에 도시된 특징의 가장자리가 반드시 그 특징의 범위의 끝을 나타내는 것은 아니다.

**발명을 실시하기 위한 구체적인 내용**

[0010] 다양한 실시예의 제조 및 사용을 이하에서 상세히 설명한다. 그러나, 본원에 설명된 다양한 실시예는 매우 다양한 특정 상황에서 적용가능하다는 점을 이해해야 한다. 설명된 특정 실시예는, 단지 다양한 실시예를 제조하고 사용하기 위한 특정 방식의 예시일 뿐이며, 제한된 범위로 해석되어서는 안 된다.

[0011] 원자층 에칭(ALE) 공정 및 원자층 증착(ALD) 공정과 같은 정밀 플라즈마 공정은 기관에서 후속 반응에 대한 제어 증가시키기 위해 표면 개질 기술을 이용할 수 있다. 종래의 표면 개질 기술은 시간이 많이 걸리고 또한 정밀하지 못할 수 있다. 예를 들어, 표면 화학적 성질을 활성화하고 비활성화하는 가스 주입 및 처리 챔버 펌프 다운시간은, 원하는 결과를 달성하기 위해 바람직하지 않게 긴 타임스케일을 필요로 할 수 있다. 결과적으로, 종래의 표면 개질 단계의 속도를 높일 수 있지만, 정밀도가 희생되는 경우에만 가능하다.

[0012] 플라즈마 공정 동안, 소스 전력은 플라즈마를 생성하기 위해 소스 전력 결합 요소(예를 들어, 헬리컬 공진기의 코일)에 결합될 수 있다. 플라즈마는 반응성 중 및 전자, 이온, 라디칼과 같은 비반응성 종을 모두 포함할 수 있다. 기관 홀더에 의해 지지되는 기관에서 플라즈마 중에 에너지를 결합하기 위해 기관 홀더에 바이어스 전력

이 인가될 수 있다. 전자 빔은 플라즈마 특성을 조정하고 기판 표면에서 반응을 유도하는 데 이용될 수 있다. 플라즈마 공정 동안 소스 전력, 바이어스 전력, 전자 빔 생성, 및 가스 주입 중 하나 이상의 적용을 조절하는 고급 펄스 기술(APT)은 유리하게 기판에서 정밀 제어를 가능하게 할 수 있다.

[0013] 전자 빔 매개 공정은 벌크 플라즈마 내에서 그리고 기판 표면 모두에서 화학적 성질을 자극하는 데 사용될 수 있다. 기판 표면에 충돌하는 전자(예를 들어, 탄도성 전자)는 땀글링 결합(dangling bond)을 생성할 수 있고 기판 표면에서 화학적 성질(예를 들어, 폴리머 성장)을 자극할 수 있다. 전자는, 또한, 전자 에너지와 기판의 재료에 따라 기판의 피처 깊숙이 침투할 수 있다. 적절한 전위 구배는, 전자 빔의 전자의 일부 또는 전부가 벌크 플라즈마 내에서 상호작용하도록, 생성된 플라즈마를 통과하는 전자 빔의 전자를 느리게 하는 데 사용될 수 있다. 이러한 상호작용은 중합과 같은 벌크 플라즈마 내에서의 화학적 성질을 자극할 수 있다.

[0014] 전자 빔은 처리 챔버에서 생성된 기존의 플라즈마를 사용하여 생성될 수 있다. 기존의 플라즈마는 유도 결합된 플라즈마(Inductively Coupled Plasma; ICP), 용량 결합된 플라즈마(Capacitively Coupled Plasma; CCP), 표면과 플라즈마(Surface Wave Plasma; SWP), 과동 가열 플라즈마 등과 같은 임의의 적절한 유형의 플라즈마일 수 있다. 플라즈마는 RF 소스, 초단파(Very-High Frequency; VHF) 소스 등과 같은 AC 전력 소스에 의해 유지될 수 있다. DC 바이어스 전압이 처리 챔버 내부의 도전성 표면에 인가되어 플라즈마로부터 전자 빔을 생성할 수 있다. 예를 들어, 음의 DC 바이어스 전압이 기존의 플라즈마 근처의 도전성 표면에 인가될 수 있으며, 이에 의해 양으로 하전된 이온을 도전성 표면으로 끌어당겨 이온 충격으로 인한 이차 방출로부터 전자 빔을 생성할 수 있다. 펄스화된 DC 또는 양극성의 DC 바이어스는, 펄스의 시간적 지속기간이 플라즈마 하전된 중 플럭스가 표면을 대전하고 유전체 앞의 전기장을 무효화하는 데 걸리는 시간보다 짧다면, 유전체 표면에 인가될 수 있다.

[0015] 생성된 전자 빔은 전자의 높은 에너지로 인해 도전성 표면에 대해 실질적으로 수직일 수 있다. DC 바이어스 전압은 전자 빔의 생성을 직접 제어할 수 있다. 즉, DC 바이어스 전압이 인가될 때, 전자 빔은 실질적으로 순간적으로 "턴온"될 수 있다. 유사하게, DC 바이어스 전압이 제거될 때, 전자 빔은 실질적으로 순간적으로 "오프"될 수 있다.

[0016] 기판 표면 상의 폴리머 성장과 같은 화학적 성질은 느리고 정밀하지 못할 수 있는 가스 스위칭을 사용하여 통상적으로 달성된다. 전자 빔 매개 공정은, 가스 스위칭에 연관된 단점 없이 유사하거나 개선된 결과를 달성하는 다른 방식을 유리하게 제공할 수 있다. 예를 들어, 가스 스위칭은 쉽게 구현될 수 없으며 단층 폴리머 성장의 타임스케일로 스위칭될 수 없다. 다시 말해서, 가스 스위칭은, 폴리머 성장의 단일 단층 내지 수 개의 단층에 연관된 타임스케일보다 긴 타임스케일로 제한될 수 있다. 그러나, 전자 빔은, 기존의 플라즈마에 근접한 DC 바이어스 전극을 사용하여 폴리머 성장의 단일 단층 내지 수 개의 단층과 동일한 타임스케일로 (또는 심지어 더 빠르게) 유리하게 스위칭 온 및 오프될 수 있다. 중합은 DC 바이어스 전압과 전자 빔 간의 관계의 즉각성으로 인해 엄격하게 제어될 수 있다. 예를 들어, 기판 또는 벌크 플라즈마에서의 폴리머 생성은 본질적으로 거의 디지털일 수 있다(즉, 폴리머 성장에 대하여 "온" 및 "오프" 상태일 수 있다). 폴리머 생성 속도는, 또한, 전자 빔이 오프일 때 상대적으로 느릴 수 있고 전자 빔이 온일 때 상대적으로 빠를 수 있다(즉, 폴리머 성장에 대한 "빠른" 상태 및 "느린" 상태일 수 있다).

[0017] 다양한 실시예에서, 플라즈마 처리 방법은, 지속기간 동안 가스를 처리 챔버 내로 연속적으로 제공하고 및 AC 소스 전력을 소스 전력 결합 요소에 연속적으로 제공하는 단계를 포함한다. AC 소스 전력은 처리 챔버에서 플라즈마를 생성한다. 가스 및 AC 소스 전력을 제공하는 동안 전자 소스 전극에 제1 음의 바이어스 전압이 인가된다. 제1 음의 바이어스 전압은 기판 홀더를 향하여 지향되는 전자 빔을 생성한다. 이어서, 제1 음의 바이어스 전압은 가스와 AC 전력을 계속 제공하는 동안 전자 소스 전극으로부터 제거된다. 제1 음의 바이어스 전압을 제거하면, 전자 빔의 생성이 중단된다. 제2 음의 바이어스 전압(예를 들어, AC 전력에 의해 생성되는 DC 자체 바이어스)은 지속기간의 전체 또는 일부 동안 기판 홀더에 인가된다.

[0018] AC 소스 전력은 플라즈마에 유도 결합된 RF 소스 전력일 수 있다. 소스 전력 결합 요소는, 예를 들어, 헬리컬 코일 또는 평면 코일일 수 있다. 기판은 기판 홀더에 의해 고정될 수 있다. 기판은 전자 빔에 대면하는 표면을 포함할 수 있다. 일 실시예에서, 방법은 플라즈마 에칭 공정이다. 플라즈마 에칭 공정 동안, 폴리머층이, 전자 빔을 이용하여 기판 표면에 형성되고, 후속하여 플라즈마 이온을 이용하여 기판 표면과 함께 에칭된다.

[0019] 본원에 설명된 플라즈마 처리 방법의 실시예는 유리하게 플라즈마 공정에 대한 단층 레벨 제어를 가능하게 할 수 있다. 예를 들어, 이러한 방법 실시예는, 패터닝, ALD, 준-ALD, ALE, 준-ALE, 자체 정렬 접촉(SAC) 에칭, 고 종횡비 접촉(HARC) 에칭, 및 접촉부, NAND 구조, 다이내믹 랜덤 액세스 메모리(DRAM) 등의 형성을 위한 기타와 같은 고 종횡비 피처 및/또는 고 정밀 요건을 포함하는 다양한 플라즈마 공정에서 응용분야를 유리하게 찾을 수

있다. 방법 실시예는, 또한, 유리하게 플라즈마 공정 동안 프로파일 제어를 향상시킬 수 있다. 설명된 실시예의 또 다른 가능한 이점은, 원하는 화학적 성질이 기관의 수평면 상에서 우선적으로 자극되게 할 수 있다는 점이다. 방법 실시예는, 또한, 가스 스위칭이 거의 없거나 전혀 없이 순환적 플라즈마 공정을 유리하게 허용할 수 있다. 본원에 설명된 실시예의 추가로 가능한 이점은 자기-제한 화학적 성질 없이도 플라즈마 처리 동안 원자층 제어를 제공하는 점이다. 방법 실시예는, 또한, 영역 선택적 에칭 공정(예를 들어, SAC 공정 또는 패터닝)에서 공간 제어를 유리하게 개선할 수 있다.

