



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2012-0022251
(43) 공개일자 2012년03월12일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)

H01L 21/3065 (2006.01)

(21) 출원번호 10-2010-0085645

(22) 출원일자 2010년09월01일

심사청구일자 없음

(71) 출원인

삼성전자주식회사

경기도 수원시 영통구 삼성로 129 (매탄동)

(72) 발명자

토카시키 켄

경기도 성남시 분당구 느티로 22, 백궁동양파라곤 오피스텔 A동 1520호 (정자동)

(74) 대리인

권혁수, 송윤호, 오세준

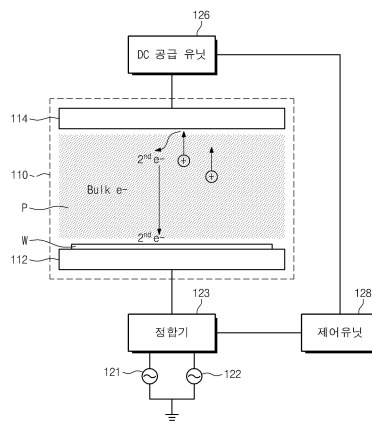
전체 청구항 수 : 총 25 항

(54) 발명의 명칭 플라즈마 식각방법 및 그의 장치

(57) 요약

플라즈마 식각방법이 제공된다. 상기 식각방법은 플라즈마 챔버 내에 제 2 고주파 전력에 의한 플라즈마를 발생시키고 상기 제 2 전극에 대항하는 제 1 전극에 상기 제 2 고주파 전력보다 낮은 주파수를 갖고 펄스 변조된 제 1 고주파 전력을 인가하여 상기 플라즈마 내의 양이온을 사용하여 상기 식각막을 식각하고, 상기 제 1 고주파 전력의 턴 오프에 의하여 상기 기판의 식각이 중지된 동안 상기 플라즈마 내의 전자가 상기 기판으로 향하도록 하여 상기 기판의 식각 동안 상기 식각막에 축적된 양이온을 중화한다.

대표도 - 도1



특허청구의 범위

청구항 1

그 내부에 플라즈마를 유지할 수 있는 챔버;

상기 챔버 내에 제공된 제 1 전극;

상기 챔버 내에, 상기 제 1 전극과 대향하도록 제공된 제 2 전극;

상기 제 1 전극에 제 1 주파수를 갖는 제 1 고주파 전력을 인가하도록 구성된 제 1 공급 유닛;

상기 제 1 전극 또는 상기 제 2 전극에 직류 전력을 인가하여, 상기 플라즈마 내의 전자가 상기 제 1 전극으로 입사되도록 구성된 제 2 공급 유닛; 및

상기 제 1 고주파 전력의 턴 온 또는 오프를 제어하여 상기 제 1 고주파 전력이 펄스 변조되도록 하고, 상기 제 2 공급 유닛의 상기 직류 전력이 상기 제 1 고주파 전력의 턴 온 또는 턴 오프에 동기하여 변동되도록 하는 제어 유닛을 포함하는 플라즈마 식각장치.

청구항 2

청구항 1에 있어서,

상기 제 1 전극은 그의 상에 기관을 로딩하도록 구성되고,

상기 제 2 공급 유닛은 상기 제 2 전극에 음의 직류 전력을 인가하도록 구성된 플라즈마 식각장치.

청구항 3

청구항 2에 있어서,

상기 제 1 공급 유닛은, 상기 제 1 주파수보다 높은 제 2 주파수를 갖는 제 2 고주파 전력을 추가적으로 상기 챔버 내로 제공하여 상기 플라즈마를 발생시키고,

상기 제어 유닛은, 상기 제 2 고주파 전력의 턴 온 또는 오프를 제어하여 상기 제 2 고주파 전력이 펄스 변조되도록 하는 플라즈마 식각장치.

청구항 4

청구항 3에 있어서,

상기 제 1 공급 유닛은, 상기 제 1 전극 또는 제 2 전극에 상기 제 2 고주파 전력을 인가하는 플라즈마 식각장치.

청구항 5

청구항 3에 있어서,

상기 챔버의 외벽의 둘레에 제공된 유도성 권선을 더 포함하고,

상기 제 1 공급 유닛은, 상기 유도형 커플링 권선에 상기 제 2 고주파 전력을 인가하는 플라즈마 식각장치.

청구항 6

청구항 3에 있어서,

상기 제어 유닛은, 상기 제 1 고주파 전력의 턴 오프 된 후 제 1 시간 동안 상기 제 2 고주파 전력이 턴 온 상태로 되도록 하는 플라즈마 식각장치.

청구항 7

청구항 3에 있어서,

상기 제어 유닛은, 상기 제 1 고주파 전력의 턴 오프에 동기하여 상기 음의 직류전력을 제 1 전압으로부터 상기 제 1 전압보다 높은 제 2 전압으로 증가시키는 플라즈마 식각장치.

청구항 8

청구항 3에 있어서,

상기 제어 유닛은, 상기 제 1 고주파 전력의 턴 온에 동기하여 상기 음의 직류전력을 상기 제 2 전압으로부터 상기 제 2 전압 보다 낮은 제 1 전압으로 감소시키는 플라즈마 식각장치.

청구항 9

청구항 7에 있어서,

상기 제어 유닛은, 상기 제 1 고주파 전력의 턴 오프 동안 상기 음의 직류전력이 상기 제 2 전압으로 유지되도록 하는 플라즈마 식각장치.

청구항 10

청구항 3에 있어서,

상기 제어 유닛은, 상기 제 1 고주파 전력의 턴 오프에 동기하여 상기 음의 직류전력을 제 1 전압으로부터 상기 제 1 전압보다 높은 제 2 전압으로 증가시키고, 상기 제 1 고주파 전력의 턴 오프 동안 상기 음의 직류전력이 상기 제 2 전압으로부터 상기 제 1 전압으로 점진적으로 감소하도록 하는 플라즈마 식각장치.

청구항 11

청구항 3에 있어서,

상기 제어 유닛은, 상기 제 1 고주파 전력의 턴 오프 동안, 상기 음의 직류전력이 복수개의 펄스들(pulse envelope)로 제공되도록 하는 플라즈마 식각장치.

청구항 12

청구항 11에 있어서,

상기 제어 유닛은, 상기 제 1 고주파 전력의 턴 오프 동안, 상기 펄스들의 세기가 점진적으로 감소 되도록 하는 플라즈마 식각장치.

청구항 13

청구항 3에 있어서,

상기 제어 유닛은, 상기 제 1 고주파 전력의 턴 오프 보다 제 1 시간 후에 상기 음의 직류전력을 제 1 전압으로부터 상기 제 1 전압보다 높은 제 2 전압으로 증가시키는 플라즈마 식각장치.

청구항 14

청구항 3에 있어서,

상기 제어 유닛은, 상기 제 1 고주파 전력의 턴 온 보다 제 2 시간 전에 상기 음의 직류전력을 상기 제 2 전압으로부터 상기 제 2 전압보다 낮은 제 1 전압으로 감소시키는 플라즈마 식각장치.

청구항 15

제 1 전극과, 상기 제 1 전극과 대향하는 제 2 전극을 포함하는 챔버를 준비하고;

상기 챔버 내의 상기 제 1 전극 상으로 식각막을 갖는 기판을 제공하고;

상기 챔버 내에 제 2 고주파 전력에 의한 플라즈마를 발생시키고 상기 제 1 전극에 상기 제 2 고주파 전력보다 낮은 주파수를 갖고 펄스 변조된 제 1 고주파 전력을 인가하여, 상기 식각막을 식각하고; 그리고

상기 제 1 고주파 전력의 턴 오프에 의하여 상기 기판의 식각이 중지된 동안, 상기 플라즈마 내의 전자가 상기

기관으로 입사되도록 하여 상기 기관의 식각 동안 상기 식각막에 축적된 양이온을 중화하는 것을 포함하는 플라즈마 식각방법.

청구항 16

청구항 15에 있어서,
상기 식각막은 절연막인 플라즈마 식각방법.

청구항 17

청구항 15에 있어서,
상기 식각막에 축적된 양이온을 중화하는 것은, 상기 식각막의 식각 동안 보다 상기 식각막의 식각이 중지된 동안, 상기 제 2 전극에 음의 직류 전력을 더 증가시킴에 따라 상기 제 2 전극에서 발생된 2차 전자를 상기 기관으로 입사되도록 하는 플라즈마 식각방법.

청구항 18

청구항 17에 있어서,
상기 제 1 고주파 전력의 턴 오프에 동기하여, 상기 제 2 고주파 전력을 턴 오프하는 플라즈마 식각방법.

