



(19) 대한민국특허청(KR)  
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2022-0065978  
(43) 공개일자 2022년05월23일

- |                                                                                                                                                                                                                                                                         |                                                                                                                                                                                                                |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p>(51) 국제특허분류(Int. Cl.)<br/>H01L 21/311 (2006.01) H01L 21/3065 (2006.01)<br/>H01L 21/67 (2006.01)</p> <p>(52) CPC특허분류<br/>H01L 21/31116 (2013.01)<br/>H01J 37/32165 (2013.01)</p> <p>(21) 출원번호 10-2020-0152304</p> <p>(22) 출원일자 2020년11월13일<br/>심사청구일자 2020년11월13일</p> | <p>(71) 출원인<br/>충남대학교산학협력단<br/>대전광역시 유성구 대학로 99 (궁동, 충남대학교)</p> <p>(72) 발명자<br/>유신재<br/>대전광역시 유성구 가정로 63, 106동 1201호 (신성동, 하나아파트)</p> <p>이장재<br/>대전시 유성구 계룡로 105번길 20<br/>(뒷면에 계속)</p> <p>(74) 대리인<br/>김원준</p> |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

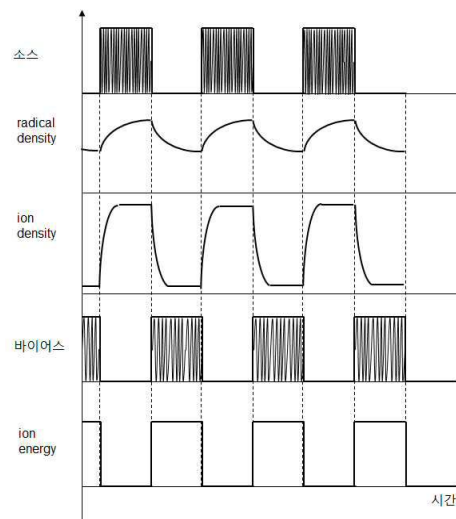
전체 청구항 수 : 총 10 항

(54) 발명의 명칭 **고주파 펄스 소스 및 저주파 펄스 바이어스를 이용한 플라즈마 극고종횡비 식각 방법**

(57) 요약

본 발명은 고주파 펄스 소스 및 저주파 펄스 바이어스를 이용한 플라즈마 극고종횡비 식각 방법에 관한 것으로서, 더욱 상세하게는 플라즈마 장치의 소스 전극에는 고주파 펄스를 인가하고 상기 플라즈마 장치의 바이어스 전극에는 상기 소스 전극에 고주파 펄스가 인가되지 않는 동안에만 저주파 펄스를 인가함으로써, 활성종의 밀도를 제어함과 동시에 이온의 밀도 및 기판에 도달하는 이온의 에너지를 독립적으로 제어하여 식각 공정 시 마스크 임계 차원을 유지하고 높은 에너지를 갖는 이온에 의한 극고종횡비 식각이 가능한 고주파 펄스 소스 및 저주파 펄스 바이어스를 이용한 플라즈마 극고종횡비 식각 방법을 제공한다.

대표도 - 도4



(52) CPC특허분류

*H01J 37/32174* (2013.01)

*H01L 21/3065* (2013.01)

*H01L 21/67069* (2013.01)

(72) 발명자

**조철희**

대전광역시 유성구 어은로 57 한빛아파트 122동  
1403호

**정원녕**

대구광역시 달서구 두류2동 137-12

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 1415169054

과제번호 20009818

부처명 산업통상자원부

과제관리(전문)기관명 한국산업기술평가관리원

연구사업명 소재부품산업미래성장동력(R&D)

연구과제명 플라즈마실시간 공정모니터링 센서 및 공정모사기술 개발

기 여 율 1/3

과제수행기관명 충남대학교산학협력단

연구기간 2020.04.01 ~ 2020.12.31

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 1415169052

과제번호 20010420

부처명 산업통상자원부

과제관리(전문)기관명 한국산업기술평가관리원

연구사업명 소재부품산업미래성장동력(R&D)

연구과제명 차세대 반도체 극고종횡비 식각 공정 한계 극복 연구

기 여 율 1/3

과제수행기관명 충남대학교산학협력단

연구기간 2020.04.01 ~ 2020.12.31

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 1415168132

과제번호 20172010105910

부처명 산업통상자원부

과제관리(전문)기관명 한국에너지기술평가원

연구사업명 에너지수요관리핵심기술개발(에특)(R&D)

연구과제명 PFC 가스 대체용 Fluorocarbon 계열 Precursor를 이용한 식각 공정 개발

기 여 율 1/3

과제수행기관명 충남대학교산학협력단

연구기간 2020.03.01 ~ 2020.12.31

## 명세서

### 청구범위

#### 청구항 1

고주파 펄스 소스 및 저주파 펄스 바이어스를 이용한 플라즈마 극고종횡비 식각 방법에 있어서,  
처리할 기판을 바이어스 전극 상에 로딩하는 로딩단계(S810);  
식각 반응 가스를 주입하는 가스주입단계(S820);  
플라즈마를 형성하기 위해 고주파 소스 전력을 반응 챔버 내부의 소스 전극에 인가하고, 이온 에너지를 제어하기 위한 저주파 바이어스 전력을 상기 반응 챔버 내부의 상기 바이어스 전극에 인가하는 전력인가단계(S830);  
플라즈마가 발생하는 플라즈마발생단계(S840); 및  
발생된 플라즈마를 이용하여 상기 기판의 표면을 식각하는 식각단계(S850)  
를 포함하는 고주파 펄스 소스 및 저주파 펄스 바이어스를 이용한 플라즈마 극고종횡비 식각 방법.

#### 청구항 2

제1항에 있어서,  
상기 전력인가단계(S830)는,  
상기 소스 전극에 펄스 변조되어 온 구간 및 오프 구간이 반복하는 고주파 소스 전력을 인가하여 활성종의 밀도를 주기적으로 증가 및 감소시키는 단계; 및  
상기 소스 전력의 온 구간 및 오프 구간에 대응하여 동기화되어 오프 구간 및 온 구간이 반복하는 상기 저주파 바이어스 전력을 상기 바이어스 전극에 인가하여 이온 에너지를 비활성화 및 활성화시키는 단계  
를 포함하는 것을 특징으로 하는 고주파 펄스 소스 및 저주파 펄스 바이어스를 이용한 플라즈마 극고종횡비 식각 방법.

#### 청구항 3

제1항에 있어서,  
상기 전력인가단계(S830)는,  
상기 소스 전극에 펄스 변조되어 온 구간 및 오프 구간이 반복하는 고주파 소스 전력을 인가하여 활성종의 밀도를 주기적으로 증가 및 감소시키는 단계; 및  
상기 소스 전력의 오프 구간 내에서 상기 바이어스 전극에 저주파 바이어스 전력을 인가하여 이온 에너지를 활성화시키는 단계  
를 포함하는 것을 특징으로 하는 고주파 펄스 소스 및 저주파 펄스 바이어스를 이용한 플라즈마 극고종횡비 식각 방법.

#### 청구항 4

제2항 및 제3항 중 어느 한 항에 있어서,  
상기 소스 전극에 인가되는 고주파 소스 신호는 13.56 MHz의 주파수를 가지는 것을 특징으로 하고,  
상기 바이어스 전극에 인가되는 저주파 바이어스 신호는 13.56 MHz 보다 낮은 400 kHz 또는 2MHz의 주파수를 가

지는 것을 특징으로 하는 고주파 펄스 소스 및 저주파 펄스 바이어스를 이용한 플라즈마 극고종횡비 식각 방법.

#### 청구항 5

제4항에 있어서,

상기 소스 전극에 인가되는 고주파 소스 신호 및 상기 바이어스 전극에 인가되는 저주파 바이어스 신호를 제어하여, 활성종의 밀도, 이온의 밀도, 및 기판에 도달하는 이온의 에너지 크기를 독립적으로 제어하는 것을 특징으로 하는 고주파 펄스 소스 및 저주파 펄스 바이어스를 이용한 플라즈마 극고종횡비 식각 방법.

#### 청구항 6

제5항에 있어서,

상기 반응 챔버 내의 전자의 밀도 및 이온의 밀도는,

상기 고주파 소스 신호의 듀티비(duration rate)에 비례하므로,

활성종의 평균 밀도가 상기 고주파 소스 신호의 듀티비에 비례하는 것을 특징으로 하는 고주파 펄스 소스 및 저주파 펄스 바이어스를 이용한 플라즈마 극고종횡비 식각 방법.

#### 청구항 7

제5항에 있어서,

상기 반응 챔버 내의 전자의 밀도 및 이온의 밀도는,

상기 고주파 소스 신호의 펄스 주파수(pulse frequency)에 비례하므로,

활성종의 평균 밀도가 상기 고주파 소스 신호의 펄스 주파수에 비례하는 것을 특징으로 하는 고주파 펄스 소스 및 저주파 펄스 바이어스를 이용한 플라즈마 극고종횡비 식각 방법.

#### 청구항 8

제5항에 있어서,

상기 반응 챔버 내의 이온 에너지 분포 함수는,

상기 저주파 바이어스 신호의 주파수(Frequency)가 높을수록 상기 이온의 에너지는 바이어스 근처에 생성된 쉬스의 신간에 대한 평균 전압에 의해 결정되는 것을 특징으로 하고,

상기 저주파 바이어스 신호의 주파수(Frequency)가 낮을수록 이온의 에너지는 쉬스에 걸린 실시간 변하는 전압에 의해 결정되는 것을 특징으로 하는 고주파 펄스 소스 및 저주파 펄스 바이어스를 이용한 플라즈마 극고종횡비 식각 방법.