[0020] 아래에 제공된 실시예는 플라즈마 처리, 특히, 펄스화된 전자 빔을 사용하는 플라즈마 처리의 다양한 시스템, 장치 및 방법을 설명한다. 다음 설명은 실시예를 설명한다. 전자 소스 전극과 소스 전력 결합 요소를 포함하는 두 개의 실시예의 플라즈마 처리 장치를 도 1 및 도 2를 사용하여 설명한다. DC 펄스와 바이어스 펄스를 포함하는 플라즈마 처리 방법의 실시예의 개략적인 타이밍도를 도 3을 사용하여 설명한다. 플라즈마 에칭 방법의 실시예를 도 4를 사용하여 설명한다. DC 펄스와 바이어스 펄스를 사용하는 플라즈마 처리 방법의 다른 실시예를 도 5를 사용하여 설명한다. 플라즈마 처리 시스템의 실시예를 도 6을 사용하여 설명한다. 플라즈마 처리 방법의 두 개의 실시예를 도 7 및 도 8을 사용하여 설명하며, 두 번째의 방법 실시예가 플라즈마 에칭 공정이다.

[0021] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따라 전자 소스 전극과 소스 전력 결합 요소를 포함하는 예시적인 플라즈마 처리 장치의 개략도를 도시한다.

[0022] 도 1을 참조하면, 플라즈마 처리 장치(100)는 처리 챔버(10) 및 소스 전력 결합 요소(112)를 포함한다. 처리 챔버(10)는, 도전성 재료를 포함하고, 도전성 표면의 전부 또는 일부에서 접지될 수 있다. 일부 구현예에서, 처리 챔버(10)의 일부 표면들은, 공정 응용분야에 따라  $Y_2O_3$ , 양극산화 알루미늄, 또는 다른 화합물과 같은 에칭-저항성 유전체 재료로 코팅될 수 있다. 일 실시예에서, 소스 전력 결합 요소(112)는 처리 챔버(10)의 외부에 배치된다. 대안으로, 소스 전력 결합 요소(112)는 처리 챔버(10)의 내부에 배치될 수 있다. 소스 전력 결합 요소(112)는 다양한 실시예에서 AC 소스 전력일 수 있는 소스 전력(SP)을 수신한다. 소스 전력(SP)은 처리 챔버(10)에 결합되고 처리 챔버(10) 내에서 플라즈마(20)를 생성한다.

[0023] 소스 전력 결합 요소(112)는 다양한 실시예에서 RF 결합 요소이다. 일 실시예에서, 소스 전력 결합 요소(112)는 도시된 바와 같이 동축 ICP 코일이다. 소스 전력 결합 요소(112)는 원통형(예를 들어, 헬리컬) 코일, 평면(예를 들어, 스파이럴) 코일 등과 같은 임의의 적절한 기하학적 구조를 갖는 유도 코일일 수 있다. 일부 실시예에서, 소스 전력 결합 요소(112)는 헬리컬 공진기 구성에서 접지된 원통형 쉘드에 의해 둘러싸일 수 있다. 소스 전력 결합 요소(112)는, 처리 챔버(10)의 측벽들을 둘러싸는 것으로 도시되어 있지만, 처리 챔버(10) 위에 또는 내부에 배치될 수도 있다. 예를 들어, 소스 전력 결합 요소(112)는, 또한, 용량 결합 구성으로 처리 챔버(10)에 배치된 전극일 수 있다.

[0024] 플라즈마(20)는 전자(21), 이온, 및 라디칼(27)의 혼합물을 포함할 수 있다. 이온은 양으로 또는 음으로 하전될 수 있다. 예를 들어, 플라즈마(20)는 전자(21) 및 양으로 하전된 이온(25)을 포함할 수 있다. 플라즈마(20)는 임의의 적절한 유형의 플라즈마일 수 있다. 일 실시예에서, 플라즈마(20)는 ICP이다. 다른 실시예에서, 플라즈마(20)는 CCP, SWP, 파동 가열 플라즈마 등일 수 있다. 플라즈마(20)는 전자 소스 전극(14) 근처에서 생성될 수 있다.

[0025] 전자 소스 전극(14)은 처리 챔버(10) 내에 배치되는 이미터 표면(15)을 포함한다. 전자 소스 전극(14)은 (도시된 바와 같이) 처리 챔버(10) 내에 전체적으로 또는 처리 챔버 내에 부분적으로 배치될 수 있다. DC 바이어스 전압( $V_{DC}$ )은, 전자 소스 전극(14)에 인가되어 처리 챔버(10) 내에서 탄도성 전자(22)를 포함하는 전자 빔(29)을 생성한다. DC 바이어스 전압( $V_{DC}$ )은 일 실시예에서 음의 DC 바이어스 전압이다. DC 바이어스 전압( $V_{DC}$ )은 연속적일 수 있고, 펄스화될 수 있고, 또는 양극성으로 펄스화될 수 있다. 전자 소스 전극(15)의 이미터 표면(15)은, 플라즈마(20)의 이온(25)을 끌어당겨 이미터 표면(15)에 충돌시켜 탄도성 전자(22)를 생성함으로써 전자 이미터로서 작용할 수 있다. 탄도성 전자(22)는, 플라즈마(20)를 통해 실질적으로 방해받지 않고 통과할 수 있게 하는, 플라즈마 전위보다 훨씬 높은 에너지를 가질 수 있다.

[0026] 전자 빔(29)은 이미터 표면(15)에 대해 실질적으로 수직일 수 있다. 예를 들어, DC 바이어스 전압( $V_{DC}$ )은 전자 빔(29)의 탄도성 전자(22)에 실질적으로 수직 속도를 부여하기에 충분한 값일 수 있다. 도시된 바와 같이, 전자 빔(29)은 처리 챔버(10)에 배치된 기관 홀더(16)를 향하여 지향된다. 기관 홀더(16)는, 예를 들어, 정전 척일 수 있다. 기관(140)은 기관 홀더(16)에 의해 지지될 수 있다. 기관(140)은 플라즈마(20)를 통과하는 입사 탄도성 전자(22)를 수용할 수 있는 대향 표면(19)을 포함한다.



- [0027] 선택적으로, AC 전력은, 또한, 전자 소스 전극(14)에 인가될 수 있다. 선택적 AC 전력은 플라즈마(20)에 대한 추가 소스로서 기능할 수 있다. 선택적 AC 전력은 일 실시예에서 RF 전력이다. 다른 일 실시예에서, 선택적 AC 전력은 VHF 전력이다.
- [0028] 기관 홀더(16)는, 도시된 바와 같이, RF 바이어스 전압( $V_{RF}$ )일 수 있는 바이어스 전압을 수신한다. 예를 들어, RF 바이어스 전압( $V_{RF}$ )은 연속적인 전압 오프셋이 함께 발생할 수 있는 기관(140)에서의 대전을 방지할 수 있다. RF 바이어스 전압( $V_{RF}$ )은 다양한 실시예에서 음이다. RF 바이어스 전압( $V_{RF}$ )은 양전하 이온(25) 또는 다른 하전된 종을 대향 표면(19)을 향해 가속할 수 있다. 처리 챔버(10)는, 기관 홀더(16)에서 바이어스 전압에 대한 복귀 경로(다른 DC 표면, 접지된 표면, 또는 반대로 바이어스된 표면)를 포함할 수 있다. 예를 들어, 복귀 경로는, 전자 소스 전극(14) 또는 특정 구현예의 특정 설계 요건에 의존할 수 있는 다른 적절한 위치에 인접할 수 있다.
- [0029] 전자 빔(29)의 전자의 거동(예를 들어, 경로, 에너지 등)은 전자 소스 전극(14)과 기관 홀더(16) 사이의 전위 특성에 의존할 수 있다. 예를 들어, 적어도 3개의 전위가 전자 빔(29)의 거동에 기여할 수 있다. 이들 3개의 전위는 DC 바이어스 전압( $V_{DC}$ ), 플라즈마 전위, 및 RF 바이어스 전압( $V_{RF}$ )일 수 있다. 전위들 간의 관계는, 전자 빔(29)의 전자가 플라즈마(20)에 있을 때 전자의 에너지에 영향을 주어, 별개의 정성적 영역을 유도할 수 있다.
- [0030] 도시된 바와 같이, 전자 빔(29)의 전자는 3개의 별개의 영역(탄도성 전자(22), 포획된 전자(23), 및 포획되고 및 덤핑된(dumped) 전자(24))에 있는 것으로 간주될 수 있다. 탄도성 전자(22)는, DC 바이어스 전압( $V_{DC}$ )이 RF 바이어스 전압( $V_{RF}$ )의 피크-대-피크 평균과 플라즈마 전위의 조합보다 훨씬 클 때 생성될 수 있다. 탄도성 전자(22)의 에너지는, 탄도성 전자(22)와 플라즈마(20)의 종 간의 상호작용 단면을 감소시키거나 효과적으로 제거하기에 충분히 클 수 있다. 결과적으로, 탄도성 전자(22)는, 기관(140)에서의 결합을 끊고/끊거나 반응성을 변경하기에 충분한 에너지에 의해 실질적으로 방해받지 않고 플라즈마를 통과할 수 있고 대향 표면(19)에 도달할 수 있다.
- [0031] 포획된 전자(23)는, DC 바이어스 전압( $V_{DC}$ )이 RF 바이어스 전압( $V_{RF}$ )의 피크-대-피크 평균과 플라즈마 전위의 조합보다 훨씬 작을 때 생성될 수 있다. 이 영역에서, 전자 빔(29)의 전자의 에너지는, 플라즈마(20) 내에서 지연되고 "포획"되도록 충분히 작다. 포획된 전자(23)는 중성 gas와 많은 충돌을 일으키는 플라즈마(20) 내의 종과 큰 상호작용 단면을 가질 수 있다. 또한, 포획된 전자(23)는 포획된 전자(23)의 에너지가 플라즈마 전위에 필적하도록 느려질 수 있다.
- [0032] 포획되고 덤핑된 전자(24)는 탄도 영역과 포획 영역 사이의 "혼합 상태"에 있는 것으로 간주될 수 있다. 포획되고 덤핑된 전자(24)는, DC 바이어스 전압( $V_{DC}$ )이 플라즈마 전위와 RF 바이어스 전압( $V_{RF}$ )의 조합에 필적할 때(예를 들어, 약간 더 높을 때) 생성될 수 있다. 이 영역에서, 전자 빔(20)의 전자는 플라즈마(20)의 종과 무시할 수 없는 상호작용 단면을 갖는다. 다시 말하면, 포획되고 덤핑된 전자(24)는, 상호작용 없이 플라즈마(20)를 통과하거나 플라즈마(20) 내에서의 상호작용 후에도 기관 홀더(16)를 향한 궤적을 유지하기에 충분한 에너지를 가질 수 있다. 포획되고 덤핑된 영역에서, 전자 빔(29)의 전자는, 전자의 일부가 플라즈마(20)를 똑바로 통과하고, 전자의 일부가 플라즈마(20)에 완전히 포획되고, 나머지 일부가 상호작용한 후 플라즈마(20)를 벗어나게 하는 에너지를 가질 수 있다. 그 결과, 포획되고 덤핑된 영역에서 플라즈마(20)를 통과하는 전자의 각도 분포는, 탄도 영역에서 플라즈마(20)를 통과하는 전자의 각도 분포보다 크다.
- [0033] 탄도 영역의 일례로, DC 바이어스 전압( $V_{DC}$ )은 약 500 V일 수 있고, RF 바이어스 전압( $V_{RF}$ )은 오프일 수 있고, 플라즈마 전위는 약 30 V일 수 있다. 이 경우에, 전자 빔(29)의 전자의 실질적으로 대부분은 470 V에 가까운 에너지로 반대 표면(19)에 도달하는 탄도성 전자(22)일 것이다. 이 영역에서, 전자 빔(29)과 플라즈마(20) 사이에 사실상 어떠한 상호작용도 발생하지 않을 수 있다. 그러나, 기관(140)의 대향 표면(19)에 충돌하는 탄도성 전자(22)는, 뎅글링 결합을 생성하고 화학적 성질(예를 들어, 폴리머체 형성)을 자극하기에 충분한 에너지일 수 있다.
- [0034] 포획된 영역의 일례로, DC 바이어스 전압( $V_{DC}$ )은 약 500 V일 수 있고, 플라즈마 전위는 약 30 V일 수 있으며, 피크-대-피크 RF 바이어스 전압( $V_{RF}$ )은 약 650 V일 수 있다. 이 영역에서, 전자 빔(29)의 전자의 실질적인 대부분은 포획된 전자(23)로서 플라즈마에 남을 것이다. 예를 들어, 포획된 전자(23)는 벌크 플라즈마 중합(예를 들어, 플루오로카본 단편)을 촉진할 수 있다. 플라즈마(20)의 해리도, 포획된 전자(23)를 사용하여 제어될 수