청구항 19

청구항 17에 있어서,
상기 제 1 고주파 전력의 턴 오프 동안, 상기 음의 직류전력이 일정하게 유지되도록 하는 플라즈마 식각방법.

청구항 20

청구항 17에 있어서,
상기 제 1 고주파 전력의 턴 오프 동안, 상기 음의 직류전력이 제 2 전압으로부터 제 1 전압으로 점진적으로 감소하도록 하는 플라즈마 식각방법.

청구항 21

청구항 17에 있어서,
상기 제 1 고주파 전력의 턴 오프 동안, 상기 음의 직류전력이 복수개의 펄스들로 인가되는 플라즈마 식각방법.

청구항 22

청구항 17에 있어서,
상기 제 1 고주파 전력의 턴 오프 동안, 상기 펄스들의 세기가 점진적으로 감소하도록 하는 플라즈마 식각방법.

청구항 23

청구항 17에 있어서,
상기 제 1 고주파 전력의 턴 오프 동안, 상기 펄스들의 세기가 점진적으로 증가하도록 하는 플라즈마 식각방법.

청구항 24

청구항 17에 있어서,
상기 음의 직류전력은, 상기 제 1 고주파 전력의 턴 오프 보다 제 1 시간 후에, 제 1 전압으로부터 상기 제 1 전압보다 높은 제 2 전압으로 증가되는 플라즈마 식각방법.

청구항 25

청구항 17에 있어서,

상기 음의 직류전력은, 상기 제 1 고주파 전력의 턴 온 보다 제 2 시간 전에, 상기 제 2 전압으로부터 상기 제 2 전압보다 낮은 제 1 전압으로 감소되는 플라즈마 식각방법.

명세서

기술분야

[0001] 본 발명은 기판을 플라즈마 식각하는 방법 및 그의 장치에 관한 것이다.

배경기술

[0002] 플라즈마 식각 공정은 기판 상에 홀, 콘택 또는 라인 등의 회로 패턴을 형성하기 위하여 사용된다. 플라즈마 식각 공정은 챔버 내에서 생성된 플라즈마의 이온들을 상기 기판의 표면에 충돌시키는 것에 의하여, 상기 기판의 표면의 물질을 제거한다. 상기 플라즈마는, 반응 가스의 이온화를 위한 에너지로, 고주파(예를 들면, RF) 전력을 사용할 수 있다. 이러한 플라즈마는 용량 결합형 플라즈마(CCP) 또는 유도 결합형 플라즈마(ICP)를 포함할 수 있다. 상기 용량 결합형 플라즈마는 캐소드 및 애노드를 사용하고 그들 사이에 고주파 전력을 인가하여 발생된다. 상기 유도 결합형 플라즈마는 챔버에 인접하여 제공된 안테나에 의하여 고주파 전력이 상기 챔버 내로 커플링되어 발생된다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0003] 본 발명이 해결하고자 하는 과제는 중형비가 큰 회로 패턴을 용이하게 형성할 수 있는 플라즈마 처리방법 및 그의 장치를 제공하기 위한 것이다.

과제의 해결 수단

[0004] 상기 과제를 달성하기 위한 본 발명에 따른 플라즈마 식각장치는, 그 내부에 플라즈마를 유지할 수 있는 챔버; 상기 챔버 내에 제공된 제 1 전극; 상기 챔버 내에, 상기 제 1 전극과 대향하도록 제공된 제 2 전극; 상기 제 1 전극에 제 1 주파수를 갖는 제 1 고주파 전력을 인가하도록 구성된 제 1 공급 유닛; 상기 제 1 전극 또는 상기 제 2 전극에 직류 전력을 인가하여, 상기 플라즈마 내의 전자가 상기 제 1 전극으로 입사되도록 구성된 제 2 공급 유닛; 및 상기 제 1 고주파 전력의 턴 온 또는 오프를 제어하여 상기 제 1 고주파 전력이 펄스 변조되도록 하고, 상기 제 2 공급 유닛의 상기 직류 전력이 상기 제 1 고주파 전력의 턴 온 또는 턴 오프에 동기하여 변동되도록 하는 제어 유닛을 포함할 수 있다.

[0005] 상기 제 1 전극은 그의 상에 기판을 로딩하도록 구성되고, 상기 제 2 공급 유닛은 상기 제 2 전극에 음의 직류 전력을 인가하도록 구성될 수 있다.

[0006] 상기 제 1 공급 유닛은, 상기 제 1 주파수보다 높은 제 2 주파수를 갖는 제 2 고주파 전력을 추가적으로 상기 챔버 내로 제공하여 상기 플라즈마를 발생시키고, 상기 제어 유닛은, 상기 제 2 고주파 전력의 턴 온 또는 오프를 제어하여 상기 제 2 고주파 전력이 펄스 변조되도록 할 수 있다.

[0007] 상기 제 1 공급 유닛은, 상기 제 1 전극 또는 제 2 전극에 상기 제 2 고주파 전력을 인가할 수 있다.

[0008] 상기 플라즈마 식각장치는 상기 챔버의 외벽의 둘레에 제공된 유도성 권선을 더 포함하고, 상기 제 1 공급 유닛은, 상기 유도형 커플링 권선에 상기 제 2 고주파 전력을 인가할 수 있다.

[0009] 상기 제어 유닛은, 상기 제 1 고주파 전력의 턴 오프 된 후 제 1 시간 동안 상기 제 2 고주파 전력이 턴 온 상태로 되도록 할 수 있다.

[0010] 상기 제어 유닛은, 상기 제 1 고주파 전력의 턴 오프에 동기하여 상기 음의 직류전력을 제 1 전압으로부터 상기 제 1 전압보다 높은 제 2 전압으로 증가시킬 수 있다. 상기 제어 유닛은, 상기 제 1 고주파 전력의 턴 온에 동기하여 상기 음의 직류전력을 상기 제 2 전압으로부터 상기 제 2 전압보다 낮은 제 1 전압으로 감소시킬 수 있다.

[0011] 상기 제어 유닛은, 상기 제 1 고주파 전력의 턴 오프 동안 상기 음의 직류전력이 상기 제 2 전압으로 유지되도록 할 수 있다.

[0012] 상기 제어 유닛은, 상기 제 1 고주파 전력의 턴 오프에 동기하여 상기 음의 직류전력을 제 1 전압으로부터 상기

제 1 전압보다 높은 제 2 전압으로 증가시키고, 상기 제 1 고주파 전력의 턴 오프 동안 상기 음의 직류전력이 상기 제 2 전압으로부터 상기 제 1 전압으로 점진적으로 감소하도록 할 수 있다.

- [0013] 상기 제어 유닛은, 상기 제 1 고주파 전력의 턴 오프 동안, 상기 음의 직류전력이 복수개의 펄스들(pulse envelope)로 제공되도록 할 수 있다.
- [0014] 상기 제어 유닛은, 상기 제 1 고주파 전력의 턴 오프 동안, 상기 펄스들의 세기가 점진적으로 감소 되도록 할 수 있다.
- [0015] 상기 제어 유닛은, 상기 제 1 고주파 전력의 턴 오프 보다 제 1 시간 후에 상기 음의 직류전력을 제 1 전압으로부터 제 2 전압으로 증가시킬 수 있다.
- [0016] 상기 제어 유닛은, 상기 제 1 고주파 전력의 턴 온 보다 제 2 시간 전에 상기 음의 직류전력을 상기 제 2 전압으로부터 상기 제 1 전압으로 감소시킬 수 있다.
- [0017] 본 발명은 플라즈마 식각방법을 제공할 수 있다. 상기 방법은 제 1 전극과, 상기 제 1 전극과 대향하는 제 2 전극을 포함하는 챔버를 준비하고; 상기 챔버 내의 상기 제 1 전극 상으로 식각막을 갖는 기판을 제공하고; 상기 챔버 내에 제 2 고주파 전력에 의한 플라즈마를 발생시키고 상기 제 1 전극에 상기 제 2 고주파 전력보다 낮은 주파수를 갖고 펄스 변조된 제 1 고주파 전력을 인가하여, 상기 식각막을 식각하고; 그리고 상기 제 1 고주파 전력의 턴 오프에 의하여 상기 기판의 식각이 중지된 동안, 상기 플라즈마 내의 전자가 상기 기판으로 입사되도록 하여 상기 기판의 식각 동안 상기 식각막에 축적된 양이온을 중화하는 것을 포함할 수 있다.
- [0018] 상기 식각막은 절연막일 수 있다.
- [0019] 상기 식각막에 축적된 양이온을 중화하는 것은, 상기 식각막의 식각 동안 보다 상기 식각막의 식각이 중지된 동안, 상기 제 2 전극에 음의 직류 전력을 더 증가시킴에 따라 상기 제 2 전극에서 발생된 2차 전자를 상기 기판으로 입사되도록 것을 포함할 수 있다.
- [0020] 상기 제 1 고주파 전력의 턴 오프에 동기하여, 상기 제 2 고주파 전력을 턴 오프할 수 있다.
- [0021] 상기 제 1 고주파 전력의 턴 오프 동안, 상기 음의 직류전력이 일정하게 유지되도록 할 수 있다.
- [0022] 상기 제 1 고주파 전력의 턴 오프 동안, 상기 음의 직류전력이 제 2 전압으로부터 제 1 전압으로 점진적으로 감소하도록 할 수 있다.
- [0023] 상기 제 1 고주파 전력의 턴 오프 동안, 상기 음의 직류전력이 복수개의 펄스들로 인가되도록 할 수 있다.
- [0024] 상기 제 1 고주파 전력의 턴 오프 동안, 상기 펄스들의 세기가 점진적으로 감소하도록 할 수 있다.
- [0025] 상기 음의 직류전력은, 상기 제 1 고주파 전력의 턴 오프 보다 제 1 시간 후에, 제 1 전압으로부터 상기 제 1 전압보다 높은 제 2 전압으로 증가될 수 있다.
- [0026] 상기 음의 직류전력은, 상기 제 1 고주파 전력의 턴 온 보다 제 2 시간 전에, 상기 제 2 전압으로부터 상기 제 2 전압보다 낮은 제 1 전압으로 감소될 수 있다.