#### 청구항 9

제 1항 내지 제 8항 중 선택되는 어느 한 항에 기재된 고주파 펄스 소스 및 저주파 펄스 바이어스를 이용한 플라즈마 극고종횡비 식각 방법을 구현하기 위한 프로그램이 저장된 컴퓨터 판독 가능한 기록매체.

#### 청구항 10

제 1항 내지 제 8항 중 선택되는 어느 한 항에 기재된 고주파 펄스 소스 및 저주파 펄스 바이어스를 이용한 플

라즈마 극고종횡비 식각 방법을 구현하기 위한 컴퓨터 판독 가능한 기록매체에 저장된 프로그램.

## 발명의 설명

### 기술 분야

- [0001] 본 발명은 고주파 펄스 소스 및 저주파 펄스 바이어스를 이용한 플라즈마 극고종횡비 식각 방법에 관한 것으로서, 더욱 상세하게는 플라즈마 장치의 소스 전극에는 고주파 펄스를 인가하고 상기 플라즈마 장치의 바이어스 전극에는 상기 소스 전극에 고주파 펄스가 인가되지 않는 동안에만 저주파 펄스를 인가함으로써, 활성종의 밀도를 제어함과 동시에 이온의 밀도 및 기판에 도달하는 이온의 에너지를 독립적으로 제어하여 식각 공정 시 마스크 임계 차원을 유지하고 높은 에너지를 갖는 이온에 의한 극고종횡비 식각이 가능한 고주파 펄스 소스 및 저주파 펄스 바이어스를 이용한 플라즈마 극고종횡비 식각 방법에 관한 것이다.

### 배경 기술

- [0002] 플라즈마(Plasma)는 반도체, 플라즈마 디스플레이 패널(PDP : Plasma Display Panel), 액정 크리스탈 디스플레이(LCD : Liquid Crystal Display), 태양전지(solar cell) 등의 제조공정에 널리 이용되고 있다. 대표적인 플라즈마 공정으로는 건식 식각(Dry Etching), 플라즈마 강화 화학기상증착(PECVD(Plasma Enhanced Chemical Vapor Deposition), 스퍼터링(Sputtering), 에칭(Ashing) 등이 있다. 통상적으로 축전 결합 플라즈마(CCP: Capacitively Coupled Plasma), 유도 결합 플라즈마(ICP: Inductively Coupled Plasma), 헬리콘(Helicon) 플라즈마, 마이크로파(Microwave) 플라즈마 등이 사용되고 있다. 플라즈마 공정은 전자 밀도, 전자 온도, 이온 선속, 이온 에너지와 같은 플라즈마 변수에 직접적인 연관이 있고, 특히, 플라즈마 밀도와 플라즈마 균일도는 생산량(throughput)과 밀접한 관계가 있다고 알려져 있다.
- [0003] 한편, 반도체 칩 생산 과정에서, 미세 가공을 대량으로 실행할 필요가 있다. 일반적인 플라즈마 식각 반응기는 기판에 마이크로미터 또는 나노미터 스케일을 갖는 다양한 홀들 또는 홈들을 형성할 수 있다. 화학 기상 증착 등과 같은 다른 공정과 함께 결합하여, 여러 종류의 반도체 칩 제품이 최종적으로 생산될 수 있다.
- [0004] 기술 발전에 따라 높은 종횡비의 식각에 관한 응용과 수요가 증가하고 있다. 예를 들어, 메모리 분야에서, 3D NAND 플래시 메모리(flash memory)는 메모리 칩의 주요한 구조의 하나이다. 3D NAND칩을 제조하는 과정에서, 먼저 실리콘 산화물층과 실리콘 질화물층을 교대로 적층하여 형성하며(층수가 64층 또는 심지어 백층 이상일 수 있다), 플라즈마 식각으로써 상기 층들 모두를 관통할 수 있다. 상기 층들의 전체적인 두께가 매우 크기 때문에( $5\mu\text{m}$ 보다 크거나 심지어  $8\mu\text{m}$ 이상이다), 높은 종횡비의 식각에 속한다. 그러나, 종래의 플라즈마 식각 반응기에 있는 RF 에너지 제어 시스템으로는 이온을 식각할 층의 홀의 바닥까지 구동할 수 없기 때문에, 홀을 형성하기 위한 식각을 실행하는 것이 불가능하다.
- [0005] 일반적으로, 절연 물질의 식각 공정 동안 형성할 수 있는 홀 또는 트렌치의 깊이는, 플라즈마에 있는 이온이 접근할 수 있는 깊이에 주로 의존한다. 높은 종횡비(>40)의 식각 공정에서, 항상 "이온이 제한되는" 공정 구간이 발생할 수 있다. 이는 시스템을 통과한 후에 이온 자체의 에너지가 제한되고, 또한 깊은 홀의 측벽에 축적된 전하에 의해 형성된 전기장이 식각된 깊이의 증가에 따라 홀의 바닥에 도달하는 이온의 수가 훨씬 감소하도록 이온에 대한 반발력을 가하고, 또는 이온이 홀의 바닥에 도달한다 해도 그 에너지가 식각제(활성기)로 바닥 재료에 대한 식각을 계속할 정도로 충분하지 않음으로써, 홀의 깊이에 따른 공정 요구를 만족시킬 수 없기 때문이다.
- [0006] 한편, 플라즈마를 이용한 극고종횡비 식각 공정은 긴 공정시간으로 인해 생산가격, 제조과정 및 순환시간이 증가하고 있다. 이런 상황을 극복하고자 폴리머를 형성하는 기체의 양을 증가시켜 식각 공정의 선택비를 증가시키는 방법들이 연구되고 있다. 하지만, 이러한 방법은 과도한 폴리머 형성으로 인해 식각이 중단될 수 있고, 형성된 폴리머들이 측벽에 불균일하게 증착되기 때문에 이온의 입사 경로를 변경시켜 식각 프로파일의 왜곡 현상을 초래할 수 있다.
- [0007] 극고종횡비 구조는 주로 탄소 및 불소를 함유한 플라즈마를 사용하여 실리콘 산화물을 식각하여 이뤄진다. 연속파를 사용하여 플라즈마를 발생시킬 경우 플라즈마 내 반응성 가스의 해리가 많이 일어나면 과도한 폴리머 형성으로 인해 식각 멈춤(Etch stop)을 발생시킬 수 있고, 측벽에 불균일하게 증착되어 이온의 입사 경로를 방해하여 넥킹(necking), 보잉(bowing), 트위스팅(twisting) 등과 같은 식각 프로파일의 왜곡 현상을 초래한다. 불필요하게 형성된 폴리머를 제거하기 위해선 활성종의 밀도를 줄여 폴리머의 형성을 억제하는 방법이 있을 수 있지만, 이는 고종횡비 구조의 트렌치에 도달하는 활성종의 양 또한 줄어들면서 부동화피막층(passivation layer)의 유지가 어려워져 극고종횡비의 식각이 불가능해진다. 따라서 극고종횡비 식각을 위해선 활성종의 밀도를 줄이기

보다는 높은 에너지의 이온을 통해 물리적인 충격으로 과도하게 부착된 폴리머를 제거하는 방법이 필요하다. 이를 위해 활성종의 밀도는 유지하면서 이온의 에너지를 제어하는 방법이 요구된다.

[0008] 한국등록특허 [10-1047318]에서는 고주파를 이용한 식각장치 및 이를 이용한 식각방법이 개시되어 있다.

[0009] 한국등록특허 [10-1939481]에서는 이온빔 식각 장치가 개시되어 있다.

[0010] 한국공개특허 [10-2020-0089342]에서는 저주파수 바이어스를 활용한 유전체 막들의 기하학적 선택적 증착이 개시되어 있다.

[0011] 한국공개특허 [10-2020-0096731]에서는 높은 종횡비의 식각을 위한 플라즈마 반응기 및 그의 식각 방법이 개시되어 있다.

## 선행기술문헌

### 특허문헌

[0012] (특허문헌 0001) 한국등록특허 [10-1047318](등록일자: 2011. 07. 01)

(특허문헌 0002) 한국등록특허 [10-1939481](등록일자: 2019. 01. 10)

(특허문헌 0003) 한국공개특허 [10-2020-0089342](공개일자: 2020. 07. 24)

(특허문헌 0004) 한국공개특허 [10-2020-0096731](공개일자: 2020. 08. 13)

## 발명의 내용

### 해결하려는 과제

[0013] 따라서, 본 발명은 상기한 바와 같은 문제점을 해결하기 위하여 안출된 것으로, 본 발명의 목적은 플라즈마 장치의 소스 전극에는 고주파 펄스를 인가하고 상기 플라즈마 장치의 바이어스 전극에는 상기 소스 전극에 고주파 펄스가 인가되지 않는 동안에만 저주파 펄스를 인가함으로써, 활성종의 밀도를 제어함과 동시에 이온의 밀도 및 기관에 도달하는 이온의 에너지를 독립적으로 제어하여 식각 공정 시 마스크 임계 차원을 유지하고 높은 에너지를 갖는 이온에 의한 극고종횡비 식각이 가능한 고주파 펄스 소스 및 저주파 펄스 바이어스를 이용한 플라즈마 극고종횡비 식각 방법을 제공하는 것이다.

[0014] 본 발명의 실 시예들의 목적은 이상에서 언급한 목적으로 제한되지 않으며, 언급되지 않은 또 다른 목적들은 아래의 기재로부터 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자에게 명확하게 이해될 수 있을 것이다.

### 과제의 해결 수단

[0015] 상기한 바와 같은 목적을 달성하기 위한 본 발명의 일 실시예에 따른 고주파 펄스 소스 및 저주파 펄스 바이어스를 이용한 플라즈마 극고종횡비 식각 방법은, 처리할 기관을 바이어스 전극 상에 로딩하는 로딩단계(S810); 식각 반응 가스를 주입하는 가스주입단계(S820); 플라즈마를 형성하기 위해 고주파 소스 전력을 반응 챔버 내부의 소스 전극에 인가하고, 이온 에너지를 제어하기 위한 저주파 바이어스 전력을 상기 반응 챔버 내부의 상기 바이어스 전극에 인가하는 전력인가단계(S830); 플라즈마가 발생하는 플라즈마발생단계(S840); 및 발생된 플라즈마를 이용하여 상기 기관의 표면을 식각하는 식각단계(S850)를 포함한다.