있다. 예를 들어, 약한 플라즈마 소스는 소스 전력보다는 전자 빔(29)에 의해 중합이 제어될 수 있게 하는 작은 정도의 해리를 가질 수 있다.

- [0035] 도 2는 본 발명의 일 실시예에 따라 전자 소스 전극과 소스 전력 결합 요소를 포함하는 다른 예시적인 플라즈마 처리 장치의 개략도를 도시한다. 도 2의 플라즈마 처리 장치는, 예를 들어, 도 1의 플라즈마 처리 장치(100)와 같이 본원에 설명된 다른 플라즈마 처리 장치들의 대체 구성(예를 들어, 상이한 배열에 있을 수 있는 피쳐들을 공유함)일 수 있다. 유사하게 표기된 요소들은 전술한 바와 같을 수 있다.
- [0036] 도 2를 참조하면, 플라즈마 처리 장치(200)는 처리 챔버(10)에 배치된 전자 소스 전극(14)과 기판 홀더(16)를 포함하며, 이들 모두는 전술한 바와 같을 수 있다. 도 1에 도시된 플라즈마 처리 장치(100)와는 대조적으로, 플라즈마 처리 장치(200)는 처리 챔버(10)의 외부 및 위에 배치되는 소스 전력 결합 요소(212)를 포함한다. 소스 전력 결합 요소(212)는 도 1의 소스 전력 결합 요소(112)의 특정 구현예일 수 있다. 소스 전력 결합 요소(212)는 평면 유도 코일일 수 있다.
- [0037] 일 실시예에서, 소스 전력 결합 요소(212)는 팬케이크 ICP 구성으로 처리 챔버(10) 위에 배치된 팬케이크 유도 코일이다. DC 바이어스된 패러데이 케이지는, 팬케이크 유도 코일과 전자 소스 전극(14) 사이에 배치되어 이들 사이의 결합을 감소시키거나 제거할 수 있다. 코일과 다른 금속 표면 간의 전류 결합을 억제하는 다른 방법은, 코일에 대면하는 전자 소스 전극(14)의 표면에 홈을 포함하여 임피던스를 증가시키는 것일 수 있다. DC 바이어스 전압( $V_{DC}$ )은 석영 윈도우의 대전을 피하기에 충분한 속도로 펄스화될 수 있다. 대안으로 또는 추가로, 전자 소스 전극(14)은 이미지 전류를 방해하는 슬롯과 같은 구조적 결합해제 메커니즘을 포함할 수 있다. 전자 소스 전극(14)은, 또한, 패러데이 셸드로서 작용하도록 구성된 DC 표면을 포함할 수 있다.
- [0038] 소스 전력 결합 전극(212)과 전자 소스 전극(14) 간의 결합은, 또한, 도시된 바와 같이 전자 소스 전극(14)의 외경(65) 외부에 소스 전력 결합 전극(212)을 배치함으로써 더 감소될 수 있다. 다시 말하면, 소스 전력 결합 전극(212)의 내경(66)은 외경(65)보다 클 수 있다.
- [0039] 도 3은 본 발명의 일 실시예에 따라 직류 펄스와 바이어스 펄스를 포함하는 예시적인 플라즈마 처리 방법의 개략적인 타이밍도를 도시한다. 개략적인 타이밍도는, 예를 들어, 도 1의 플라즈마 처리 장치(100) 또는 도 2의 플라즈마 처리 장치(200)와 같이 본원에 설명된 플라즈마 처리 장치들 또는 플라즈마 처리 시스템들 중 임의의 것에 의해 수행되는 바와 같은 플라즈마 처리 방법을 나타낼 수 있다.
- [0040] 도 3을 참조하면, 개략적인 타이밍도(300)는, 소스 전력 결합 전극에 대한 소스 전력(SP)의 인가를 나타내는 소스 펄스(334), 전자 소스 전극에 대한 DC 전력의 인가를 나타내는 DC 펄스(332), 및 기판 홀더에 대한 바이어스 전력(BP)의 인가를 나타내는 바이어스 펄스(336)를 포함한다. 개략적인 타이밍도(300)는, 또한, 처리 챔버로의 가스 주입을 나타내는 가스 펄스(338)를 포함할 수 있다. 예를 들어, 도시된 바와 같이, 가스 펄스(338)는, 가스 펄스가 원칙적으로 더 긴 타임스케일(적어도 체류 시간 정도)에 있을 수 있기 때문에, 연속적일 수 있다. 펄스는 플라즈마 공정 동안 플라즈마 처리 장치에 주기적으로 인가될 수 있다. 예를 들어, 펄스는, 도시된 바와 같이 펄스 기간(331)에 걸쳐 펄스 패턴이 반복되도록 주기적으로 인가될 수 있다.
- [0041] 소스 전력(SP)은 도시된 바와 같이 연속적으로 인가될 수 있다. 예를 들어, 소스 펄스(334)는 펄스 기간(331)과 동일한 소스 펄스 지속기간(335)을 가질 수 있다. 추가로 또는 대안으로, 소스 전력(SP)은, 소스 펄스 지속기간이 펄스 기간(331)보다 짧도록 펄스화될 수 있다. 유사하게, 가스는, 펄스 기간(331)과 동일한 가스 펄스 지속기간(339)을 갖고서 연속적으로 주입될 수 있거나 펄스 기간(331) 내에서 또한 조절될 수 있다. 일 실시예에서, 소스 전력(SP)과 가스 모두는 플라즈마 공정 동안 연속적으로 인가된다.
- [0042] 펄스 기간(331)의 일부 동안 DC 전력이 스위칭 온된다. 구체적으로, DC 펄스(332)는 펄스 기간(331)보다 짧은 DC 펄스 지속기간(333)을 갖는다. 예를 들어, DC 펄스 지속기간(333)은 유리하게 종래의 플라즈마 공정에서 얻을 수 있는 가스 스위칭 속도보다 짧을 수 있다. DC 펄스(332)는 처리 챔버에서 전자 빔을 생성하는 데 사용된다. 전자 빔은, DC 전력의 인가 시 실질적으로 순간적으로 생성되고(즉, "스위치 온되고") DC 전력의 제거 시 실질적으로 순간적으로 중단된다(즉, "스위치 오프"된다). 예를 들어, DC 전력이 스위칭 오프될 때, 전자 소스 전극이 접지 전위에 결합될 수 있다.
- [0043] DC 펄스 지속기간(333)은 가스 체류 시간 정도일 수 있다. 다양한 실시예에서, DC 펄스 지속기간(333)은 약 500 ms 미만이다. 예를 들어, DC 펄스 지속기간(333)은 약 100 ms 내지 약 3 s일 수 있다. 일 실시예에서, DC 펄스 지속기간(333)은 약 100 ms이다. 다른 일 실시예에서, DC 펄스 지속기간(33)은 약 1 ms이다. DC 펄스 지속기간

(333)은, 또한, 일부 실시예에서 3초보다 길 수 있다.