발명의 효과

- [0027] 본 발명의 개념에 따른 식각방법에 의하여, 기판 상의 식각막에 중형비가 매우 큰 회로 패턴의 형성이 가능할 수 있다.

도면의 간단한 설명

- [0028] 도 1은 본 발명의 개념에 따른 플라즈마 식각장치의 일 예를 나타낸다.
- 도 2는 본 발명의 개념에 따른 플라즈마 식각방법의 일 실시예를 도시한다.
- 도 3은 도 2를 참조하여 설명된 플라즈마 식각방법에 의하여 생성된 물리량들의 변화를 도시한다.
- 도 4는 도 2를 참조하여 설명된 플라즈마 식각방법에 의하여 생성된 이차 전자 플럭스 및 상기 플라즈마 내의 전위를 도시한다.
- 도 5는 도 2를 참조하여 설명된 플라즈마 식각방법에 의한 식각 모델을 도시한다.

도 6은 본 발명의 개념에 따른 플라즈마 식각방법의 다른 실시예를 도시한다.

도 7은 본 발명의 개념에 따른 플라즈마 식각방법의 또 다른 실시예를 도시한다.

도 8은 본 발명의 개념에 따른 플라즈마 식각장치의 다른 예를 나타낸다.

도 9는 본 발명의 개념에 따른 플라즈마 식각장치의 또 다른 예를 나타낸다.

도 10은 본 발명의 개념에 따른 플라즈마 식각장치의 또 다른 예를 나타낸다.

도 11은 본 발명의 개념에 따른 플라즈마 식각방법을 설명하는 플로우 차트이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0029] 이상의 본 발명의 목적들, 다른 목적들, 특징들 및 이점들은 첨부된 도면과 관련된 이하의 바람직한 실시예들을 통해서 쉽게 이해될 것이다. 그러나, 본 발명은 여기서 설명되어지는 실시예들에 한정되지 않고 다른 형태로 구체화될 수도 있다. 오히려, 여기서 소개되는 실시예는 개시된 내용이 철저하고 완전해질 수 있도록 그리고 당업자에게 본 발명의 사상이 충분히 전달될 수 있도록 하기 위해 제공되는 것이다.
- [0030] 본 명세서의 다양한 실시예들에서 제 1, 제 2, 제 3 등의 용어가 다양한 부분들을 기술하기 위해서 사용되었지만, 이들 부분들이 이 같은 용어들에 의해서 한정되어서는 안 된다. 이들 용어들은 단지 어느 부분을 다른 부분과 구별시키기 위해서 사용되었을 뿐이다. 여기에 설명되고 예시되는 각 실시예는 그것의 상보적인 실시예도 포함한다. 본 명세서에서 '및/또는' 이란 표현은 전후에 나열된 구성요소들 중 적어도 하나를 포함하는 의미로 사용된다. 명세서 전체에 걸쳐서 동일한 참조번호로 표시된 부분들은 동일한 구성요소들을 나타낸다.
- [0031] 이하, 도면들을 참조하여, 본 발명의 실시예들에 대해 상세히 설명하기로 한다.
- [0032] 도 1은 본 발명의 개념에 따른 플라즈마 식각장치의 일 예를 나타낸다. 도 1을 참조하면, 본 발명의 일 예에 따른 플라즈마 식각장치(101)는 챔버(110), 제 1 전극(112), 제 2 전극(114), 고주파 공급 유닛, 직류 공급 유닛(126), 및 제어 유닛(128)을 포함할 수 있다. 상기 챔버(110)는 그 내부에 플라즈마(P)를 유지할 수 있도록 구성된다.
- [0033] 상기 제 1 전극(112) 및 상기 제 2 전극(114)은, 상기 챔버(110) 내에서 서로 대향하도록 제공될 수 있다. 상기 제 1 전극(112) 및 제 2 전극(114)은, Si 또는 SiC 등의 Si 함유 도전체일 수 있다. 상기 제 1 전극(112) 상에 기판(W)이 제공될 수 있다. 상기 기판(W)은 반도체 기판 또는 투명 기판일 수 있다.
- [0034] 상기 고주파 공급 유닛은, 제 1 고주파 공급 유닛(121), 제 2 고주파 공급 유닛(122), 및 정합기(123)를 포함할 수 있다. 상기 제 1 고주파 공급 유닛(121)은 제 1 주파수를 갖는 제 1 고주파 신호를 발생한다. 상기 제 1 고주파 공급 유닛(121)은 상기 정합기(123)를 통하여, 상기 제 1 전극(112)에 상기 제 1 주파수를 갖는 제 1 고주파 전력을 인가할 수 있다. 상기 제 2 고주파 공급 유닛(122)은 상기 제 1 주파수 보다 높은 제 2 주파수를 갖는 제 2 고주파 신호를 발생한다. 상기 제 2 고주파 공급 유닛(122)은 상기 정합기(123)를 통하여, 상기 제 1 전극(112)에 상기 제 2 주파수를 갖는 제 2 고주파 전력을 인가할 수 있다. 상기 제 2 고주파 전력은 상기 챔버(110) 내에 상기 플라즈마(P)를 발생시킬 수 있다. 상기 플라즈마(P)의 발생을 위한 공정가스가 가스 주입구(미도시)를 통하여 상기 챔버(110) 내부로 공급될 수 있다. 상기 플라즈마에 의한 반응가스는 펌퍼(미도시)를 통하여 상기 챔버(110)의 외부로 배출될 수 있다. 상기 제 2 고주파 전력에 의하여 발생된 플라즈마 내의 이온들은, 상기 제 1 고주파 전력에 의하여 상기 제 1 전극으로 입사될 수 있다. 이에 따라, 상기 기판(W) 상의 식각막이 제거되어, 식각 공정이 수행될 수 있다.
- [0035] 상기 직류 공급 유닛(126)은, 상기 제 2 전극(114)에 음의 직류 전력을 인가하도록 구성될 수 있다. 상기 음의 직류 전력은 상기 플라즈마(P) 내의 전자(특히, 2차 전자)가 상기 제 1 전극(112)으로 입사되도록 할 수 있다.
- [0036] 상기 제어 유닛(128)은, 소정의 주파수와 소정의 듀티비를 가지는 펄스 신호 및 상기 펄스 신호의 위상에 대한 정보를 포함하는 제어 신호를 출력한다. 상기 정합기(123)는, 상기 제 1 및 제 2 고주파 공급 유닛들(121, 122)로부터 출력된 상기 고주파 신호들과 상기 제어 유닛(128)으로부터 출력된 상기 펄스 신호를 혼합하여 펄스 변조된 제 1 및 제 2 고주파 전력들을 출력한다. 즉, 상기 제어 유닛(128)은 상기 고주파 전력들의 턴 온 또는 턴 오프를 제어하여, 상기 고주파 전력들이 펄스 변조되도록 할 수 있다.
- [0037] 상기 제어 유닛(128)은, 상기 음의 직류 전력이 상기 고주파 전력들의 턴 온 및/또는 턴 오프에 동기하여 조절되도록 할 수 있다. 예를 들어, 상기 제어 유닛(128)은, 상기 음의 직류 전력이 상기 제 1 고주파 전력의 턴 온

동안보다 턴 오프 동안 더 크게 되도록 제어할 수 있다. 상기 제어 유닛(128)은 상기 정합기(123)와 일체로 구성될 수 있다.