[0016] 상기 전력인가단계(S830)는, 상기 소스 전극에 펄스 변조되어 온 구간 및 오프 구간이 반복하는 고주파 소스 전력을 인가하여 활성종의 밀도를 주기적으로 증가 및 감소시키는 단계; 및 상기 소스 전력의 온 구간 및 오프 구간에 대응하여 동기화되어 오프 구간 및 온 구간이 반복하는 상기 저주파 바이어스 전력을 상기 바이어스 전극에 인가하여 이온 에너지를 비활성화 및 활성화시키는 단계를 포함하는 것을 특징으로 한다.

[0017] 상기 전력인가단계(S830)는, 상기 소스 전극에 펄스 변조되어 온 구간 및 오프 구간이 반복하는 고주파 소스 전력을 인가하여 활성종의 밀도를 주기적으로 증가 및 감소시키는 단계; 및 상기 소스 전력의 오프 구간 내에서 상기 바이어스 전극에 저주파 바이어스 전력을 인가하여 이온 에너지를 활성화시키는 단계를 포함하는 것을 특징으로 한다.

[0018] 상기 소스 전극에 인가되는 고주파 소스 신호는 13.56 MHz의 주파수를 가지는 것을 특징으로 하고, 상기 바이어

스 전극에 인가되는 저주파 바이어스 신호는 13.56 MHz 보다 낮은 400 kHz 또는 2MHz의 주파수를 가지는 것을 특징으로 한다.

[0019] 상기 소스 전극에 인가되는 고주파 소스 신호 및 상기 바이어스 전극에 인가되는 저주파 바이어스 신호를 제어하여, 활성종의 밀도, 이온의 밀도, 및 기판에 도달하는 이온의 에너지 크기를 독립적으로 제어하는 것을 특징으로 한다.

[0020] 상기 반응 챔버 내의 전자의 밀도 및 이온의 밀도는, 상기 고주파 소스 신호의 듀티비(duration rate)에 비례하므로, 활성종의 평균 밀도가 상기 고주파 소스 신호의 듀티비에 비례하는 것을 특징으로 한다.

[0021] 상기 반응 챔버 내의 전자의 밀도 및 이온의 밀도는, 상기 고주파 소스 신호의 펄스 주파수(pulse frequency)에 비례하므로, 활성종의 평균 밀도가 상기 고주파 소스 신호의 펄스 주파수에 비례하는 것을 특징으로 한다.

[0022] 상기 반응 챔버 내의 이온 에너지 분포 함수는, 상기 저주파 바이어스 신호의 주파수(Frequency)가 높을수록 상기 이온의 에너지는 바이어스 근처에 생성된 쉬스의 공간에 대한 평균 전압에 의해 결정되는 것을 특징으로 하고, 상기 저주파 바이어스 신호의 주파수(Frequency)가 낮을수록 이온의 에너지는 쉬스에 걸린 실시간 변하는 전압에 의해 결정되는 것을 특징으로 한다.

[0023] 또한, 본 발명의 일 실시예에 따르면, 상기 고주파 펄스 소스 및 저주파 펄스 바이어스를 이용한 플라즈마 극고종횡비 식각 방법을 구현하기 위한 프로그램이 저장된 컴퓨터 판독 가능한 기록매체가 제공되는 것을 특징으로 한다.

[0024] 아울러, 본 발명의 일 실시예에 따르면, 상기 고주파 펄스 소스 및 저주파 펄스 바이어스를 이용한 플라즈마 극고종횡비 식각 방법을 구현하기 위해, 컴퓨터 판독 가능한 기록매체에 저장된 프로그램이 제공되는 것을 특징으로 한다.

### 발명의 효과

[0025] 본 발명의 일 실시예에 따른 고주파 펄스 소스 및 저주파 펄스 바이어스를 이용한 플라즈마 극고종횡비 식각 방법에 의하면, 플라즈마 장치의 소스 전극에는 고주파 펄스를 인가하고 상기 플라즈마 장치의 바이어스 전극에는 상기 소스 전극에 고주파 펄스가 인가되지 않는 동안에만 저주파 펄스를 인가함으로써, 활성종의 밀도를 제어함과 동시에 이온의 밀도 및 기판에 도달하는 이온의 에너지를 독립적으로 제어하여 식각 공정 시 마스크 임계 차원을 유지하고 높은 에너지를 갖는 이온에 의한 극고종횡비 식각이 가능한 효과가 있다.

[0026] 또한, 본 발명의 일 실시예에 따른 고주파 펄스 소스 및 저주파 펄스 바이어스를 이용한 플라즈마 극고종횡비 식각 방법에 의하면, 3D 낸드 플래시, PRAM, RRAM 등 차세대 메모리 개발의 핵심기술로 활용할 수 있으며, 원자층 식각 공정과 같은 미세키 반도체 공정 수율을 향상시킬 수 있다.

[0027] 또, 본 발명의 일 실시예에 따른 고주파 펄스 소스 및 저주파 펄스 바이어스를 이용한 플라즈마 극고종횡비 식각 방법에 의하면, 미세키 반도체 공정 수율을 향상시킬 수 있으므로 차세대 반도체 소자 공정의 한계 극복이 가능한 효과가 있다.

### 도면의 간단한 설명

[0028] 도 1은 본 발명에 따른 고주파 펄스 소스 및 저주파 펄스 바이어스를 이용한 플라즈마 극고종횡비 식각 방법이 이루어지는 플라즈마 장치의 구성도.

도 2a는 본 발명에 따른 고주파 펄스 소스 및 저주파 펄스 바이어스를 이용한 플라즈마 극고종횡비 식각 방법에서 소스 전극 및 바이어스 전극으로의 펄스 전력 인가 방법을 설명하기 위한 일 실시예 도면.

도 2b는 본 발명에 따른 고주파 펄스 소스 및 저주파 펄스 바이어스를 이용한 플라즈마 극고종횡비 식각 방법에서 소스 전극 및 바이어스 전극으로의 펄스 전력 인가 방법을 설명하기 위한 다른 실시예 도면.

도 3a는 플라즈마 장치의 소스 전극에 인가되는 고주파 펄스 전력의 시변에 따른 이온 밀도 및 전자 밀도를 나타내는 그래프.

도 3b는 플라즈마 장치의 소스 전극에 인가되는 고주파 펄스 전력의 시변에 따른 전자 온도 변화를 나타내는 그래프.

도 4는 도 2a의 일 실시예 따라, 플라즈마 장치의 소스 전극에 인가되는 고주파 펄스의 온 구간 및 오프 구간에

서, 플라즈마 내에 발생하는 활성종 및 이온의 밀도 및 기판에 도달하는 이온의 에너지 변화를 설명하기 위한 도면.

도 5a는 본 발명에 따른 고주파 펄스 소스 및 저주파 펄스 바이어스를 이용한 플라즈마 극고종횡비 식각 방법에서 듀티비가 25인 경우, 플라즈마 장치의 소스 전극에 인가되는 고주파 펄스 전력의 시변에 따른 전자 밀도, 이온의 밀도 및 전자 온도 변화를 나타내는 그래프.

도 5b는 본 발명에 따른 고주파 펄스 소스 및 저주파 펄스 바이어스를 이용한 플라즈마 극고종횡비 식각 방법에서 듀티비가 50인 경우, 플라즈마 장치의 소스 전극에 인가되는 고주파 펄스 전력의 시변에 따른 전자 밀도, 이온의 밀도 및 전자 온도 변화를 나타내는 그래프.

도 5c는 본 발명에 따른 고주파 펄스 소스 및 저주파 펄스 바이어스를 이용한 플라즈마 극고종횡비 식각 방법에서 듀티비가 75인 경우, 플라즈마 장치의 소스 전극에 인가되는 고주파 펄스 전력의 시변에 따른 전자 밀도, 이온의 밀도 및 전자 온도 변화를 나타내는 그래프.

도 6a는 본 발명에 따른 고주파 펄스 소스 및 저주파 펄스 바이어스를 이용한 플라즈마 극고종횡비 식각 방법에서 펄스 주파수가 5 kHz인 경우, 플라즈마 장치의 소스 전극에 인가되는 고주파 펄스 전력의 시변에 따른 전자 밀도, 이온의 밀도 및 전자 온도 변화를 나타내는 그래프.

도 6b는 본 발명에 따른 고주파 펄스 소스 및 저주파 펄스 바이어스를 이용한 플라즈마 극고종횡비 식각 방법에서 펄스 주파수가 10 kHz인 경우, 플라즈마 장치의 소스 전극에 인가되는 고주파 펄스 전력의 시변에 따른 전자 밀도, 이온의 밀도 및 전자 온도 변화를 나타내는 그래프.

도 6c는 본 발명에 따른 고주파 펄스 소스 및 저주파 펄스 바이어스를 이용한 플라즈마 극고종횡비 식각 방법에서 펄스 주파수가 20 kHz인 경우, 플라즈마 장치의 소스 전극에 인가되는 고주파 펄스 전력의 시변에 따른 전자 밀도, 이온의 밀도 및 전자 온도 변화를 나타내는 그래프.

도 7은 본 발명에 따른 고주파 펄스 소스 및 저주파 펄스 바이어스를 이용한 플라즈마 극고종횡비 식각 방법에서, 바이어스 전극에 인가되는 저주파 펄스 전력의 주파수에 따른 이온 에너지 분포 함수를 나타내는 그래프.