- [0044] 바이어스 전력(BP)은 펄스 기간(331)의 일부 동안 연속적으로 인가되거나 스위치 온될 수 있다. 전술한 바와 같이, 바이어스 전력(BP)은 DC 오프셋을 갖는 RF 전력일 수 있다. 다양한 실시예에서, 바이어스 펄스(336)는 펄스 기간(331)보다 짧은 바이어스 펄스 지속기간(337)을 갖는다. 일부 실시예에서, 바이어스 펄스(336) 각각은 각각의 펄스 기간(331) 내에서 DC 펄스 지속기간(333) 후에 시작된다. 예를 들어, 바이어스 펄스(336) 각각은, (도시된 바와 같이) 대응하는 DC 펄스(332)의 종료 직후에 시작될 수 있거나 지연될 수도 있다. 추가로, 바이어스 펄스 지속기간(337)은 각각의 펄스 기간(331)의 끝까지 연장될 필요가 없다. 예를 들어, DC 전력과 바이어스 전력(BP)이 모두 오프되는 동안의 간격은 바이어스 펄스(336) 각각의 전에 및/또는 후에 존재할 수 있다.
- [0045] 도 4는 본 발명의 일 실시예에 따라 전자 빔을 사용하여 기관에 폴리머층을 형성하는 단계 및 폴리머층을 기관과 함께 에칭하는 단계를 포함하는 예시적인 플라즈마 에칭 방법의 개략도를 도시한다. 플라즈마 에칭 방법은, 예를 들어, 도 3의 플라즈마 처리 방법과 같이 본원에 설명된 바와 같은 예시적인 플라즈마 처리 방법의 특정 구현예일 수 있다.
- [0046] 도 4를 참조하면, 플라즈마 에칭 방법(400)은, 기관(440)을 향하여 지향되는 전자 빔이 처리 챔버 내에서 생성되는 빔-온(beam-on) 단계(41), 및 전자 빔이 스위칭 오프되고 양전하 이온(25)이 기관(440)을 향해 끌어당겨지는 빔-오프(beam-off) 단계(47)를 포함한다. 플라즈마 에칭 방법(400)은 특정 유형의 에칭 공정을 포함하는 임의의 적절한 에칭 공정에 적용될 수 있다. 일 실시예에서, 플라즈마 에칭 방법은 SAC 에칭 공정일 수 있다. 대안으로, 플라즈마 에칭(400) 방법은 HARC 에칭 공정일 수 있다.
- [0047] 수직 치수(61)보다 훨씬 작은 측면 치수(63)를 포함하는 고 종횡비 피처(44)와 같은 다양한 피처가 기관(440) 내에 포함될 수 있다. 예를 들어, 고 종횡비 피처(44)는 트렌치, 홈, 또는 작은 측면 차원 및 큰 수직 차원의 영역을 갖는 임의의 적합한 형상일 수 있다. 다양한 실시예에서, 고 종횡비 피처(44)의 종횡비(예를 들어, 측면 치수(63)로 나뉜 수직 치수(61))는 약 25보다 크다. 일부 실시예에서, 고 종횡비 피처부(44)의 종횡비는 일 실시예에서 약 50보다 크고 약 100이다.
- [0048] 마스크(43)는 기관(440)의 벌크 재료(42) 위에 배치될 수 있다. 얇은 등각(conformal)층(45)은, 도시된 바와 같이 고 종횡비 피처(44)의 측벽 및 바닥 표면과 같이 벌크 재료(42)의 다양한 표면 위에 배치될 수 있다. 일 실시예에서, 얇은 등각층(45)은 얇은 질화물층이다. 고 종횡비 피처(44)는 충전층(46)으로 채워질 수 있다. 충전층(46)은 플라즈마 에칭 공정 동안 에칭될 표적 재료일 수 있다. 일 실시예에서, 충전층(46)은 산화물 충전층이다.
- [0049] 빔-온 단계(41) 동안, 탄도성 전자(22)는 기관(440)의 노출된 표면에 충돌한다. 탄도성 전자(22)는, 마스크(43), 얇은 등각층(45), 및 충전층(46)의 노출된 표면과 같은 수평 표면에 대해 실질적으로 수직일 수 있다. 양전하 이온(25)은 빔-온 단계(41) 동안 기관(440)으로부터 멀어지게 가속되는 반면 라디칼(27)(예를 들어, 전하를 띠지 않는 중)의 이동은 확산 효과에 의해 지배될 수 있다.
- [0050] 입사 탄도성 전자(22)의 결과로서, 폴리머층(48)은 빔-온 단계(41) 동안 기관(440)의 표면 상에 성장될 수 있다. 탄도성 전자(22)의 수직 특성은, 도시된 바와 같이 기관(440)의 수평 표면 상에서 주로 또는 전체적으로 폴리머 성장을 유리하게 촉진할 수 있다. 폴리머층(48)은, 마스크(43) 및 얇은 등각층(45)과 같이 플라즈마 에칭 공정에 의해 특별히 표적화되지 않은 기저 재료를 보호하는 데 사용될 수 있다. 예를 들어, 얇은 등각층(45)의 기하학적 구조(예를 들어, 모서리)는 폴리머층(48)에 의해 보호될 수 있다.
- [0051] 폴리머층(48)의 성장은 전자 소스 전극에 DC 바이어스 전압을 인가함으로써 엄격하게 제어될 수 있다. 예를 들어, 고 종횡비 피처(46)는, 폴리머가 얇은 등각층(45) 및 충전층(46) 상에서 성장한 후에도 유리하게 열린 상태로 유지될 수 있다. 그에 비해, 종래의 플라즈마 에칭 공정은, 불리하게도 고 종횡비 피처를 "핀치 오프(pinch off)"하여 피처 내의 재료의 에칭 효과를 감소시킬 수 있다.
- [0052] 빔-온 단계(41) 후에, 탄도성 전자(22)를 포함하는 전자 빔은 (예를 들어, 전자 소스 전극으로부터 DC 바이어스 전압을 제거함으로써) 턴오프된다. 이후 기관(440)의 노출된 표면은 빔 오프 단계(47) 동안 에칭된다. 이에 따라, 빔-온 단계(41)는 DC 바이어스 단계 또는 탄도성 전자 모드로 간주될 수 있는 반면 빔-오프 단계(47)는 플라즈마 에칭 방법(400)의 에칭 단계 또는 고 에너지 이온 단계로 간주될 수 있다. 예를 들어, 바이어스 전력이 기관 홀더에 인가되어 빔-오프 단계(47) 동안 양으로 하전된 이온(25)을 기관(440)으로 가속할 수 있다. 폴리머층(48)과 충전층(46)은 빔-오프 단계(47) 동안 에칭된다.
- [0053] 제거되는 충전층(46)의 양이 제어가능하도록 폴리머층(48)과 충전층(46) 사이에 적절한 화학적 성질이 존재할

수 있다. 충전층(46) 상에서 성장되는 폴리머의 양은 빔-온 단계(41)의 지속기간에 의해 유리하게 제어될 수 있다. 이어서, 충전층(46)의 원하는 에칭 깊이(49)는 빔-오프 단계(47) 동안 달성될 수 있다. 다양한 실시예에서, 에칭 깊이(49)는 충전층(46)의 3개의 단층보다 작다. 일 실시예에서, 에칭 깊이(49)는 충전층(46)의 실질적으로 하나의 단층이다. 빔-온 단계(41) 및 빔-오프 단계(47)는, 마스크(43) 및/또는 얇은 등각층(45)을 실질적으로 변경하지 않고 충전층(46)을 정밀하게 에칭하기 위해 주기적으로 수행될 수 있다.

[0054] 플라즈마 에칭 방법(400)은 가스 스위칭 단계 없이 기관(440)의 표면 화학적 성질을 유리하게 유도할 수 있다. 빔-온 단계(41)의 지속기간은, 유리하게 (예를 들어, 충전층(46) 상에) 폴리머의 단일 단층을 성장시키는 시간과 유사하거나 동일할 수 있다. 예를 들어, 빔-온 단계(41)의 지속기간은 기관(440)에서의 가스의 체류 시간과 비슷할 수 있다.

[0055] 특정 예로, (예를 들어, SAC 에칭에서) 산화물을 에칭하는 데 사용될 수 있는 플루오로카본은, 그 자체로 성장할 수 있고, 종래의 플라즈마 에칭 공정에서 (예를 들어, 모서리에서) 보호 질화물층의 기하학적 구조를 확장할 수 있다. 기저 질화물 기하학적 구조로부터의 이러한 이탈은, 고 종횡비 피처(44)와 같이 작은 차원(예를 들어, 측면 치수(63)가 약 10 nm 내지 20 nm인 경우)을 갖는 개구 근처에서 문제가 될 수 있다. 예를 들어, 종래의 플라즈마 에칭 공정 동안 제어되지 않은 추가 플루오로카본 증합은 고 종횡비 피처(44)의 개구를 막을 수 있다.

[0056] 질화물층이 산화물층을 마스크하므로, 이렇게 막힌 피처의 결과로, 에칭 단계 동안 원하는 산화물 에칭을 방지한다. 그러나, 플라즈마 에칭 방법(400) 및 플라즈마 처리 방법의 다른 실시예에서, 단층 형성의 타임스케일에서 전자 빔(및 결과적으로 유도된 표면 화학적 성질 및/또는 벌크 플라즈마 화학적 성질)의 디지털(또는 거의 디지털) 제어 형성은, 유리하게 기하학적 아티팩트를 감소시키거나 제거함으로써 고 종횡비 피처(44)의 막힘을 방지할 수 있다. 이러한 이점 및 유사한 이점은, 또한, 일반적으로 ALD, 준-ALD, ALE, 준-ALE, HARC, NAND 디바이스 형성, DRAM 디바이스 형성 등과 같은 플라즈마 공정에서 실현될 수 있다.

[0057] 도 5는 본 발명의 일 실시예에 따라 직류 펄스와 바이어스 펄스를 포함하는 다른 예시적인 플라즈마 처리 방법의 개략적인 타이밍도를 도시한다. 도 5의 개략적인 타이밍도는, 예를 들어, 도 1의 플라즈마 처리 장치(100) 또는 도 2의 플라즈마 처리 장치(200)와 같이 본원에 설명된 플라즈마 처리 장치들 또는 플라즈마 처리 시스템들 중 임의의 것에 의해 수행되는 바와 같은 플라즈마 처리 방법을 나타낼 수 있다.

[0058] 도 5를 참조하면, 개략적인 타이밍도(500)는 바이어스 전력(BP)이 DC 전력과 동시에 인가되는 도 3의 개략적인 타이밍도(300)의 특정 구현예일 수 있다. 도시된 바와 같이, 개략적인 타이밍도(500)는, 소스 펄스 지속기간(535)을 갖는 소스 펄스(534), DC 펄스 지속기간(533)을 갖는 DC 펄스(532), 및 바이어스 펄스 지속기간(537)을 갖는 바이어스 펄스(536)를 포함한다. 가스도 가스 펄스 지속기간(539)을 갖는 가스 펄스(538)로서 주입될 수 있다.