- [0038] 본 발명의 개념에 따른 플라즈마 식각장치를 사용한 플라즈마 식각방법의 일 실시예가 설명된다. 도 2는 본 발명의 개념에 따른 플라즈마 식각방법의 일 실시예를 도시한다.
- [0039] 도 2를 참조하여, 상기 제 1 주파수는 15MHz 이하이고, 상기 제 2 주파수는 15MHz 이상일 수 있다. 상기 펄스 신호의 주파수와 듀티비는 각각 대략 10kHz, 70%일 수 있다. 상기 제 1 및 제 2 고주파 전력들은 대략 10kHz로, 펄스 변조(pulse modulated)될 수 있다. 상기 펄스 변조된 고주파 전력들은 약 70%의 듀티비를 가질 수 있다. 상기 제 1 및 제 2 고주파 전력들의 펄스 변조(pulse modulation)는 서로 동기될 수 있다. 상기 제 1 고주파 전력 및 상기 제 2 고주파 전력은 동시에 턴 온 및/또는 턴 오프 될 수 있다. 상기 턴 온 동안(구간 1, 3), 상기 제 1 고주파 전력 및 상기 제 2 고주파 전력은, 예를 들어, 각각 2000W, 8000W일 수 있다.
- [0040] 상기 고주파 전력들의 턴 온 및 턴 오프에 동기하여, 상기 음의 직류 전력은 조절될 수 있다. 상기 고주파 전력들의 턴 온 및 턴 오프와 동시에, 상기 음의 직류 전력의 세기가 조절될 수 있다. 상기 음의 직류 전력은 상기 고주파 전력들의 턴 온 동안보다 턴 오프 동안(구간 2) 더 크게 되도록 조절될 수 있다. 예를 들면, 상기 음의 직류전력은, 상기 고주파 전력들의 턴 오프와 동시에 제 1 전압(V1)으로부터 제 2 전압(V2)으로 증가되고, 상기 고주파 전력들의 턴 온과 동시에 상기 제 2 전압(V2)으로부터 상기 제 1 전압(V1)으로 감소될 수 있다. 즉, 상기 고주파 전력들이 턴 온 된 동안(구간 1, 3), 상기 음의 직류 전력은 제 1 전압(V1)을 가질 수 있다. 상기 고주파 전력들이 턴 오프 된 동안(구간 2), 상기 음의 직류 전력은 상기 제 1 전압보다 큰 제 2 전압(V2)을 유지할 수 있다. 상기 제 1 전압(V1) 및 상기 제 2 전압(V2)은 각각 0 ~ 500V, 200V ~ 2000V일 수 있다. 보다 구체적으로, 상기 제 1 전압(V1)은 및 상기 제 2 전압(V2)은 각각, 예를 들면 200V ~ 300V 및 400V ~ 2000V일 수 있다.
- [0041] 도 3은 도 2를 참조하여 설명된 플라즈마 식각방법에 의하여 생성된 물리량들의 변화를 도시한다. 도 4는 상기 고주파 전력들의 턴 오프 동안(구간 2)의 물리를 설명한다. 도 4의 (a)는 도 2를 참조하여 설명된 플라즈마 식각방법에 의하여 생성된 2차 전자의 플럭스를 도시한다. 도 4의 (b)는 상기 플라즈마 내의 전위를 도시한다.
- [0042] 도 2 내지 도 4를 참조하여, 상기 고주파 전력들이 턴 오프된 이후, 양이온 밀도(N^+_{ion}), 전자 밀도(Ne), 전자 온도(Te) 및 플라즈마 전위(potential)은 감소하고, 음이온 밀도(\bar{N}_{ion})는 증가한다. 상기 음의 직류 전력, 상기 고주파 전력들이 턴 온 된 동안(구간 1) 보다 상기 고주파 전력들이 턴 오프 된 동안(구간 2)에, 더 크게 되도록 조절된다. 즉, 상기 음의 직류 전력은 상기 제 1 전압(V1)에서 상기 제 2 전압(V2)으로 증가된다. 상기 구간 2 동안, 상기 음의 직류 전력에 의하여, 상기 플라즈마(P) 내에 잔존하던 양이온(\oplus)이 상기 제 2 전극(114)으로 가속되어 충돌됨에 따라, 2차 전자($2^{nd} e^-$)가 생성된다. 상기 2차 전자는 상기 제 2 전압(V2) 만큼의 에너지를 가지고, 상기 플라즈마(P)를 통과하여, 상기 제 1 전극(112)으로 입사된다. 이와 함께 상기 플라즈마(P) 내에 잔존하던 전자(bulk e^-) 도 상기 제 1 전극(112)으로 입사될 수 있다. 다만, 상기 제 1 전극(112)로 입사되는 전자의 대부분은 상기 2차 전자이다.
- [0043] 도 5는 도 2를 참조하여 설명된 플라즈마 식각방법에 의한 식각 모델을 도시한다. 도 5를 참조하여, 마스크(15)를 사용하여, 기판(11) 상의 식각막(13)이 식각된다. 상기 기판(11)은 반도체 기판 또는 투명 기판일 수 있다. 상기 식각막(13)은 절연막일 수 있다. 상기 마스크(15)는 어떤 개구부를 가질 수 있다.
- [0044] 상기 구간 1의 동안 (도 5의 (a) 참조), 상기 제 2 고주파 전력에 의하여 생성된 플라즈마 내의 양이온(\oplus)이, 상기 제 1 고주파 전력에 의하여, 상기 식각막(13)을 식각하여 상기 홀의 일부를 형성한다. electron shading 효과에 의하여, 상기 홀 내로의 양이온(\oplus)의 입사량 보다 전자의 입사량이 적어질 수 있다. 이에 따라, 상기 홀의 바닥에는 양이온(\oplus)이 축적될 수 있다. 상기 홀의 깊이가 깊어질수록 상기 홀의 바닥에 도달할 수 있는 양이온의 입사량이 감소된다. 그 결과, 식각율은, 식각 깊이의 증가에 따라, 감소된다. 예를 들어 50:1 이상의 종횡비를 갖는 홀의 식각이 불가능할 수 있다.
- [0045] 상기 구간 2의 동안 (도 5의 (b) 참조), 상기 고주파 전력들이 턴 오프되어 플라즈마의 생성이 중지된다. 상기 고주파 전력들의 턴 오프에 동기하여 증가된 음의 직류 전력에 의하여, 상기 플라즈마(P) 내에 잔존하던 양이온(\oplus)이 상기 제 2 전극(114)으로 가속되어 충돌됨에 따라, 2차 전자가 생성된다. 상기 제 2 전극(114)에서 생

성된 2차 전자($2^{nd} e^-$)의 흐름은 상기 홀의 내부로 깊게 진입하여, 상기 홀의 바닥은 전자로 축적될 수 있다. 이에 따라 electron shading이 감소할 수 있다.