도 8은 본 발명에 따른 고주파 펄스 소스 및 저주파 펄스 바이어스를 이용한 플라즈마 극고종횡비 식각 방법의 일 실시예 흐름도.

### 발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0029] 본 발명은 다양한 변경을 가할 수 있고 여러 가지 실시예를 가질 수 있는바, 특정 실시예들을 도면에 예시하고 상세하게 설명하고자 한다. 그러나 이는 본 발명을 특정한 실시 형태에 대해 한정하려는 것이 아니며, 본 발명의 사상 및 기술 범위에 포함되는 모든 변경, 균등물 내지 대체물을 포함하는 것으로 이해되어야 한다.
- [0030] 어떤 구성요소가 다른 구성요소에 "연결되어" 있다거나 "접속되어" 있다고 언급된 때에는, 그 다른 구성요소에 직접적으로 연결되어 있거나 또는 접속되어 있을 수도 있지만, 중간에 다른 구성요소가 존재할 수도 있다고 이해되어야 할 것이다.
- [0031] 반면에, 어떤 구성요소가 다른 구성요소에 "직접 연결되어" 있다거나 "직접 접속되어" 있다고 언급된 때에는, 중간에 다른 구성요소가 존재하지 않는 것으로 이해되어야 할 것이다.
- [0032] 본 명세서에서 사용되는 용어는 단지 특정한 실시예를 설명하기 위해 사용된 것으로, 본 발명을 한정하려는 의도가 아니다. 단수의 표현은 문맥상 명백하게 다르게 뜻하지 않는 한, 복수의 표현을 포함한다. 본 출원에서, "포함하다" 또는 "가지다" 등의 용어는 명세서상에 기재된 특징, 숫자, 공정, 동작, 구성요소, 부품 또는 이들을 조합한 것이 존재함을 지정하려는 것이지, 하나 또는 그 이상의 다른 특징들이나 숫자, 공정, 동작, 구성요소, 부품 또는 이들을 조합한 것들의 존재 또는 부가 가능성을 미리 배제하지 않는 것으로 이해되어야 한다.
- [0033] 다르게 정의되지 않는 한, 기술적이거나 과학적인 용어를 포함해서 여기서 사용되는 모든 용어들은 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자에 의해 일반적으로 이해되는 것과 동일한 의미가 있다. 일반적으로 사용되는 사전에 정의되어 있는 것과 같은 용어들은 관련 기술의 문맥상 가지는 의미와 일치하는 의미가 있는 것으로 해석되어야 하며, 본 출원에서 명백하게 정의하지 않는 한, 이상적이거나 과도하게 형식적인 의미로 해석되지 않는다.
- [0034] 이하, 첨부된 도면을 참조하여 본 발명을 더욱 상세하게 설명한다. 이에 앞서, 본 명세서 및 청구범위에 사용된

용어나 단어는 통상적이거나 사전적인 의미로 한정하여 해석되어서는 아니 되며, 발명자는 그 자신의 발명을 가장 최선의 방법으로 설명하기 위해 용어의 개념을 적절하게 정의할 수 있다는 원칙에 입각하여, 본 발명의 기술적 사상에 부합하는 의미와 개념으로 해석되어야만 한다. 또한, 사용되는 기술 용어 및 과학 용어에 있어서 다른 정의가 없다면, 이 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자가 통상적으로 이해하고 있는 의미를 가지며, 하기의 설명 및 첨부 도면에서 본 발명의 요지를 불필요하게 흐릴 수 있는 공지 기능 및 구성에 대한 설명은 생략한다. 다음에 소개되는 도면들은 당업자에게 본 발명의 사상이 충분히 전달될 수 있도록 하기 위해 예로서 제공되는 것이다. 따라서, 본 발명은 이하 제시되는 도면들에 한정되지 않고 다른 형태로 구체화될 수도 있다. 또한, 명세서 전반에 걸쳐서 동일한 참조번호들은 동일한 구성요소들을 나타낸다. 도면들 중 동일한 구성요소들은 가능한 한 어느 곳에서든지 동일한 부호들로 나타내고 있음에 유의해야 한다.

- [0035] 본 발명은 고주파 펄스 플라즈마 및 저주파 교류 바이어스를 이용한 극고종횡비의 식각 공정 방법에 관한 것이다.
- [0036] 펄스 플라즈마는 플루오르카본 전구체(PFC precursor), 액상 플루오르카본 전구체(L-PFC precursor) 등을 사용하는 반도체 식각 공정에 있어 극고종횡비 달성에 필수적인 요소이다. 극고종횡비를 갖기 위해선 트렌치에 쌓이게 되는 폴리머의 양을 최적화하여 마스크의 임계차원을 유지하면서 이온에 의한 식각이 일어나게끔 해야 한다.
- [0037] 소스 전극에 인가하는 전력의 크기에 따라 반응성 가스의 해리율을 제어함으로써 생성되는 활성종의 양을 제어할 수 있다.
- [0038] 활성종의 양이 너무 많으면 기판에 도달하여 형성되는 폴리머의 양이 과도하여 etch stop이 일어날 수 있다. 반대로 활성종의 양이 너무 적으면 종횡비가 높을수록 트렌치 내 폴리머가 도달할 수 있는 양이 줄어들기 때문에 극고종횡비 식각이 불가능해진다.
- [0039] 따라서 폴리머의 양은 충분히 공급하여 트렌치 내부 깊숙이 전달되게 해야 하고, 트렌치 입구에는 적절한 양의 폴리머만 형성되게끔 이온충격을 통해 폴리머의 양을 제거해주는 과정이 반복적으로 일어나야 한다.
- [0040] 이를 위해 본 발명에서는 펄스 플라즈마를 사용하여 폴리머를 형성하는 활성종의 밀도를 제어하고, 이와 함께 식각에 필요한 이온의 에너지를 제어하기 위해 플라즈마 소스 파워의 펄스 주기와 위상이 반대인 동기화된 바이어스 또는 소스 전력의 오프 구간에서만 활성화되는 바이어스를 사용하는 극고종횡비 식각 공정 방법을 제안한다.
- [0041] 도 1은 본 발명에 따른 고주파 펄스 소스 및 저주파 펄스 바이어스를 이용한 플라즈마 극고종횡비 식각 방법이 이루어지는 플라즈마 장치의 구성도이다.
- [0042] 도 1을 참고하면, 본 발명에 따른 고주파 펄스 소스 및 저주파 펄스 바이어스를 이용한 플라즈마 극고종횡비 식각 방법이 이루어지는 플라즈마 장치는, 펄스변조 소스 파워 생성기(101), 소스 임피던스 정합기(102), 소스 전극(103), 펄스변조 바이어스 파워 생성기(104), 바이어스 임피던스 정합기(105), 바이어스 전극(106), 웨이퍼(기판)(107), 및 플라즈마(108)를 포함한다.
- [0043] 즉, 상기 플라즈마 장치는 축전 결합 형태의 챔버(반응 챔버)에 구비된 소스 전극(103) 및 바이어스 전극(106)에 각각 펄스 형태의 과전을 인가할 수 있는 전력 장치(101, 104) 및 임피던스 정합기(102, 105)를 포함한다.
- [0044] 펄스변조 소스 파워 생성기(101)로는 고밀도의 플라즈마 발생을 위한 13.56 MHz의 고주파(RF) 전력 생성기가 사용될 수 있고, 펄스변조 바이어스 파워 생성기(104)로는 13.56 MHz보다 낮은 주파수를 갖는 교류 전력 생성기가 사용될 수 있다. 예를 들어, 바이어스 전극(106)에 인가되는 저주파 신호의 주파수는 400 kHz 또는 2 MHz 가 사용될 수 있다.
- [0045] 도 2a는 본 발명에 따른 고주파 펄스 소스 및 저주파 펄스 바이어스를 이용한 플라즈마 극고종횡비 식각 방법에서 소스 전극 및 바이어스 전극으로의 펄스 전력 인가 방법을 설명하기 위한 일 실시예 도면이고, 도 2b는 본 발명에 따른 고주파 펄스 소스 및 저주파 펄스 바이어스를 이용한 플라즈마 극고종횡비 식각 방법에서 소스 전극 및 바이어스 전극으로의 펄스 전력 인가 방법을 설명하기 위한 다른 실시예 도면이다.
- [0046] 도 2a를 참조하면, 소스 전극(103)에 RF 펄스 전력을 온 구간(On duration) 및 오프 구간(Off duration)을 반복적으로 인가하여 플라즈마가 생성 및 소멸이 반복적으로 일어나게 한다. 이와 동시에 바이어스 전극(106)에는 저주파 교류 전력을 이용하여 소스 전극(103)의 전력이 오프 구간일 때 온 구간을 유지하고, 소스 전극(103)의 전력이 온 구간일 때 오프 구간을 유지하도록 동기화한다.