[0059] DC 펄스 지속기간은 펄스 기간(531)보다 짧은 반면, 소스 펄스 지속기간(535) 및 바이어스 펄스 지속기간(537)은 펄스 기간(531)과 동일하다. 대안으로, 바이어스 펄스(536)는, DC 펄스(532) 동안 인가될 수 있지만, 여전히 펄스 기간(531)보다 짧을 수 있다(즉, 각 펄스 기간(531)의 만료 전에 종료되고/되거나 각각의 DC 펄스 기간(531)의 시작에 대하여 지연될 수 있다). 또 다른 대안으로, 다중 바이어스 펄스(536)가 각각의 펄스 기간(531) 동안 인가될 수 있다. 예를 들어, 하나의 바이어스 펄스는 DC 펄스와 동시에 전달되는 반면 다른 하나의 바이어스 펄스는 DC 전력이 오프일 때 전달될 수 있다.

[0060] DC 펄스(536) 동안 바이어스 전력(BP)을 인가하는 것은, 생성된 전자 빔에서의 전자의 영역을 변조하고 벌크 플라즈마 내에서 및/또는 기관의 표면에서 유도된 화학적 상호작용을 조정하기 위해 유리하게 사용될 수 있다. DC 전력이 온인 동안의 바이어스 전력(BP)은 DC 전력이 오프일 때의 DC 전력과 같거나 다를 수 있다는 점에 주목해야 한다.

[0061] 도 6은, 본 발명의 일 실시예에 따라 직류 바이어스 공급 노드에 결합된 전자 소스 전극 및 소스 전력 공급 노드에 결합된 소스 전력 결합 요소를 포함하는 예시적인 플라즈마 처리 시스템의 개략도를 도시한다. 도 6의 플라즈마 처리 시스템은, 예를 들어, 도 1의 플라즈마 처리 장치(100) 또는 도 2의 플라즈마 처리 장치(200)와 같이 본원에 설명된 바와 같은 플라즈마 처리 장치들 중 임의의 것을 포함할 수 있다. 유사하게 표기된 요소들은 전술한 바와 같을 수 있다.

[0062] 도 6을 참조하면, 플라즈마 처리 시스템(600)은 처리 챔버(10)에 배치된 이미터 표면(15)을 갖는 전자 소스 전극(14)을 포함한다. 전자 소스 전극(14)은 DC 바이어스 생성기 회로(52)에 결합되고, 이러한 바이어스 생성기 회로는 다시 접지 연결부(50)에 결합된 DC 바이어스 공급 노드(53)에 결합된다. 전자 소스 전극(14)은 선택적

AC 전력 생성기 회로(58)를 통해 선택적 AC 전력 공급 노드(59)에 결합될 수 있다. 선택적 AC 전력 공급 노드(59)는 일부 실시예에서 접지 연결부(50)일 수 있는 선택적 접지 연결부(51)에 결합될 수 있다. 전술한 바와 같이, AC 전력 공급 노드(59)는 RF 전력, VHF 전력, 또는 다른 임의의 적절한 AC 전력을 공급할 수 있다.

- [0063] 플라즈마 처리 시스템(600)은, 또한, 소스 전력 생성기 회로(54)를 통해 소스 전력 공급 노드(55)에 결합된 소스 전력 결합 요소(112), 및 바이어스 전력 생성기 회로(56)를 통해 바이어스 전력 공급 노드(57)에 결합된 기관 홀더(16)를 포함한다. 소스 전력 공급 노드(55)와 바이어스 전력 공급 노드(57)는, 또한, 접지 연결부(50) 또는 절연된 접지 연결부를 통해 접지될 수 있다.
- [0064] 생성기 회로 및/또는 공급 노드 중 하나 이상은, 별도의 회로들로서 도시되어 있지만, 주어진 응용분야의 특정 설계 파라미터에 따라 원하는 대로 결합될 수 있다. 또한, 처리 챔버(10)의 표면의 일부 또는 전부는 접지될 수 있다. 접지 연결부는, 공통 접지 연결부, 기준 접지, 또는 기준 전위일 수 있다.
- [0065] 도 7은 본 발명의 일 실시예에 따라 예시적인 플라즈마 처리 방법을 도시한다. 도 7의 방법은, 예를 들어, 도 1의 플라즈마 처리 장치(100), 도 2의 플라즈마 처리 장치(200), 또는 도 6의 플라즈마 처리 시스템(600)과 같이 본원에 설명된 플라즈마 처리 장치들 또는 플라즈마 처리 시스템들 중 임의의 것에 의해 수행될 수 있다. 또한, 도 3의 개략적인 타이밍도(300) 또는 도 5의 개략적인 타이밍도(500)와 같이 본원에 설명된 개략적인 타이밍도는 도 7의 방법의 일부 또는 전부에 대응할 수 있다.
- [0066] 도 7을 참조하면, 방법(700)은, 소스 전력 결합 요소에 AC 소스 전력을 연속적으로 제공하는 단계(702)와 동시에 수행되는, 처리 챔버 내로 가스를 연속적으로 제공하는 단계(701)를 포함하고, AC 소스 전력은 처리 챔버에서 플라즈마를 생성한다. 예를 들어, 단계(701) 및 단계(702)는 제1 지속기간 동안 수행될 수 있다.
- [0067] 단계(701) 및 702)를 수행하는 동안, 방법(700)은 전자 소스 전극에 제1 음의 바이어스 전압을 인가하는 단계(703)를 더 포함한다. 제1 음의 바이어스 전압은 기관 홀더를 향하여 지향되는 전자 빔을 생성한다. 제1 음의 바이어스 전압은 제1 지속기간보다 짧은 제2 지속기간 동안 인가된다.
- [0068] 단계(703)를 수행한 후, 전자 소스 전극으로부터 제1 음의 바이어스 전압을 제거하여 전자 빔의 생성을 중단하는 단계(704)가 수행된다. 단계(704)는 제1 지속기간보다 작은 제3 지속기간을 가질 수 있다. 일 실시예에서, 제1 지속기간은 제2 지속기간과 제3 지속기간의 합과 같다.
- [0069] 단계(701) 및 단계(702)를 수행하는 동안, 방법(700)은, 또한, 기관 홀더에 제2 음의 바이어스 전압을 인가하는 단계(705)를 포함한다. 단계(705)는 일 실시예에서 제1 지속기간 동안 연속적으로 수행된다. 대안으로, 단계(705)는 제1 지속기간 후에 시작되는 제4 지속기간 동안 수행될 수 있다. 일 실시예에서, 제4 지속기간은 단계(705)와 동시에 시작하고 제3 지속기간과 같다.
- [0070] 선택적으로, 방법(700)은 단계(701, 702, 703, 704, 및 705)를 반복하는 단계(706)를 수행함으로써 반복될 수 있다. 선택적 단계(706)는 방법(700)을 주기적으로 수행하기 위해 필요에 따라 반복될 수 있다. 일부 실시예에서, 방법(700)의 주기적인 수행 동안, 단계(701)에서 제공된 가스, 단계(702)에서 제공된 AC 소스 전력, 또는 (예를 들어, 연속적으로 인가될 때) 단계(705)에서 제공된 제2 음의 바이어스 전압 중 하나 이상은, 제1 지속기간보다 상당히 긴 타임스케일로 변조(예를 들어, 펄스화)될 수 있다.
- [0071] 도 8은 본 발명의 일 실시예에 따라 예시적인 플라즈마 에칭 방법을 도시한다. 도 8의 방법은, 예를 들어, 도 1의 플라즈마 처리 장치(100), 도 2의 플라즈마 처리 장치(200), 또는 도 6의 플라즈마 처리 시스템(600)과 같이 본원에 설명된 플라즈마 처리 장치 또는 플라즈마 처리 시스템 실시예들 중 임의의 것에 의해 수행될 수 있다. 또한, 도 3의 개략적인 타이밍도(300) 또는 도 5의 개략적인 타이밍도(500)와 같이 본원에 설명된 개략적인 타이밍도는 도 8의 방법의 일부 또는 전부에 대응할 수 있다. 도 8의 방법은 도 7의 방법(700)의 특정 구현예일 수 있다.
- [0072] 도 8을 참조하면, 방법(800)은 처리 챔버에서 플라즈마를 생성하는 단계(801)를 포함한다. 다양한 실시예에서, 플라즈마는 ICP이다. 유도 결합 플라즈마를 생성한 후, 방법은, 제1 표면을 향해 지향된 전자 빔을 사용하여 처리 챔버에 배치된 기관의 제1 표면에 폴리머층을 형성하는 단계(802)를 포함한다. 전자 빔은, 제1 표면에 대면하는 전자 소스 전극의 제2 표면에서 제1 음의 바이어스 전압에 의해 제1 지속기간 동안 생성된다.
- [0073] 제1 지속기간 후에, 방법(800)은, 제2 지속기간 동안 인가된 제2 음의 바이어스 전압을 사용하여 제1 표면을 향해 플라즈마의 양이온을 가속함으로써 기관의 제1 표면과 폴리머층을 에칭하는 단계(803)를 더 포함한다.
- [0074] 이어서, 단계(801, 802 및 803) 중 일부 또는 전부가 반복될 수 있다. 예를 들어, 단계(801)의 초기 플라즈마

생성 후에, 단계(802) 및 단계(803)를 수행하는 선택적 단계(804)가 반복적으로 수행되는 동안 플라즈마가 연속적으로 생성될 수 있다. 다시 말하면, 방법(800)은 폴리머층을 반복적으로 형성하고 후속하여 폴리머층과 기관의 표면을 에칭하는 단계를 포함한다. 대안으로 또는 추가로, 플라즈마 생성은, 단계(803)가 수행된 후의 어떤 시점에서 중단될 수 있다. 이 경우, 방법(800)을 주기적으로 수행하기 위해 단계(801)로 복귀하는 선택적 단계(805)가 수행될 수 있다.