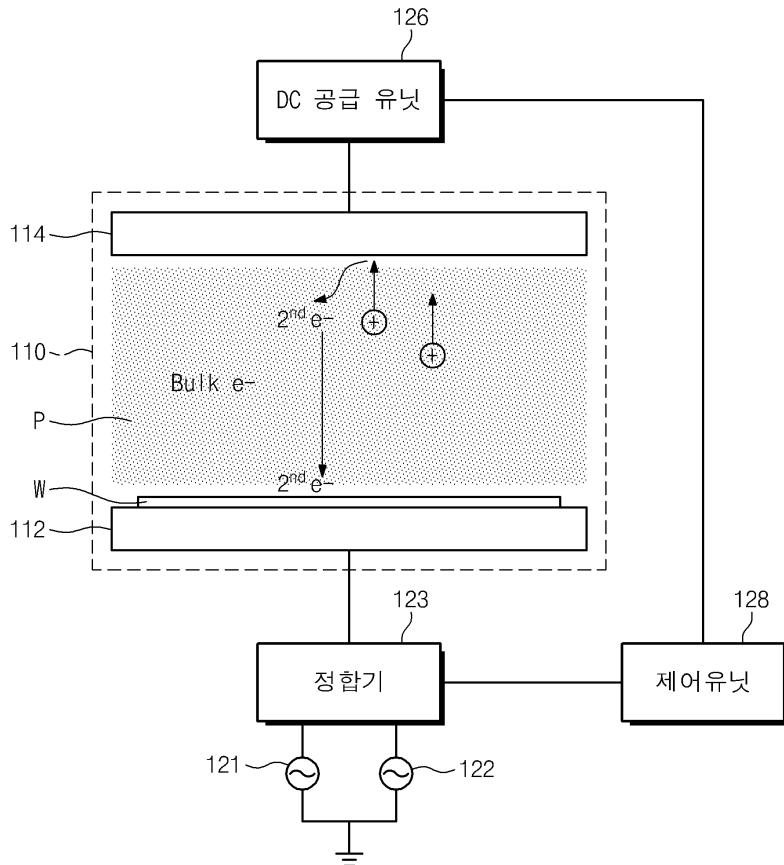
- [0046] 상기 구간 3의 동안 (도 5의 (c) 참조), 상기 고주파 전력들의 턴 온에 의하여 플라즈마가 생성되고 상기 플라즈마 내의 양이온은 상기 홀 내부로 입사한다. 상기 입사된 양이온(\oplus)은, 상기 구간 2의 동안 상기 홀의 바닥에 축적된 전자에 의하여, 상기 홀의 바닥으로 가속될 수 있다. 이때, 상기 축적된 전자에 의하여 electron shading이 감소할 수 있다.
- [0047] 이와 같은 구간들의 반복으로 도 5의 (d)에 도시된 것과 같이, 상기 식각막(13)에 종횡비가 매우 큰 홀이 형성될 수 있다. 상기 종횡비는, 예를 들어, 20:1 이상일 수 있다.
- [0048] 도 5를 참조하여, 종횡비가 매우 큰 홀의 형성과정을 예를 들어, 설명하였으나, 이에 한정되지 않고 비아, 홀, 그루브, 콘택 또는 라인 패턴을 포함하는 미세 회로 패턴의 형성과정에 적용될 수 있다.
- [0049] 본 발명의 개념에 따른 플라즈마 식각장치를 사용한 플라즈마 식각방법의 다른 실시예가 설명된다. 도 6은 본 발명의 개념에 따른 플라즈마 식각방법의 다른 실시예를 도시한다.
- [0050] 도 2 및 3을 참조하여 설명한 바와 같이 상기 제 1 고주파 전력이 턴 오프됨과 동시에 상기 제 2 고주파 전력이 턴 오프되면, 플라즈마 내의 전자 밀도가 급격하게 감소할 수 있다. 때문에, 상기 구간 2 동안 상기 제 2 전극(114)에 인가된 음의 직류 전력에 의하여 상기 제 1 전극(112)으로 입사되는 전자 중 상기 플라즈마 내에 잔존하던 전자(bulk e^-)의 양은 매우 적을 수 있다. 상기 제 1 전극(112)으로 입사되는 전자의 대부분은 상기 2차 전자일 수 있다.
- [0051] 도 6의 (a)를 참조하여, 상기 제 2 고주파 전력은 상기 제 1 고주파 전력이 턴 오프된 동안(구간 2)에도 제 1 시간(t_1) 동안 턴 온 상태로 되어, 플라즈마를 생성할 수 있다. 상기 제 1 고주파 전력이 턴 오프되어 식각 공정이 중지되더라도, 상기 제 2 고주파 전력이 상기 제 1 시간(t_1) 동안 유지되어 상기 플라즈마 내의 전자 밀도를 일정 수준으로 유지할 수 있다. 따라서, 상기 플라즈마 내에 잔존하는 전자(bulk e^-)가, 상기 구간 2 동안 상기 제 2 전극(114)에 인가된 음의 직류 전력에 의하여, 상기 제 1 전극(112)으로 보다 많이 입사될 수 있다.
- [0052] 도 6의 (b)를 참조하여, 상기 제 2 고주파 전력은 상기 제 1 고주파 전력이 턴 오프되기 제 2 시간(t_2) 전에 턴 오프로 될 수 있다.
- [0053] 도 6의 (c)를 참조하여, 상기 제 2 고주파 전력은, 상기 제 1 고주파 전력이 턴 오프되기 제 2 시간(t_2) 전에 턴 오프로 될 수 있다. 그 후, 상기 제 2 고주파 전력은, 상기 음의 직류 전력의 턴 오프와 동시에 턴 온 되고, 제 3 시간(t_3) 후 턴 오프될 수 있다. 상기 제 1 고주파 전력이 턴 오프되어 식각 공정이 중지되더라도, 상기 제 2 고주파 전력이 상기 제 3 시간(t_3) 동안 유지되어 상기 플라즈마 내의 전자 밀도를 일정 수준으로 유지할 수 있다. 따라서, 상기 플라즈마 내에 잔존하던 전자(bulk e^-)가, 상기 구간 2 동안 상기 제 2 전극(114)에 인가된 음의 직류 전력에 의하여, 상기 제 1 기판(112)으로 보다 많이 입사될 수 있다.
- [0054] 본 발명의 개념에 따른 플라즈마 식각장치를 사용한 플라즈마 식각방법의 또 다른 실시예가 설명된다. 도 7은 본 발명의 개념에 따른 플라즈마 식각방법의 또 다른 실시예를 도시한다. 도 7을 참조하여, 상기 음의 직류 전력은 도 2를 참조하여 설명된 것과는 달리 다양하게 변형될 수 있다.
- [0055] 상기 고주파 전력들의 턴 오프 동안 지속적으로 상기 제 2 전압(V_2)의 고전압이 인가되면 상기 음의 직류 전력은 공급하는 상기 정합기(123)에 손상을 줄 수 있다. 도 7의 (a) 내지 (c)를 참조하여, 상기 음의 직류 전력은 상기 고주파 전력들의 턴 오프 동안 복수개의 펄스들(pulse envelope)로 제공될 수 있다. 상기 정합기(123)의 손상이 감소될 수 있다. 특히, 도 7의 (c)의 경우, 상기 펄스들의 세기(intensity)가 점차 감소된다. 상기 고주파 전력들의 턴 오프 후 상기 전자 밀도가 감소하기 때문에 이에 대응되도록 하기 위한 것이다.
- [0056] 도 7의 (d)를 참조하여, 상기 음의 직류전력은, 상기 제 1 고주파 전력의 턴 오프와 동시에 상기 제 2 전압(V_2)으로 증가되고, 상기 제 1 고주파 전력의 턴 오프 동안 상기 제 2 전압(V_2)으로부터 상기 제 1 전압(V_1)으로 점진적으로 감소할 수 있다.
- [0057] 도 7의 (e)를 참조하여, 상기 음의 직류 전력은 상기 고주파 전력들이 턴 오프된 제 1 시간(t_1) 후 상기 제 2 전압(V_2)으로 증가될 수 있다. 상기 음의 직류 전력은, 상기 고주파 전력들이 턴 온 되기 제 2 시간(t_2) 전에 상기 제 1 전압(V_1)으로 감소될 수 있다. 도 7의 (a) 내지 (d)를 참조하여 설명된 상기 음의 직류 전력들도 이와 유사할 수 있다.