- [0047] 즉, 상기 바이어스 전극에는, 상기 소스 전력의 온 구간 및 오프 구간에 대응하여 동기화되어 오프 구간 및 온 구간이 반복하는 상기 저주파 바이어스 전력을 인가한다.
- [0048] 도 2b를 참조하면, 소스 전극(103)에 RF 펄스 전력을 온 구간(On duration) 및 오프 구간(Off duration)을 반복적으로 인가하여 플라즈마가 생성 및 소멸이 반복적으로 일어나게 한다. 이와 동시에 바이어스 전극(106)에는, 상기 소스 전력의 오프 구간 내에서만 상기 바이어스 전극에 저주파 바이어스 전력을 인가하여 이온 에너지를 활성화시킨다.
- [0049] 도 3a는 플라즈마 장치의 소스 전극에 인가되는 고주파 펄스 전력의 시변에 따른 이온 밀도 및 전자 밀도를 나타내는 그래프이고, 도 3b는 플라즈마 장치의 소스 전극에 인가되는 고주파 펄스 전력의 시변에 따른 전자 온도 변화를 나타내는 그래프이다.
- [0050] 도 3a 및 3b를 참고하면, 온 구간에서는 전자 밀도의 증가로 공정에 사용되는 탄소 및 불소가 함유된 공정 가스의 이온화를 및 해리율을 증가시켜 이온 및 활성종의 밀도를 증가시킬 수 있다. 오프 구간에서는 플라즈마가 소멸되면서 전자 밀도 및 전자 온도가 감소함에 따라 공정 가스의 이온화 및 해리 반응이 줄어들어 활성종 및 이온의 생성이 줄어든다. 활성종은 가스 온도에 의존한 속도 분포를 갖고 확산되는 반면, 이온은 가벼운 전자가 벽으로 확산됨에 따라 생성된 전기장에 의해 빠른 속도로 이동하면서 전자가 급격히 감소하는 것을 따라 이온 또한 급격히 줄어든다. 이온의 감소는 플라즈마 주위에 형성되는 쉬스 두께의 크기를 증가시키고 그에 따라 쉬스에 걸리는 전압 및 기관에 도달하는 이온의 에너지가 증가하게 된다. 또한 마스크에 쌓이는 전하를 제거해줌으로써 전기적 영향에 의한 식각 프로파일의 왜곡을 줄일 수 있다.
- [0051] 도 4는 도 2a의 일 실시예에 따라, 플라즈마 장치의 소스 전극에 인가되는 고주파 펄스의 온 구간 및 오프 구간에서, 플라즈마 내에 발생하는 활성종 및 이온의 밀도 및 기관에 도달하는 이온의 에너지 변화를 설명하기 위한 도면이다.
- [0052] 도 3a, 3b 및 도 4를 참조하면, 소스 전극(103)에 인가되는 전력이 온 구간일 때, 플라즈마가 발생하여 전자 밀도 및 전자 온도가 증가함에 따라 반응성 가스로부터 활성종 및 이온의 생성이 증가한다. 소스 전극(103)에 인가되는 전력이 오프 구간일 때 플라즈마는 소멸되고 전자 밀도 및 전자 온도는 감소한다. 그에 따라 활성종 및 이온이 감소하지만, 가벼운 전자의 감소하는 속도에 따라 이온이 활성종에 비해 더 빨리 감소하게 된다. 이 때 바이어스 전극의 전력이 온 상태(온 구간)가 되면 적게 발생된 이온에 높은 에너지를 인가할 수 있고, 이를 통해 폴리머의 양을 제어하면서 극고종횡비를 갖는 식각이 가능하다.
- [0053] 도 5a는 본 발명에 따른 고주파 펄스 소스 및 저주파 펄스 바이어스를 이용한 플라즈마 극고종횡비 식각 방법에서 듀티비가 25인 경우, 플라즈마 장치의 소스 전극에 인가되는 고주파 펄스 전력의 시변에 따른 전자 밀도, 이온의 밀도 및 전자 온도 변화를 나타내는 그래프이고, 도 5b는 본 발명에 따른 고주파 펄스 소스 및 저주파 펄스 바이어스를 이용한 플라즈마 극고종횡비 식각 방법에서 듀티비가 50인 경우, 플라즈마 장치의 소스 전극에 인가되는 고주파 펄스 전력의 시변에 따른 전자 밀도, 이온의 밀도 및 전자 온도 변화를 나타내는 그래프이고, 도 5c는 본 발명에 따른 고주파 펄스 소스 및 저주파 펄스 바이어스를 이용한 플라즈마 극고종횡비 식각 방법에서 듀티비가 75인 경우, 플라즈마 장치의 소스 전극에 인가되는 고주파 펄스 전력의 시변에 따른 전자 밀도, 이온의 밀도 및 전자 온도 변화를 나타내는 그래프이고, 도 6a는 본 발명에 따른 고주파 펄스 소스 및 저주파 펄스 바이어스를 이용한 플라즈마 극고종횡비 식각 방법에서 펄스 주파수가 5 kHz인 경우, 플라즈마 장치의 소스 전극에 인가되는 고주파 펄스 전력의 시변에 따른 전자 밀도, 이온의 밀도 및 전자 온도 변화를 나타내는 그래프이고, 도 6b는 본 발명에 따른 고주파 펄스 소스 및 저주파 펄스 바이어스를 이용한 플라즈마 극고종횡비 식각 방법에서 펄스 주파수가 10 kHz인 경우, 플라즈마 장치의 소스 전극에 인가되는 고주파 펄스 전력의 시변에 따른 전자 밀도, 이온의 밀도 및 전자 온도 변화를 나타내는 그래프이고, 도 6c는 본 발명에 따른 고주파 펄스 소스 및 저주파 펄스 바이어스를 이용한 플라즈마 극고종횡비 식각 방법에서 펄스 주파수가 20 kHz인 경우, 플라즈마 장치의 소스 전극에 인가되는 고주파 펄스 전력의 시변에 따른 전자 밀도, 이온의 밀도 및 전자 온도 변화를 나타내는 그래프이다.
- [0054] 도 5a 내지 5c, 6a 내지 6c를 참고하면, 소스 전극(103)에 인가되는 소스 전력의 듀티비나 펄스 주파수를 제어함에 따라 플라즈마 내 활성종 및 이온의 밀도를 제어할 수 있음을 알 수 있다.
- [0055] 즉, 소스 전력의 듀티비와 펄스 주파수의 변화에 따라 전자의 평균 밀도가 달라지므로 반응성 가스로부터 해리된 활성종의 밀도도 변한다.
- [0056] 듀티비의 경우, 듀티비가 증가할수록 전자의 평균밀도가 높아짐에 따라 반응성 가스의 해리율도 높아지므로 활

성종의 평균 밀도 또한 높아짐을 알 수 있다. 따라서 소스 전극(103)에 인가되는 소스 전력의 듀티비나 펄스 주파수는 극고종횡비 식각 방법의 제어 변수로서 활용될 수 있다.

- [0057] 도 7은 본 발명에 따른 고주파 펄스 소스 및 저주파 펄스 바이어스를 이용한 플라즈마 극고종횡비 식각 방법에서, 바이어스 전극에 인가되는 저주파 펄스 전력의 주파수에 따른 이온 에너지 분포 함수를 나타내는 그래프이다.
- [0058] 도 7을 참고하면, 바이어스 전극(106)에 인가되는 저주파 바이어스 파워(전력)의 주파수가 높을 때 기관에 도달하는 이온의 에너지는 바이어스 근처에 생성된 쉬스의 시간에 대한 평균 전압에 의해 결정되지만, 주파수가 낮을수록 이온 에너지는 쉬스에 걸린 실시간 변하는 전압에 의해 결정된다. 이러한 이온에너지 변화는 식각물에 영향을 미칠 수 있기 때문에 주파수를 변화에 따라 이온에너지 제어가 가능하다.
- [0059] 도 8은 본 발명에 따른 고주파 펄스 소스 및 저주파 펄스 바이어스를 이용한 플라즈마 극고종횡비 식각 방법의 일 실시예 흐름도이다.
- [0060] 먼저, 처리할 기관을 바이어스 전극 상에 로딩한다(S810).
- [0061] 이후, 식각 반응 가스를 주입한다(S820).
- [0062] 이후, 플라즈마를 형성하기 위해 고주파 소스 전력을 반응 챔버 내부의 소스 전극에 인가하고, 이온 에너지를 제어하기 위한 저주파 바이어스 전력을 상기 반응 챔버 내부의 상기 바이어스 전극에 인가한다(S830).
- [0063] 이후, 플라즈마가 발생된다(S840).
- [0064] 이후, 발생된 플라즈마를 이용하여 상기 기관의 표면을 식각한다(S850).
- [0065] 일 실시예로, 상기 전력인가단계(S830)에서는, 상기 소스 전극에 펄스 변조되어 온 구간 및 오프 구간이 반복하는 고주파 소스 전력을 인가하여 활성종의 밀도를 주기적으로 증가 및 감소시키고, 상기 소스 전력의 온 구간 및 오프 구간에 대응하여 동기화되어 오프 구간 및 온 구간이 반복하는 상기 저주파 바이어스 전력을 상기 바이어스 전극에 인가하여 이온 에너지를 비활성화 및 활성화시킨다.
- [0066] 한편, 다른 실시예로, 상기 전력인가단계(S830)에서는, 상기 소스 전극에 펄스 변조되어 온 구간 및 오프 구간이 반복하는 고주파 소스 전력을 인가하여 활성종의 밀도를 주기적으로 증가 및 감소시키고, 상기 소스 전력의 오프 구간 내에서만 상기 바이어스 전극에 저주파 바이어스 전력을 인가하여 이온 에너지를 활성화시킨다.
- [0067] 상기 소스 전극에 인가되는 고주파 소스 신호는 13.56 MHz의 주파수를 가지고, 상기 바이어스 전극에 인가되는 저주파 바이어스 신호는 13.56 MHz 보다 낮은 주파수를 가지며, 예를 들어, 400 kHz, 2MHz의 주파수를 가진다.
- [0068] 상기 소스 전극에 인가되는 고주파 소스 신호 및 상기 바이어스 전극에 인가되는 저주파 바이어스 신호를 제어하여, 활성종의 밀도, 이온의 밀도, 및 기관에 도달하는 이온의 에너지 크기를 독립적으로 제어한다.
- [0069] 상기 반응 챔버 내의 전자의 밀도 및 이온의 밀도는, 상기 고주파 소스 신호의 듀티비(duration rate)에 비례하므로, 활성종의 평균 밀도가 상기 고주파 소스 신호의 듀티비에 비례한다.
- [0070] 한편, 상기 반응 챔버 내의 전자의 밀도 및 이온의 밀도는, 상기 고주파 소스 신호의 펄스 주파수(pulse frequency)에 비례하므로, 활성종의 평균 밀도가 상기 고주파 소스 신호의 펄스 주파수에 비례한다.
- [0071] 한편, 상기 반응 챔버 내의 이온 에너지 분포 함수는, 상기 저주파 바이어스 신호의 주파수(Frequency)가 높을수록 상기 이온의 에너지는 바이어스 근처에 생성된 쉬스의 시간에 대한 평균 전압에 의해 결정되고, 상기 저주파 바이어스 신호의 주파수(Frequency)가 낮을수록 이온의 에너지는 쉬스에 걸린 실시간 변하는 전압에 의해 결정된다.
- [0072] 이상에서 본 발명의 일 실시예에 따른 고주파 펄스 소스 및 저주파 펄스 바이어스를 이용한 플라즈마 극고종횡비 식각 방법에 대하여 설명하였지만, 고주파 펄스 소스 및 저주파 펄스 바이어스를 이용한 플라즈마 극고종횡비 식각 방법을 구현하기 위한 프로그램이 저장된 컴퓨터 판독 가능한 기록매체 및 고주파 펄스 소스 및 저주파 펄스 바이어스를 이용한 플라즈마 극고종횡비 식각 방법을 구현하기 위한 컴퓨터 판독 가능한 기록매체에 저장된 프로그램 역시 구현 가능함은 물론이다.
- [0073] 즉, 상술한 고주파 펄스 소스 및 저주파 펄스 바이어스를 이용한 플라즈마 극고종횡비 식각 방법은 이를 구현하기 위한 명령어들의 프로그램이 유형적으로 구현됨으로써, 컴퓨터를 통해 판독될 수 있는 기록매체에 포함되어 제공될 수도 있음을 당업자들이 쉽게 이해할 수 있을 것이다. 다시 말해, 다양한 컴퓨터 수단을 통하여 수행될