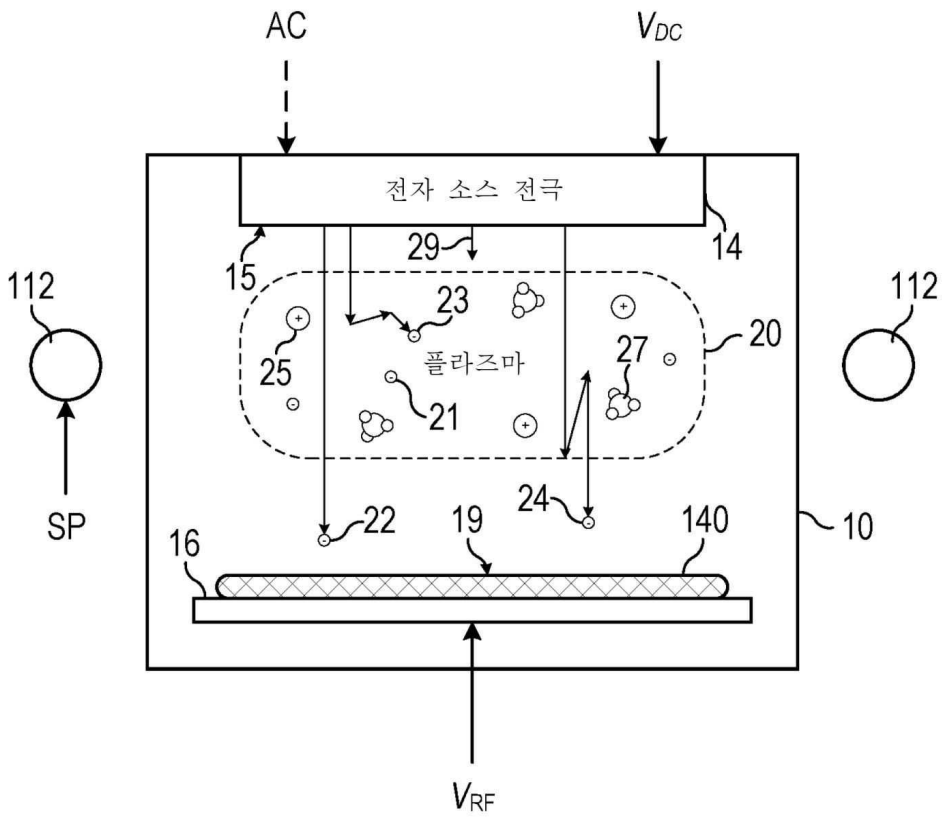
- [0075] 본 발명의 예시적인 실시예들이 여기에 요약되어 있다. 다른 실시예들도 명세서 전체 및 제출된 청구범위로부터 이해될 수 있다.
- [0076] 예 1. 플라즈마 처리 방법으로서, 제1 지속기간 동안 가스를 처리 챔버 내로 연속적으로 제공하는 단계; 가스를 제공하는 동안, 제1 지속기간 동안 교류(AC) 소스 전력을 소스 전력 결합 요소에 연속적으로 제공하는 단계로서, AC 소스 전력은 처리 챔버에서 플라즈마를 생성하는, 단계; 가스와 AC 소스 전력을 제공하는 동안, 제2 지속기간 동안 전자 소스 전극에 기관 홀더를 향하여 전자 빔을 생성하는 제1 음의 바이어스 전압을 인가하는 단계; 제2 지속기간의 종료 시, 제3 지속기간 동안 전자 소스 전극으로부터 제1 음의 바이어스 전압을 제거하여 전자 빔의 생성을 중단하는 단계; 가스와 AC 전력을 제공하는 동안, 기관 홀더에 제2 음의 바이어스 전압을 인가하는 단계의 주기적 수행을 포함하고, 제1 지속기간은 제2 지속기간과 제3 지속기간의 합과 같다.
- [0077] 예 2. 예 1의 방법에 있어서, 제2 음의 바이어스 전압을 인가하는 단계는, 제2 지속기간 후에, 제4 지속기간 동안 기관 홀더에 제2 음의 바이어스 전압을 인가하는 단계를 포함하고, 제4 지속기간은 제1 지속기간보다 짧다.
- [0078] 예 3. 예 2의 방법에 있어서, 제4 지속기간은 제3 지속기간과 같고, 제2 음의 바이어스 전압은 제2 지속기간의 종료 시 인가된다.
- [0079] 예 4. 예 1 내지 예 3 중 하나의 방법에 있어서, 제2 음의 바이어스 전압을 인가하는 단계는, 제1 지속기간 동안 제2 음의 바이어스 전압을 기관 홀더에 연속적으로 인가하는 단계를 포함한다.
- [0080] 예 5. 예 4의 방법에 있어서, 제2 음의 바이어스 전압은 제2 지속기간 동안 제1 값을 갖고, 제2 음의 바이어스 전압은 제3 지속기간 동안 제1 값과는 다른 제2 값을 갖는다.
- [0081] 예 6. 예 1 내지 예 5 중 하나의 방법에 있어서, 제2 지속기간은 약 3 ms 미만이다.
- [0082] 예 7. 예 1 내지 예 6 중 하나의 방법에 있어서, 제1 음의 바이어스 전압은 실질적으로 일정한 DC 전압이고, 제2 음의 바이어스 전압을 인가하는 단계는 음의 DC 오프셋을 포함하는 무선 주파수 신호를 기관 홀더에 인가하는 단계를 포함한다.
- [0083] 예 8. 플라즈마 에칭 방법으로서, 처리 챔버에서 유도 결합된 플라즈마를 생성하는 단계; 처리 챔버에 배치된 기관의 제1 면을 향하여 지향되는 제1 전자 빔을 사용하여 제1 면에 제1 폴리머층을 형성하는 단계로서, 제1 전자 빔은 제1 면에 대면하는 전자 소스 전극의 제2 면에 제1 음의 바이어스 전압에 의해 제1 지속기간 동안 생성되는, 단계; 및 제1 지속기간 후에, 제2 지속기간 동안 인가되는 제2 음의 바이어스 전압을 사용하여 유도 결합된 플라즈마의 양이온을 제1 면을 향하여 가속함으로써 제1 폴리머층과 기관의 제1 면을 에칭하는 단계를 포함한다.
- [0084] 예 9. 예 8의 방법에 있어서, 제1 지속기간 동안 제2 음의 바이어스 전압을 인가하는 단계를 더 포함하고, 제2 음의 바이어스 전압은 제1 음의 바이어스 전압 미만이다.
- [0085] 예 10. 예 8과 예 9 중 하나의 방법에 있어서, 플라즈마 에칭 방법은 원자층 에칭(ALE) 공정이다.
- [0086] 예 11. 예 8 내지 예 10 중 하나의 방법에 있어서, 플라즈마 에칭 방법은 자기 정렬 접촉(SAC) 에칭 공정이다.
- [0087] 예 12. 예 8 내지 예 11 중 하나의 방법에 있어서, 기관의 제1 면은 고 증황비를 포함하는 오목 영역에 배치된 충전 재료의 노출된 면이다.
- [0088] 예 13. 예 12의 방법에 있어서, 고 증황비는 약 50 초과이다.
- [0089] 예 14. 예 8 내지 예 13 중 하나의 방법에 있어서, 기관의 제3 면을 향하여 지향되는 제2 전자 빔을 사용하여 제3 면에 제2 폴리머층을 형성하는 단계로서, 제2 전자 빔은 제2 면에 제3 음의 바이어스 전압에 의해 제3 지속기간 동안 생성되고, 제3 면은 제1 폴리머층과 제1 면의 에칭에 의해 형성된 에칭된 면인, 단계; 및 제3 지속기간 후에, 제4 지속기간 동안 인가되는 제4 음의 바이어스 전압을 사용하여 유도 결합된 플라즈마의 양이온을 제3 면을 향하여 가속함으로써 제2 폴리머층과 기관의 제3 면을 에칭하는 단계를 더 포함한다.

- [0090] 예 15. 플라즈마 처리 장치로서, 처리 챔버; 제1 직류(DC) 전력 공급 노드; 제1 DC 전력 공급 노드에 결합되고 제1 면을 포함하는 전자 소스 전극으로서, 전자 소스 전극은, 제1 DC 전력 공급 노드에 의해 전자 소스 전극에 공급되는 제1 펄스화된 DC 바이어스 전위를 사용하여 처리 챔버에서 펄스화된 전자 빔을 생성하도록 구성되고, 제1 면은 처리 챔버의 내부에 있는, 전자 소스 전극; 처리 챔버에 배치되고, 제1 면에 대면하는 제2 면을 포함하는 기판 홀더; 및 처리 챔버의 외부에 배치되고, RF 소스 전력을 처리 챔버 내에서 생성된 플라즈마에 유도 결합하도록 구성된 무선 주파수(RF) 소스 전력 결합 요소를 포함한다.
- [0091] 예 16. 예 15의 플라즈마 처리 장치에 있어서, RF 소스 전력 결합 요소는 처리 챔버 둘레에 배치된 유도 코일이다.
- [0092] 예 17. 예 15와 예 16 중 하나의 플라즈마 처리 장치에 있어서, RF 소스 전력 결합 요소는 헬리컬 공진기이다.
- [0093] 예 18. 예 15 내지 예 17 중 하나의 플라즈마 처리 장치에 있어서, RF 소스 전력 결합 요소는 처리 챔버 위에 배치된 유도 코일이다.
- [0094] 예 19. 예 15 내지 예 18 중 하나의 플라즈마 처리 장치에 있어서, 기판 홀더는 제2 펄스화된 DC 바이어스 전위를 공급하도록 구성된 제2 DC 전력 공급 노드에 결합된다.
- [0095] 예 20. 예 15 내지 예 19 중 하나의 플라즈마 처리 장치에 있어서, 전자 소스 전극에 결합된 AC 전력 공급 노드를 더 포함하고, 전자 소스 전극은, 또한, AC 전력을 플라즈마에 결합하도록 구성된다.
- [0096] 본 발명을 예시적인 실시예를 참조하여 설명하였지만, 이 설명은 제한적인 의미로 해석되도록 의도된 것이 아니다. 당업자에게는, 발명의 설명을 참조할 때 본 발명의 다른 실시예 뿐만 아니라 예시적인 실시예의 다양한 수정과 조합이 명백할 것이다. 따라서, 첨부된 청구범위는 이러한 수정예 또는 실시예를 포함하도록 의도된 것이다.