- [0058] 도 8은 본 발명의 개념에 따른 플라즈마 식각장치의 다른 예를 나타낸다. 도 1을 참조하여 설명된 것과 중복되는 기술적 특징에 대한 상세한 설명은 생략하고, 차이점에 대해 상세히 설명한다.
- [0059] 도 8을 참조하면, 본 발명의 다른 예에 따른 플라즈마 식각장치(102)의 고주파 공급 유닛은, 제 1 고주파 공급 유닛(121), 제 2 고주파 공급 유닛(122), 제 1 정합기(123), 및 제 2 정합기(124)를 포함할 수 있다. 상기 제 1 고주파 공급 유닛(121)은 상기 제 1 정합기(123)를 통하여, 상기 제 1 전극(112)에 제 1 주파수를 갖는 제 1 고주파 전력을 인가할 수 있다. 상기 제 2 고주파 공급 유닛(122)은 상기 제 2 정합기(124)를 통하여, 상기 제 2 전극(114)에 상기 제 1 주파수보다 높은 제 2 주파수를 갖는 제 2 고주파 전력을 인가할 수 있다. 상기 제 2 고주파 전력은 상기 챔버 내에 플라즈마(P)를 발생시킬 수 있다.
- [0060] 도 9는 본 발명의 개념에 따른 플라즈마 식각장치의 또 다른 예를 나타낸다. 도 1을 참조하여 설명된 것과 중복되는 기술적 특징에 대한 상세한 설명은 생략하고, 차이점에 대해 상세히 설명한다.
- [0061] 도 9를 참조하면, 본 발명의 또 다른 예에 따른 플라즈마 식각장치(103)는 안테나를 더 포함할 수 있다. 상기 안테나는 상기 챔버(110)의 외벽의 둘레에 제공된 유도성 권선(116)일 수 있다. 고주파 공급 유닛은, 제 1 고주파 공급 유닛(121), 제 2 고주파 공급 유닛(122), 제 1 정합기(123), 및 제 2 정합기(124)를 포함할 수 있다. 상기 제 1 고주파 공급 유닛(121)은 상기 제 1 정합기(123)를 통하여, 상기 제 1 전극(112)에 제 1 주파수를 갖는 제 1 고주파 전력을 인가할 수 있다. 상기 제 2 고주파 공급 유닛(122)은 상기 제 2 정합기(124)를 통하여, 상기 유도성 권선(116)에 상기 제 1 주파수보다 높은 제 2 주파수를 갖는 제 2 고주파 전력을 인가할 수 있다. 상기 유도성 권선에 의하여, 상기 제 2 고주파 전력에 커플링된 플라즈마(P)가 상기 챔버(110) 내에 발생될 수 있다.
- [0062] 도 10은 본 발명의 개념에 따른 플라즈마 식각장치의 또 다른 예를 나타낸다. 도 1을 참조하여 설명된 것과 중복되는 기술적 특징에 대한 상세한 설명은 생략하고, 차이점에 대해 상세히 설명한다.
- [0063] 도 10을 참조하면, 본 발명의 또 다른 예에 따른 플라즈마 식각장치(104)의 직류 공급 유닛(126)은, 상기 제 1 전극(112)에 양의 직류 전력을 인가하도록 구성될 수 있다. 상기 양의 직류 전력은 상기 플라즈마(P) 내에 잔존 하던 전자(bulk e-)가 주로 상기 제 1 전극(112)으로 입사되도록 할 수 있다. 상기 고주파 전력들이 오프되면 전자 밀도가 급격하게 감소하기 때문에, 도 1을 참조하여 설명된 2차 전자에 의한 것보다 효율이 저하될 수 있다. 이러한 경우, 도 6의 (a) 및 (c)를 참조하여 설명된 것과 같이, 상기 제 2 고주파 전력이 상기 제 1 고주파 전력이 턴 오프된 후에도 제 1 또는 제 3 시간(t_1 , t_3) 동안 턴 온 상태를 유지하면 플라즈마 내의 전자가 보다 오랜 동안 잔존할 수 있다. 이러한 경우, 상기 제 1 전극(112)으로 입사되는 전자의 양이 보다 증가될 수 있다.
- [0064] 도 1 내지 11을 참조하여, 본 발명의 개념에 따른 플라즈마 식각방법이 설명된다.
- [0065] 먼저, 제 1 전극(112)과, 상기 제 1 전극과 대향하는 제 2 전극(114)을 포함하는 챔버(110)를 준비한다. (S10) 식각막을 갖는 기판(W)을 상기 챔버의 제 1 전극(112) 상으로 제공한다. (S20)
- [0066] 식각 공정이 수행된다. 즉, 상기 챔버(110) 내에 제 2 고주파 전력에 의한 플라즈마(P)를 발생시키고 상기 제 1 전극(112)에 상기 제 2 고주파 전력보다 낮은 주파수의 펄스 변조된 제 1 고주파 전력을 인가하여, 상기 플라즈마 내의 이온을 사용하여 상기 식각막을 식각한다. (S30)
- [0067] 상기 제 1 고주파 전력의 턴 오프에 의하여 상기 식각막의 식각이 중지된 동안, 전자가 상기 기판으로 향하도록 하여 상기 기판(W)의 식각 동안 상기 식각막에 축적된 양이온을 중화한다. (S40) 상기 식각막에 축적된 양이온을 중화하는 것은, 상기 식각막의 식각 동안 보다 상기 식각막의 식각이 중지된 동안, 상기 제 2 전극(114)에 인가되는 음의 직류 전력을 더 증가시킴에 따라 상기 제 2 전극(114)에서 발생된 2차 전자를 상기 기판(W)으로 향하는 것에 의하여 수행될 수 있다. 상기 식각이 중지된 동안, 상기 제 1 고주파 전력은 턴 오프될 수 있다. 상기 제 1 고주파 전력의 턴 오프에 동기하여, 상기 제 2 고주파 전력이 턴 오프될 수 있다. 상기 제 1 고주파 전력의 턴 오프 동안, 상기 음의 직류전력은 일정하게 유지될 수 있다. 이와는 달리 도 7을 참조하여 설명한 것과 같이, 다양하게 변할 수 있다.
- [0068] 식각 공정을 종료할 것인지를 판단하고(S 50), 종료 단계가 아니면 S30의 식각 공정을 반복한다.
- [0069] 진술한 본 발명의 실시예들에서, 상기 고주파 전력들이 턴 온 되는 구간들에서, 상기 음의 직류전력이 상기 제 1 전압(V1)이 됨을 설명하고 있으나, 이에 한정되지 않을 수 있다. 즉, 상기 고주파 전력들이 턴 온 되는 구간들에서, 상기 음의 직류전력은 서로 다를 수 있다.
- [0070] 이상에서와 같이 도면과 명세서에서 최적 실시예가 개시되었다. 여기서 특정한 용어들이 사용되었으나, 이는 단

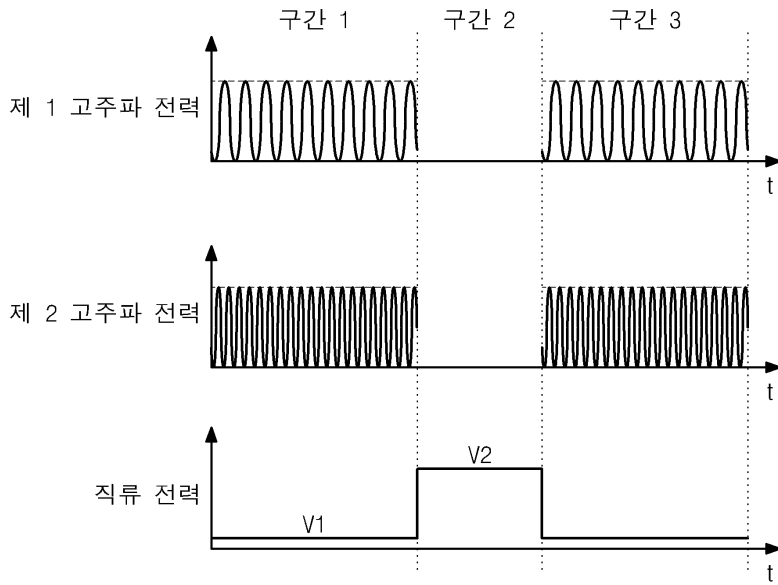
지 본 발명을 설명하기 위한 목적에서 사용된 것이지 의미 한정이나 특허청구범위에 기재된 본 발명의 범위를 제한하기 위하여 사용된 것은 아니다. 그러므로 본 기술 분야의 통상의 지식을 가진 자라면 이로부터 다양한 변형 및 균등한 타 실시예가 가능하다는 것을 이해할 것이다. 따라서, 본 발명의 진정한 기술적 보호범위는 첨부된 특허청구범위의 기술적 사상에 의해 정해져야 할 것이다.