수 있는 프로그램 명령 형태로 구현되어, 컴퓨터 판독 가능한 기록매체에 기록될 수 있다. 상기 컴퓨터 판독 가능한 기록매체는 프로그램 명령, 데이터 파일, 데이터 구조 등을 단독으로 또는 조합하여 포함할 수 있다. 상기 컴퓨터 판독 가능한 기록매체에 기록되는 프로그램 명령은 본 발명을 위하여 특별히 설계되고 구성된 것들이거나 컴퓨터 소프트웨어 당업자에게 공지되어 사용 가능한 것일 수도 있다. 상기 컴퓨터 판독 가능한 기록매체의 예에는 하드 디스크, 플로피 디스크 및 자기테이프와 같은 자기 매체(magnetic media), CD-ROM, DVD와 같은 광 기록매체(optical media), 플롭티컬 디스크(floptical disk)와 같은 자기-광 매체(magneto-optical media), 및 롬(ROM), 램(RAM), 플래시 메모리, USB 메모리 등과 같은 프로그램 명령을 저장하고 수행하도록 특별히 구성된 하드웨어 장치가 포함된다. 프로그램 명령의 예에는 컴파일러에 의해 만들어지는 것과 같은 기계어 코드뿐만 아니라 인터프리터 등을 사용해서 컴퓨터에 의해서 실행될 수 있는 고급 언어 코드를 포함한다. 상기 하드웨어 장치는 본 발명의 동작을 수행하기 위해 하나 이상의 소프트웨어 모듈로서 작동하도록 구성될 수 있으며, 그 역도 마찬가지이다.

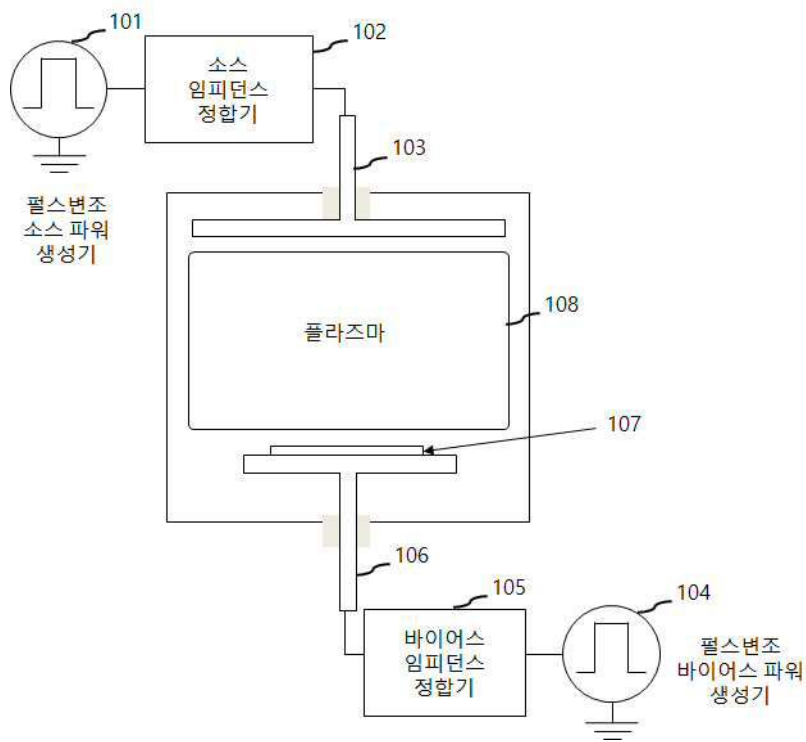
[0074] 본 발명은 상기한 실시예에 한정되지 아니하며, 적용범위가 다양함은 물론이고, 청구범위에서 청구하는 본 발명의 요지를 벗어남이 없이 다양한 변형 실시가 가능한 것은 물론이다.

### 부호의 설명

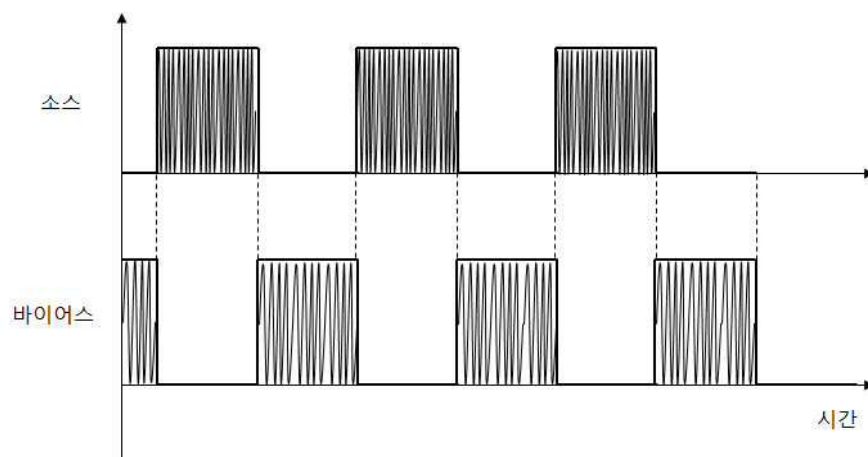
[0075] 101: 펄스 변조 소스 파워 생성기 102: 소스 임피던스 정합기  
103: 소스 전극 104: 펄스 변조 바이어스 파워 생성기  
105: 바이어스 임피던스 정합기 106: 바이어스 전극  
107: 웨이퍼(기판) 108: 플라즈마  
S810: 로딩단계  
S820: 가스주입단계  
S830: 전력인가단계  
S840: 플라즈마발생단계  
S850: 식각단계