도면

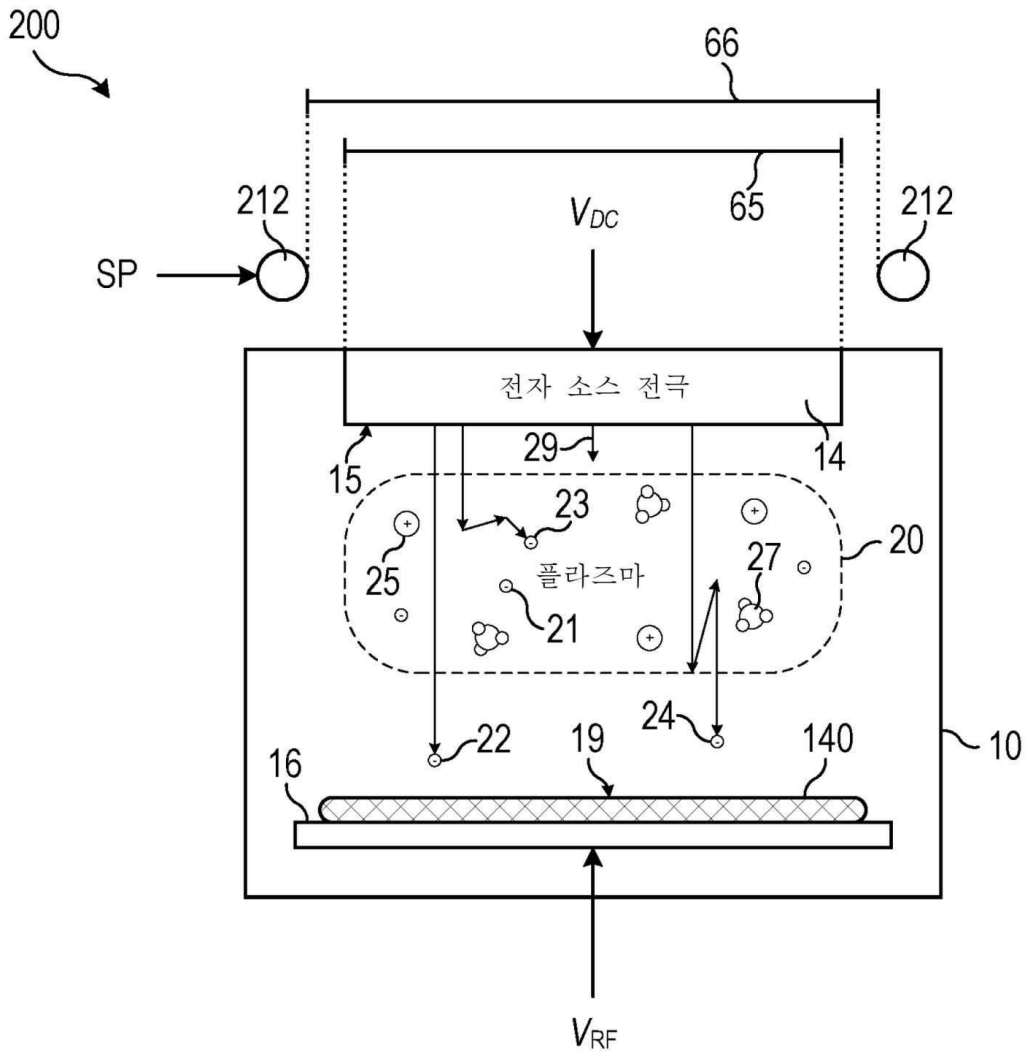
도면1

100

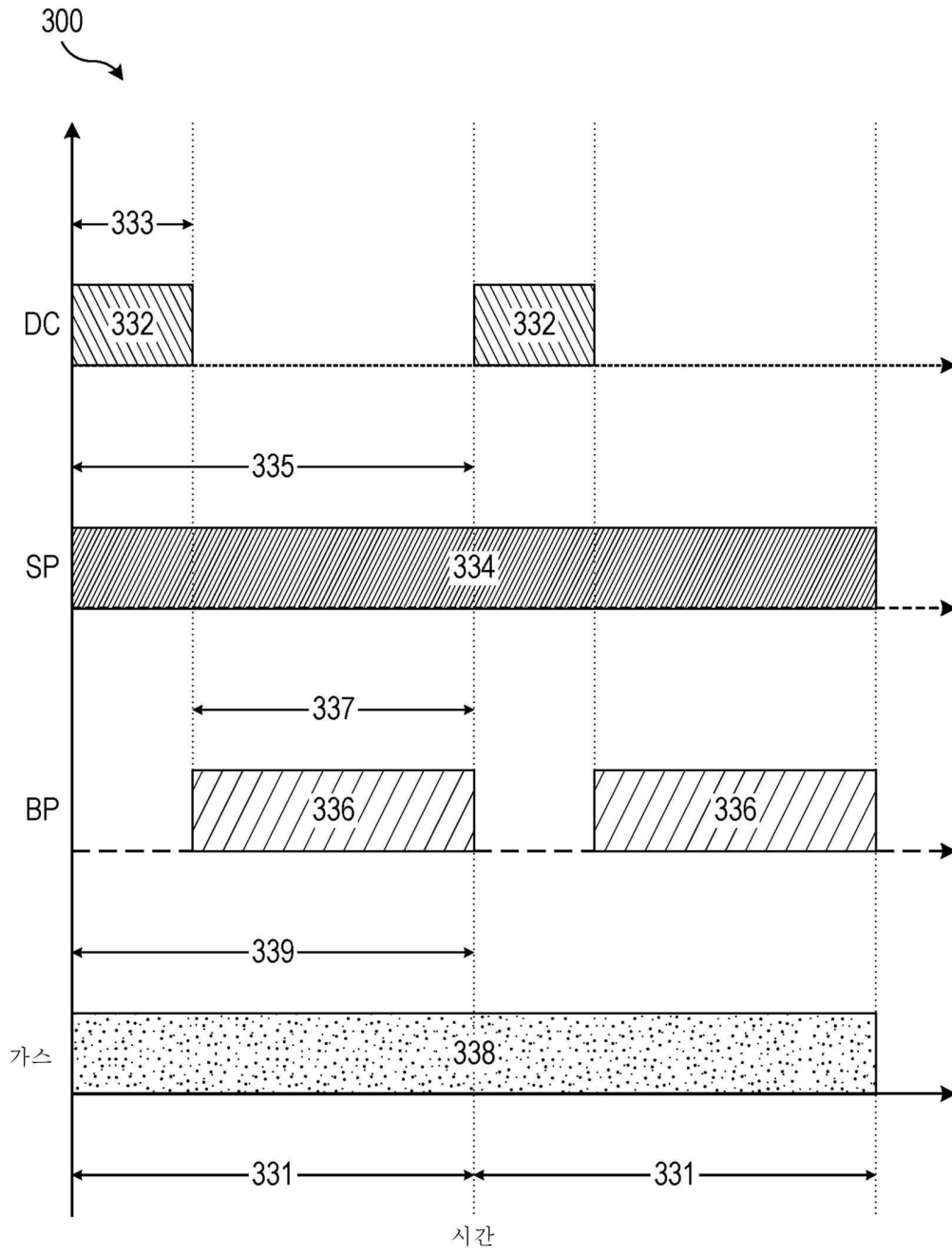




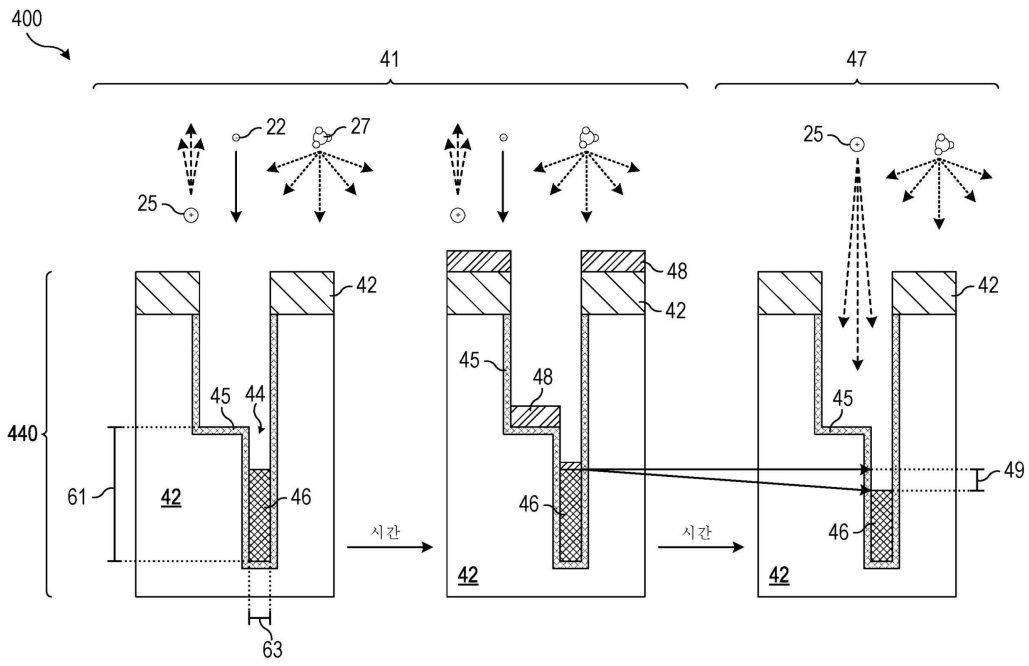
도면2