도면

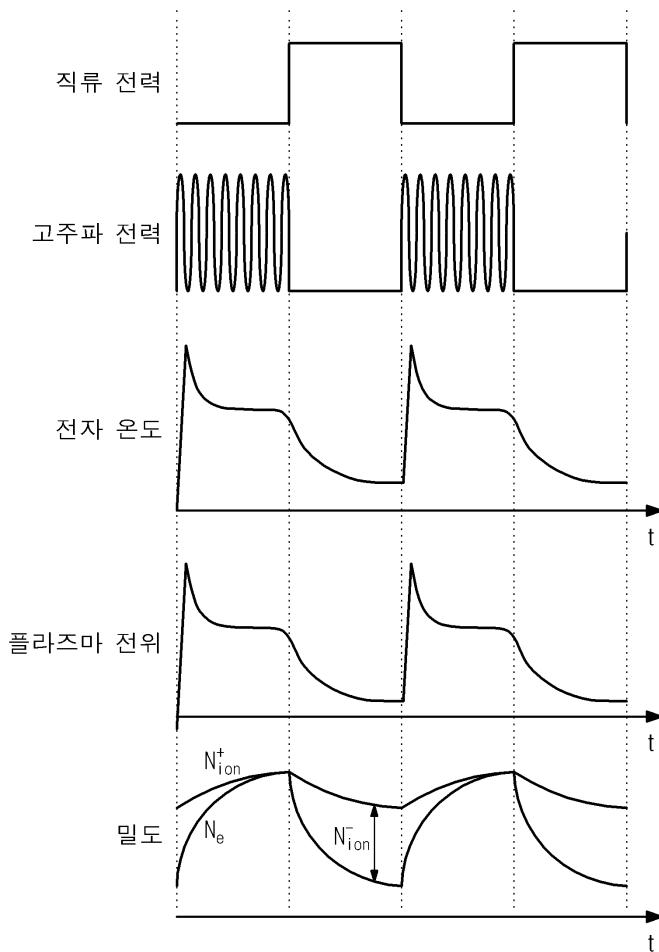
도면1



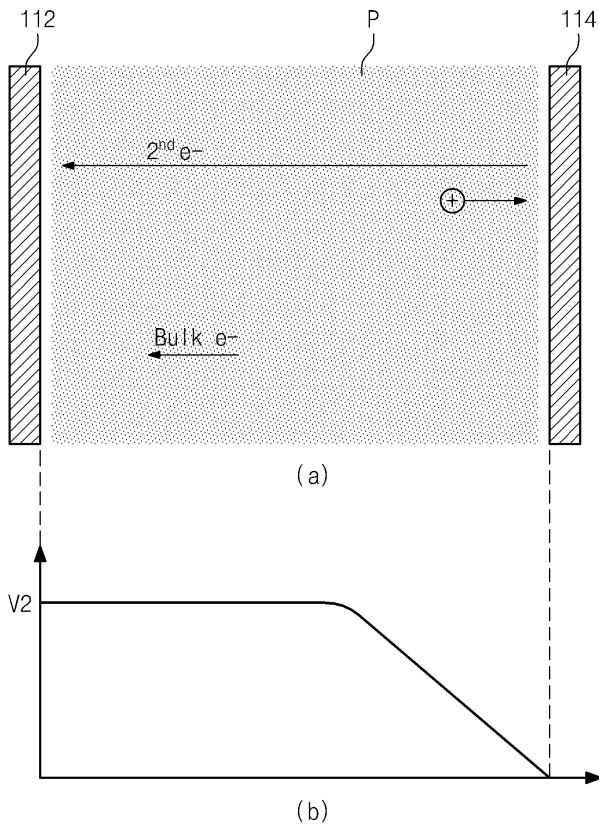
도면2



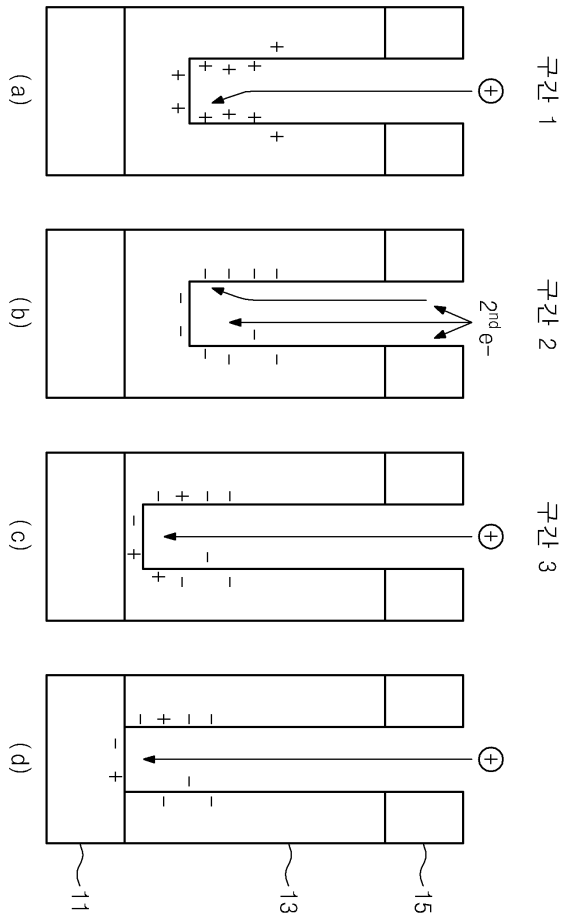
도면3



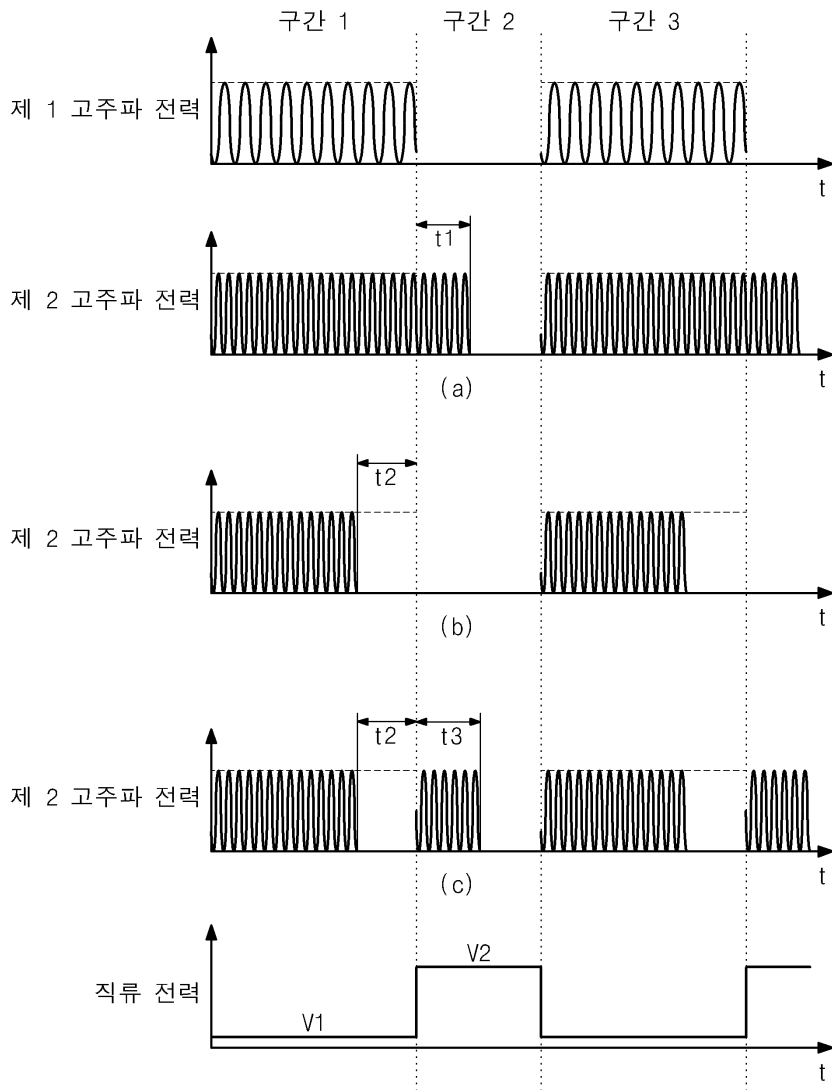
도면4