# 도면

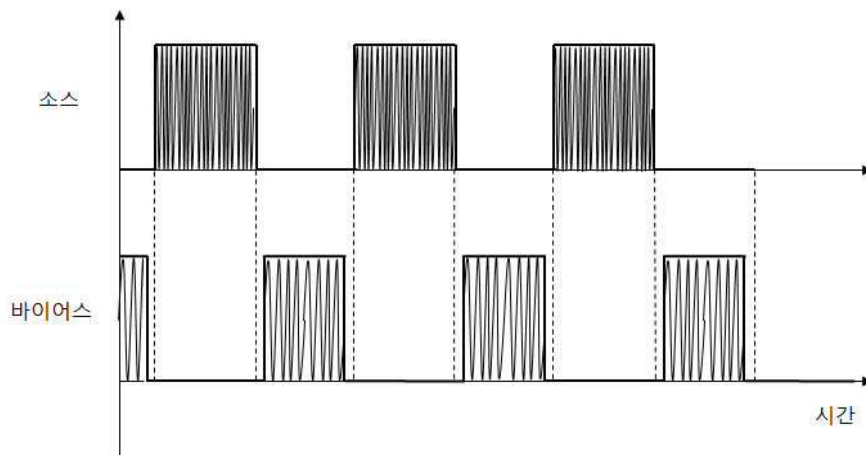
## 도면1



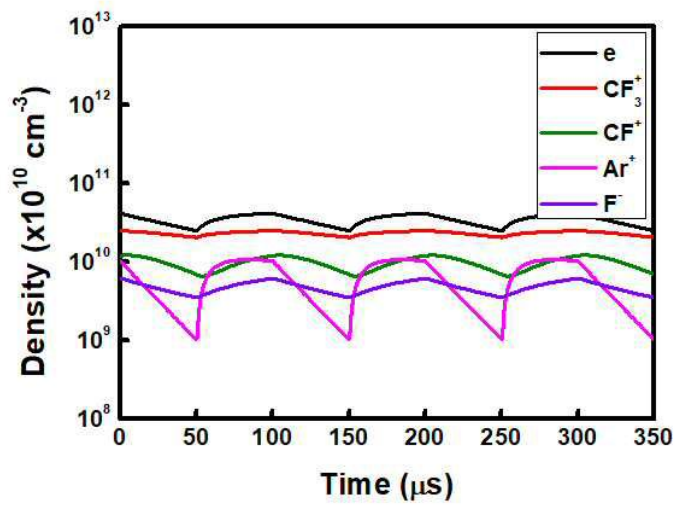
## 도면2a



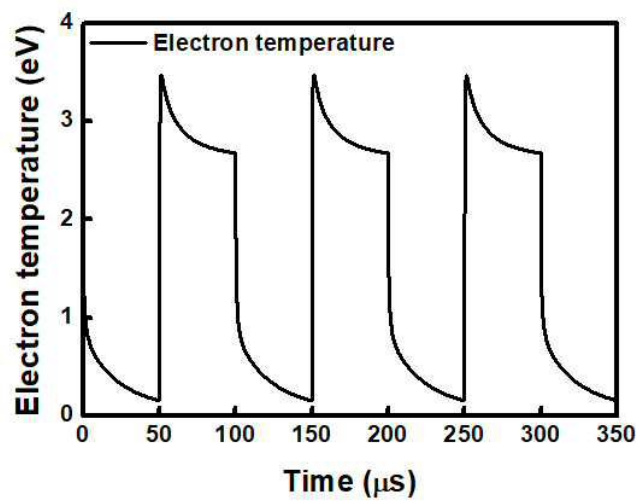
도면2b



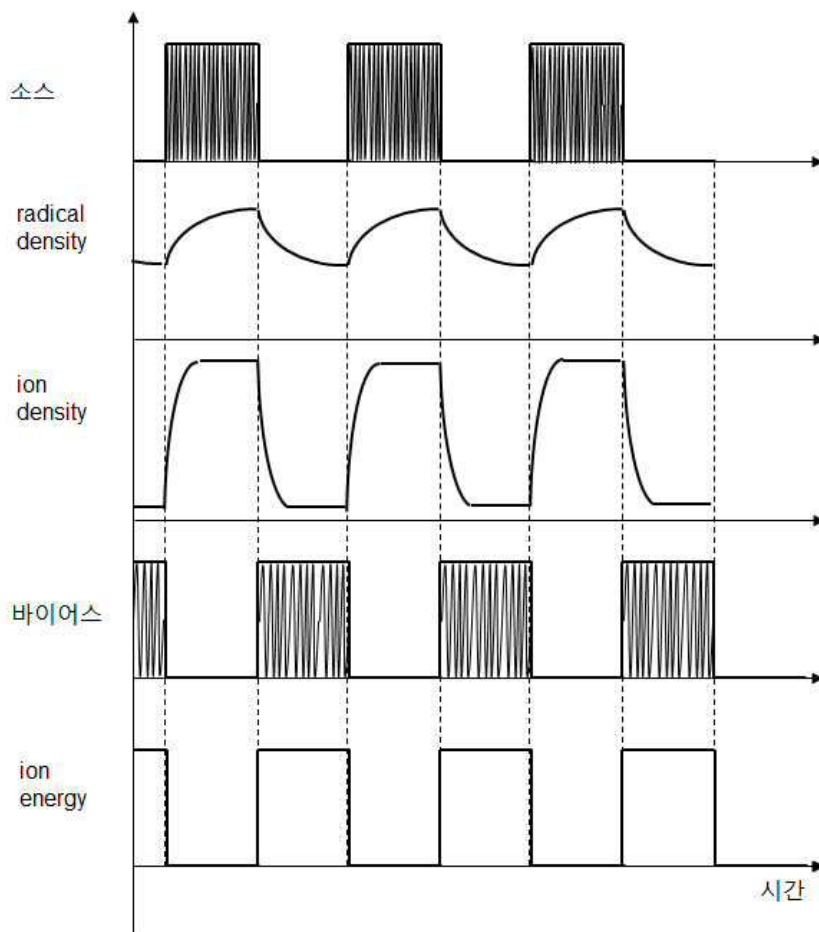
도면3a



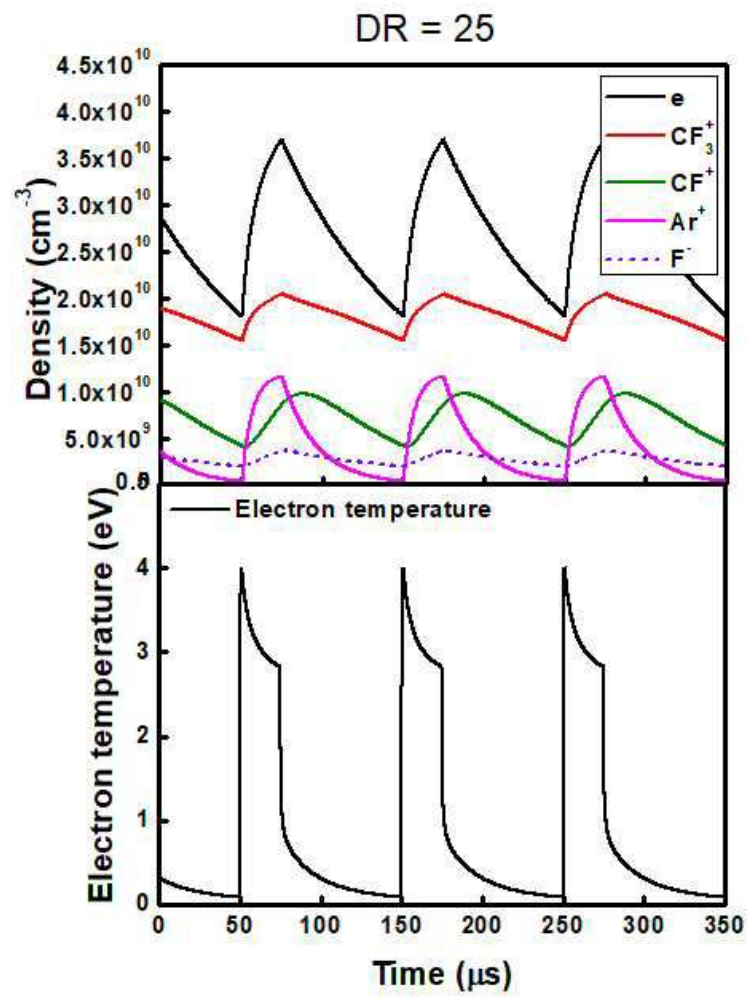
도면3b



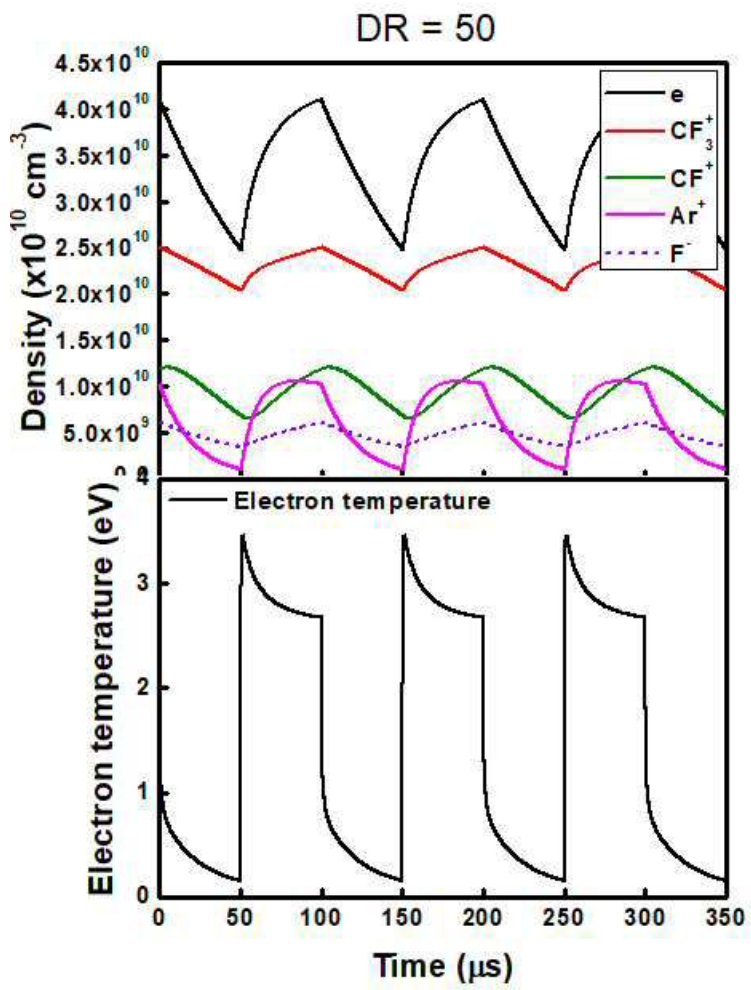