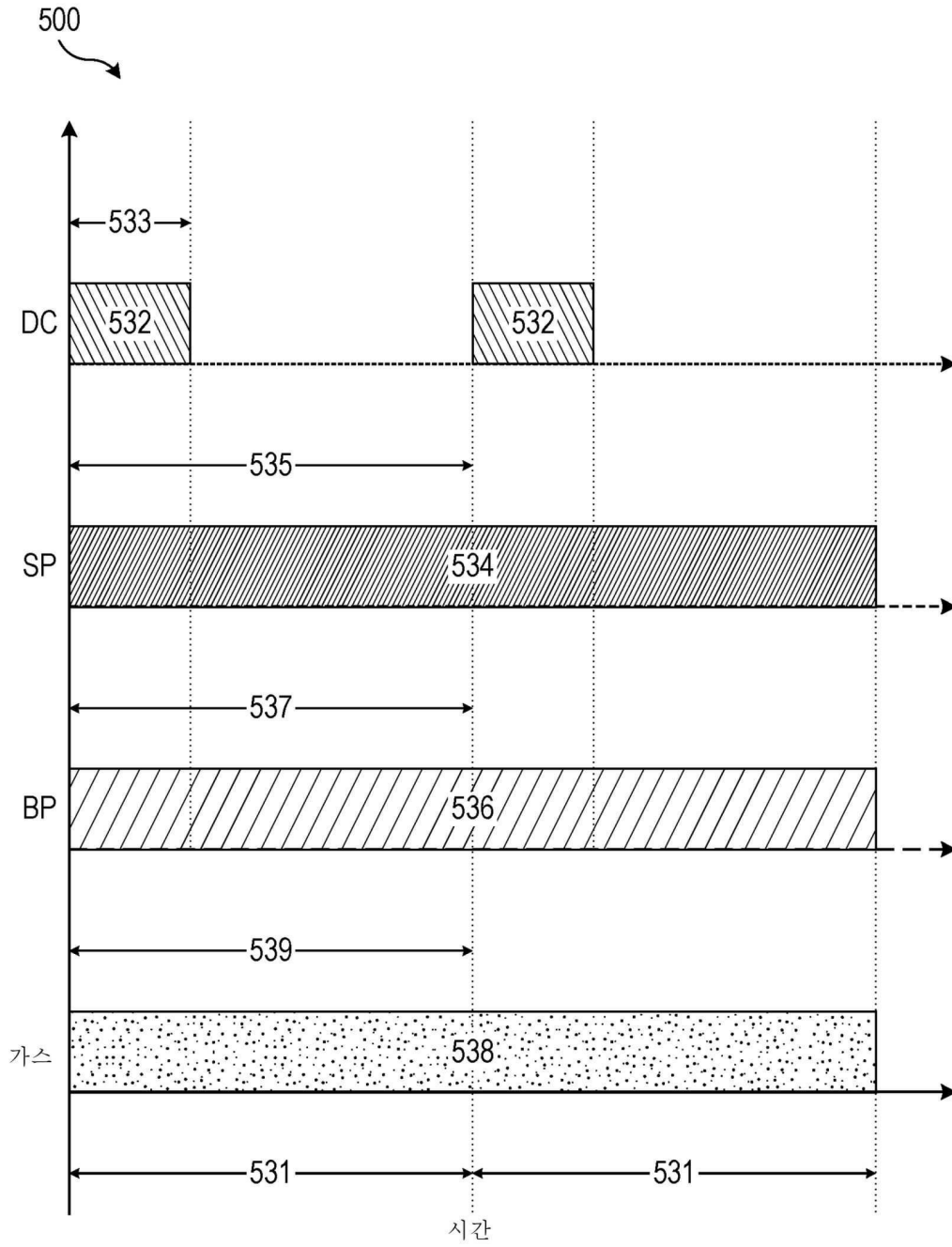
도면3



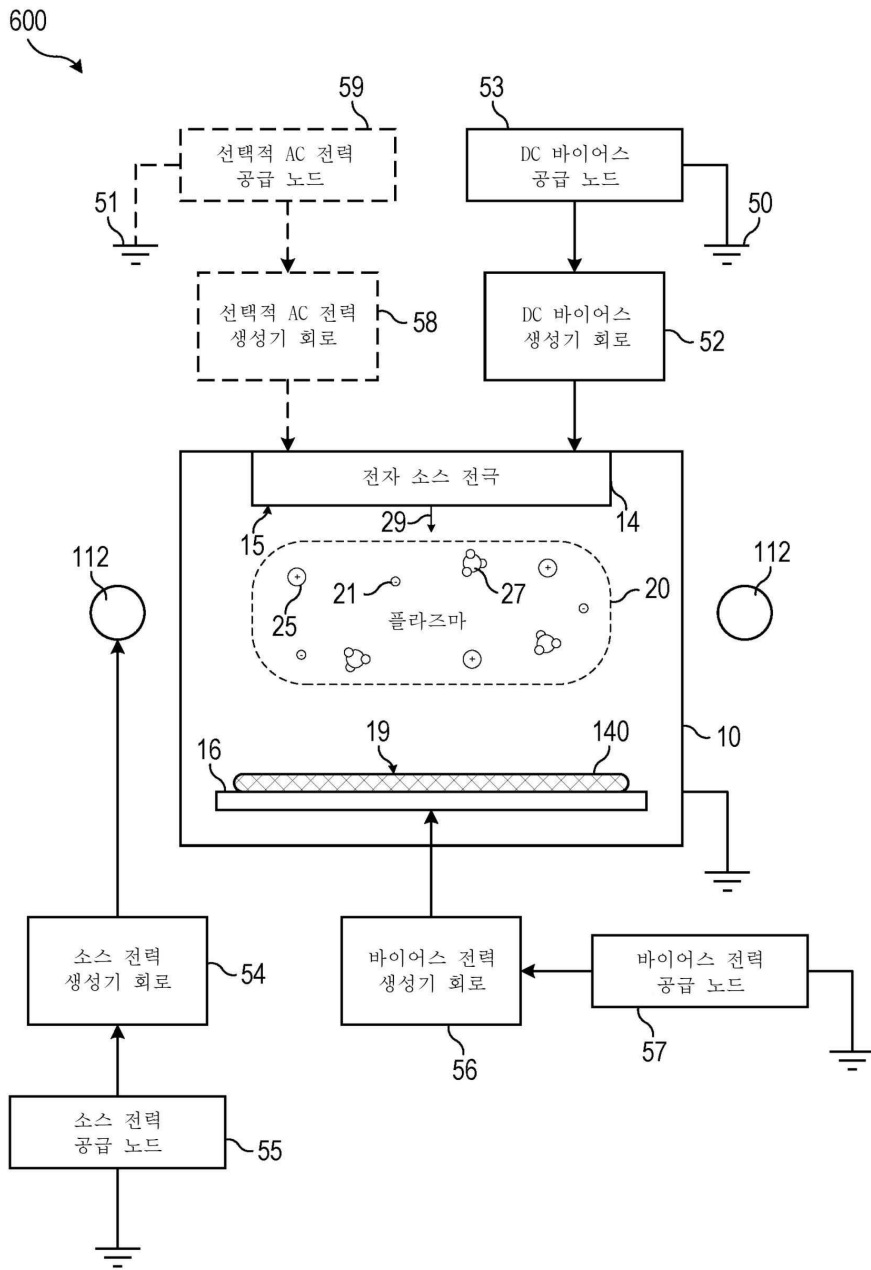
도면4



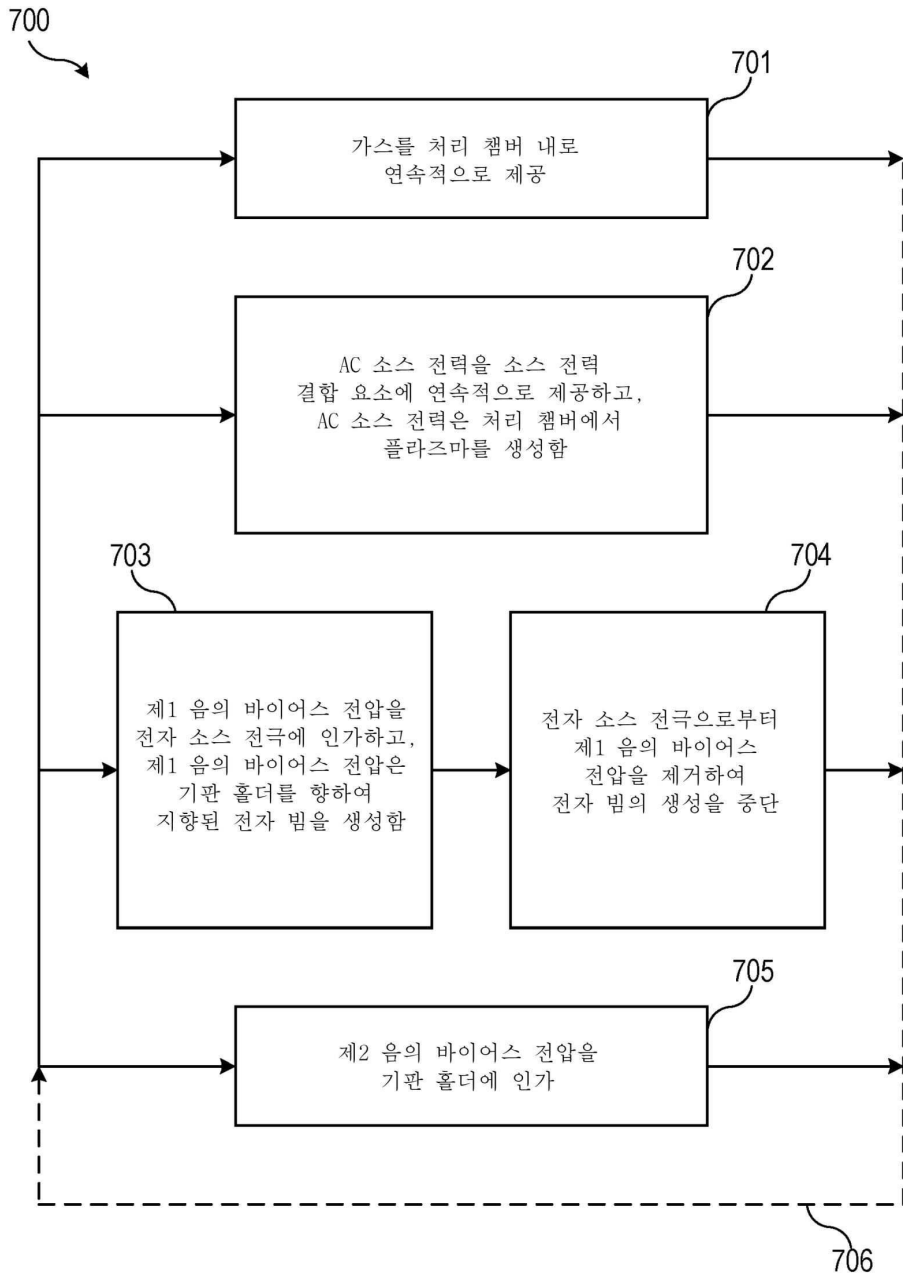
도면5



도면6



도면7



도면8

800