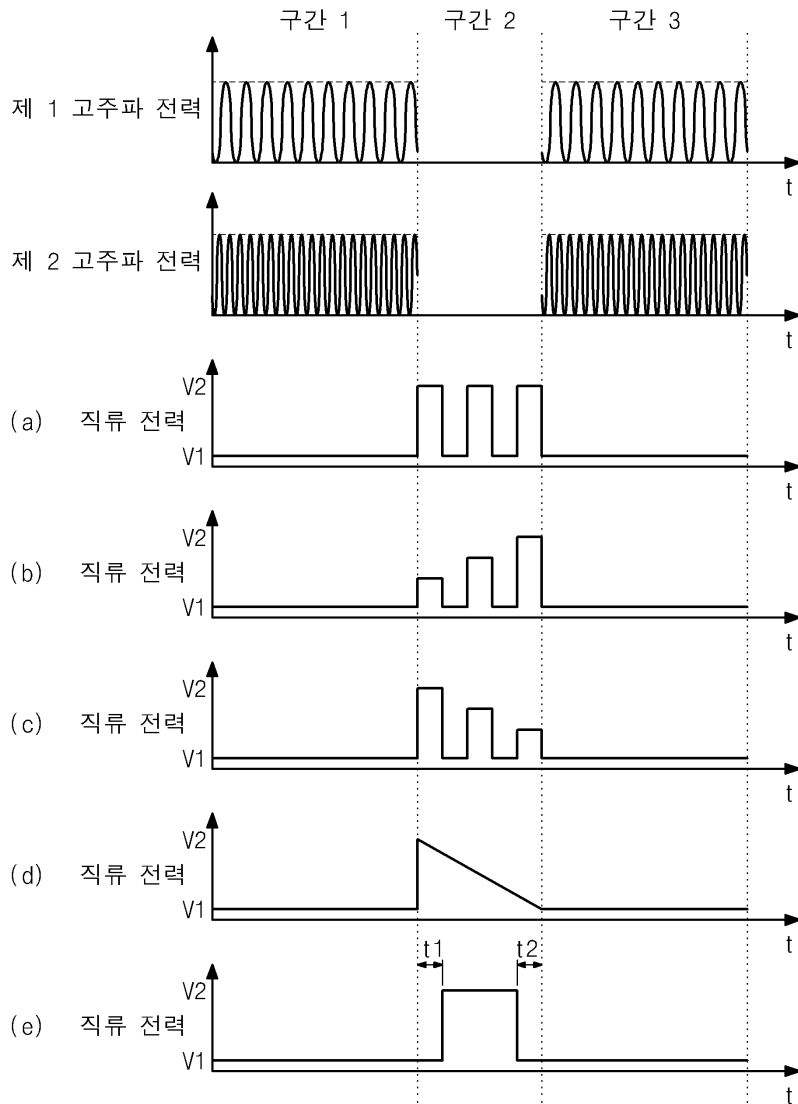
도면5



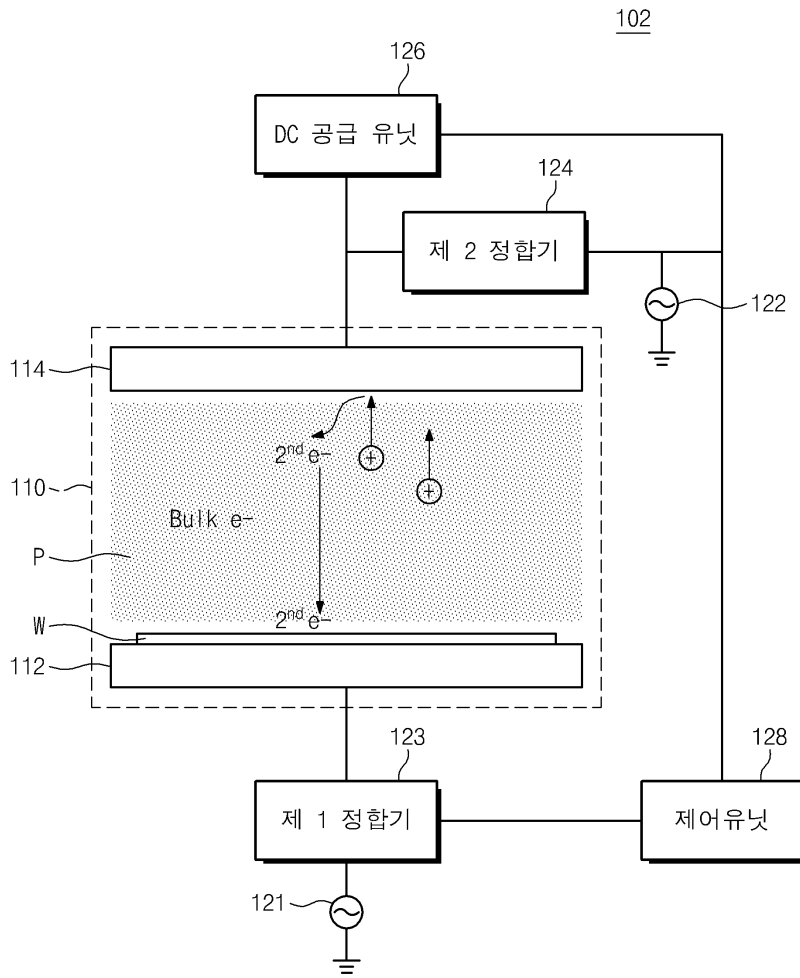
도면6



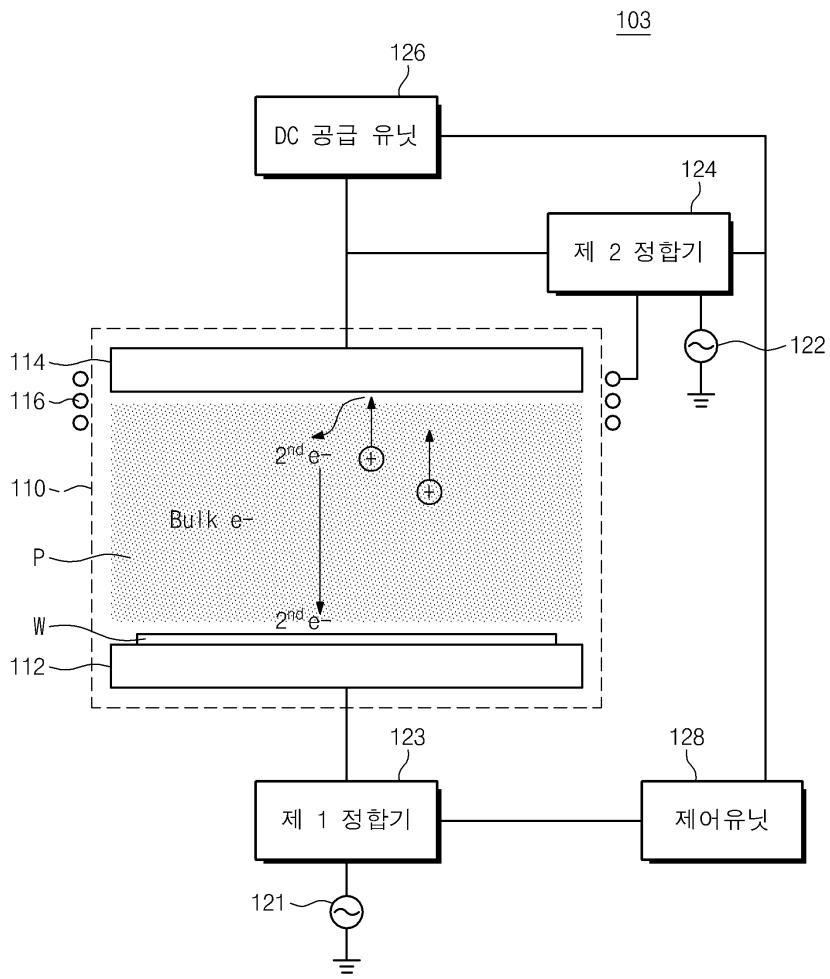
도면7



도면8

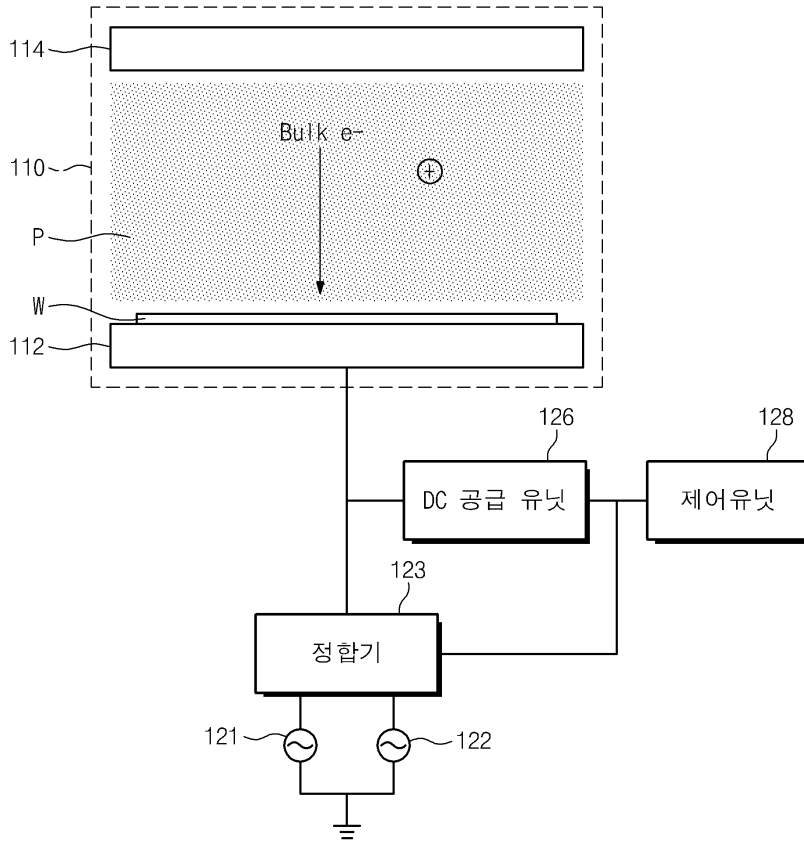


도면9



도면10

104



도면11