도면4



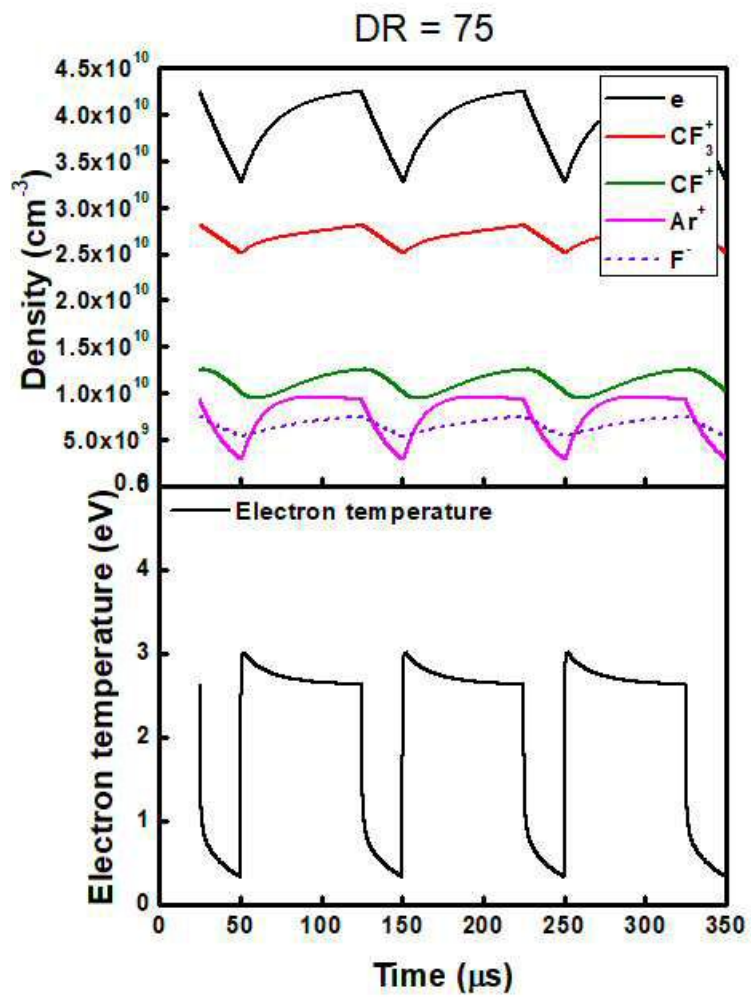
도면5a



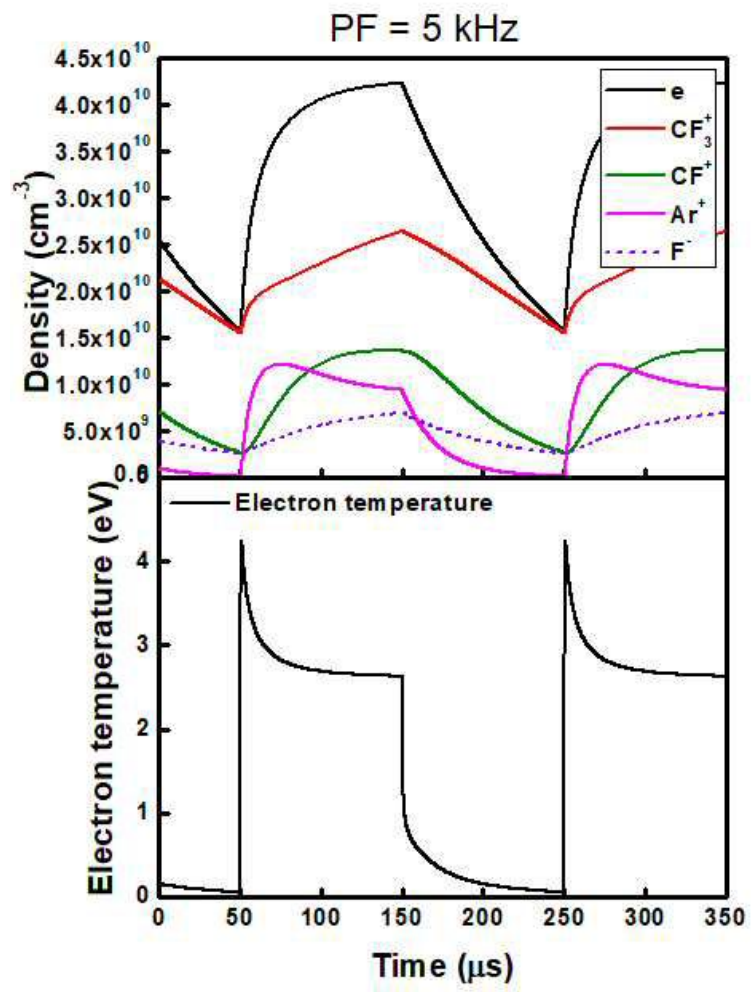
도면5b



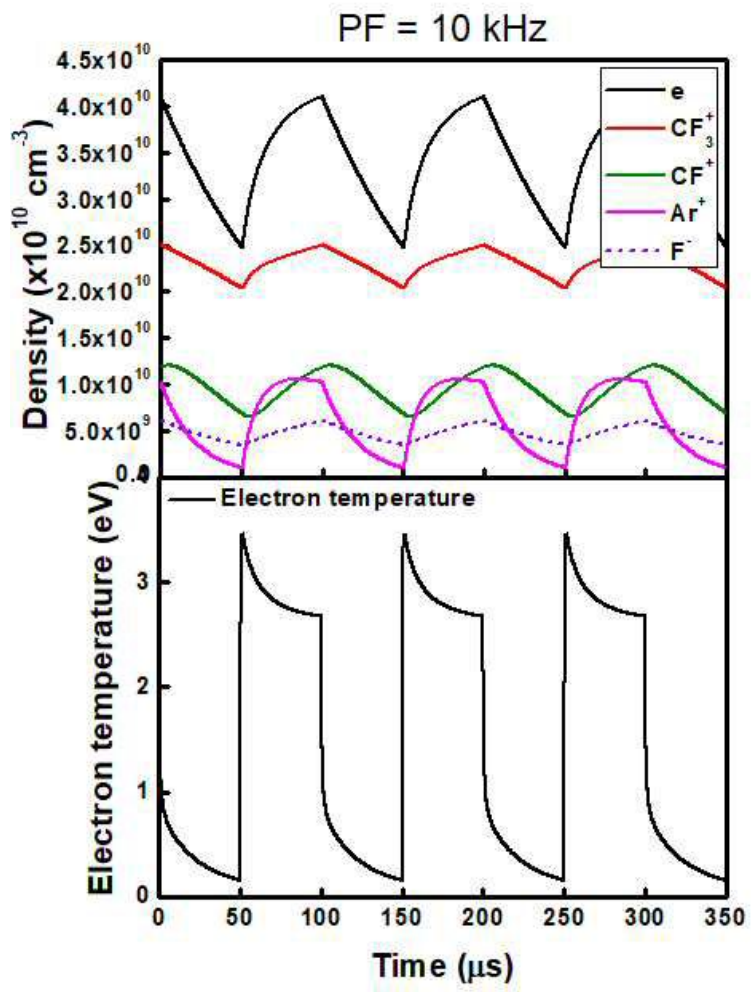
도면5c



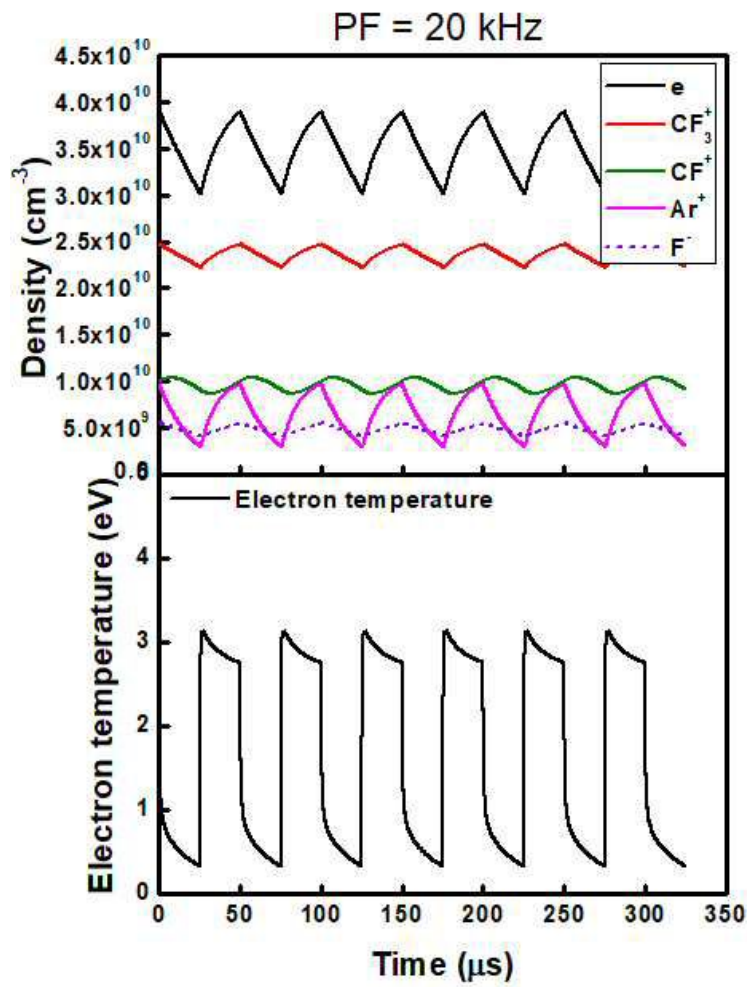
도면6a



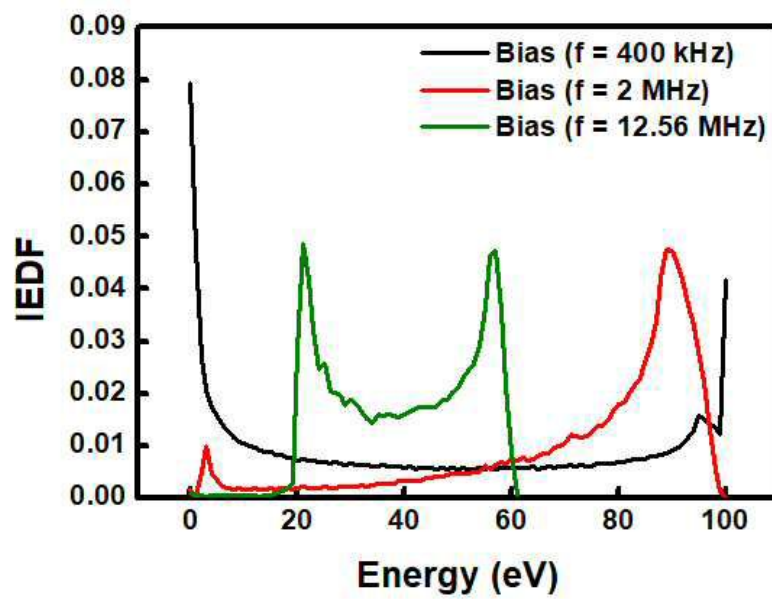
도면6b



도면6c



도면7



도면8

