



(19) 대한민국특허청(KR)  
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2008-0022546  
(43) 공개일자 2008년03월11일

- |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                                                                                                                                                    |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p>(51) Int. Cl.<br/>H05H 1/24 (2006.01) H05H 1/34 (2006.01)</p> <p>(21) 출원번호 10-2007-7028736</p> <p>(22) 출원일자 2007년12월07일<br/>심사청구일자 없음<br/>번역문제출일자 2007년12월07일</p> <p>(86) 국제출원번호 PCT/EP2006/062261<br/>국제출원일자 2006년05월11일</p> <p>(87) 국제공개번호 WO 2006/120239<br/>국제공개일자 2006년11월16일</p> <p>(30) 우선권주장<br/>11/127,328 2005년05월11일 미국(US)<br/>S2005/0301 2005년05월11일 아일랜드(IE)</p> | <p>(71) 출원인<br/>더블린 시티 유니버시티<br/>아일랜드 더블린 9 글라스네빈</p> <p>(72) 발명자<br/>엘링보 알버트 로저스<br/>아일랜드 더블린 말라하이드코 한론스 레인 인글<br/>필드</p> <p>(74) 대리인<br/>정홍식</p> |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

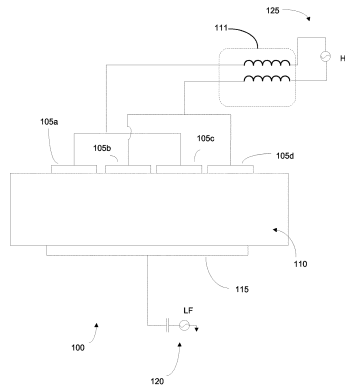
전체 청구항 수 : 총 56 항

**(54) 복수의 이상 전극을 갖는 고주파수 플라즈마 소스**

**(57) 요약**

플라즈마 소스가 개시된다. 소스는 복수의 전극들로부터 형성된 리액티브 임피던스 소자를 포함한다. 복수의 전극들을 제공하고, 서로 이상인 인접한 전극들을 파워링함에 의해서, 생성된 플라즈마의 특성들을 향상시키는 것이 가능하다.

**대표도** - 도1



## 특허청구의 범위

### 청구항 1

플라즈마 여기 영역(plasma excitation region) 및 플라즈마 여기 리액티브 임피던스 소자를 포함하는 플라즈마 소스에 있어서, 상기 플라즈마 여기 리액티브 임피던스 소자는 복수의 전극들을 포함하며, 상기 전극들은 고주파수 생성기에 연결되며, 상기 전극들이 상기 생성기에 연결될 때, 상기 복수의 전극들의 인접한 전극들이 서로 이상(out of phase)이 되어 사용되는 것을 특징으로 하는 플라즈마 소스.

### 청구항 2

제1항에 있어서,  
기준 전극을 더 포함하는 플라즈마 소스.

### 청구항 3

제2항에 있어서,  
상기 기준 전극은, 상기 플라즈마 여기 영역 하부에 제공되는 플라즈마 소스.

### 청구항 4

선행하는 청구항에 있어서,  
상기 리액티브 소자는, 상기 플라즈마 여기 영역에 인접하여 제공되는 플라즈마 소스.

### 청구항 5

선행하는 청구항에 있어서,  
상기 생성기는, RF 주파수 범위의 주파수로부터 극초단파(UHF) 범위의 주파수까지 튜닝할 수 있는 플라즈마 소스.

### 청구항 6

선행하는 청구항에 있어서,  
저주파수 생성기를 더 포함하는 플라즈마 소스.

### 청구항 7

제6항에 있어서,  
상기 리액티브 임피던스 소자의 전극들은, 상기 저주파수 생성기에 추가로 연결되는 플라즈마 소스.

### 청구항 8

제7항에 있어서,  
상기 저주파수 생성기는 공통 모드(common mode) 배열에서 동작가능한 플라즈마 소스.

### 청구항 9

제7항에 있어서,  
상기 저주파수 생성기에 연결된 선택된 개수의 상기 전극들은 공통 모드에서 동작가능하며, 상기 저주파수 생성기에 연결된 선택된 다른 전극들은 차등 모드(differential mode)에서 동작가능한 플라즈마 소스.

### 청구항 10

제9항에 있어서,  
상기 저주파수 생성기에 연결된 상기 전극들의 적어도 50%는 차등 모드에서 동작가능한 플라즈마 소스.

**청구항 11**

제6항에 있어서,  
상기 저주파수 및 고주파수 생성기들은 동시에 동작가능한 플라즈마 소스.

**청구항 12**

제6항에 있어서,  
복수의 저주파수 생성기들이 제공되는 플라즈마 소스.

**청구항 13**

제12항에 있어서,  
상기 복수의 저주파수 생성기들은 직렬로 연결되는 플라즈마 소스.

**청구항 14**

제13항에 있어서,  
제1 저주파수 생성기가 제공되어 4MHz에서 동작가능하며, 제2 저주파수 생성기가 제공되어 75kHz에서 동작가능한 플라즈마 소스.

**청구항 15**

제6항에 있어서,  
상기 각각의 저주파수 및 고주파수 생성기들은 요청되는 프로세스 출력을 제공하기 위해 개별적으로 응용되도록 형성된 플라즈마 소스.

**청구항 16**

제6항에 있어서,  
상기 저주파수 및 고주파수 생성기들의 각각의 출력은, 다른 출력에 의해 제어되는 프로세스 파라미터에 독립적인 프로세스 파라미터를 제어하는 출력을 제공하도록 형성된 플라즈마 소스.

**청구항 17**

선행하는 청구항에 있어서,  
워크피스(workpiece)를 지지하도록 추가 구성된 플라즈마 소스.

**청구항 18**

제17항에 있어서,  
상기 워크피스는, 상기 기준 전극에 인접하여 탑재 가능한 플라즈마 소스.

**청구항 19**

제17항에 있어서,  
상기 플라즈마 여기 영역을 통하여 상기 워크피스의 이동이 가능한 플라즈마 소스.

**청구항 20**

선행하는 청구항에 있어서,  
상기 복수의 전극들은 평면 배열로 제공되며, 상기 리액티브 임피던스 소자의 각 전극들은 상기 리액티브 임피던스 소자의 다른 전극들과 축을 따라 정렬되는 플라즈마 소스.

**청구항 21**

제1항 내지 제19항 중 어느 한 항에 있어서,  
상기 복수의 전극들은 구부러진(curved) 소자를 제공하도록 배치된 플라즈마 소스.

**청구항 22**

제16항에 있어서,  
상기 구부러진 소자는 비평면 워크피스들의 프로세싱을 가능하도록 이용된 플라즈마 소스.

**청구항 23**

제1항 내지 제19항 중 어느 한 항에 있어서,  
상기 복수의 전극들 중 선택된 것들은 비평면 배열로 제공되는 플라즈마 소스.

**청구항 24**

제23항에 있어서,  
상기 선택된 비평면 전극들은 기준 전극들인 플라즈마 소스.

**청구항 25**

제24항에 있어서,  
상기 기준 전극들은 원통형 배열(cylindrical geometry)로 제공되는 플라즈마 소스.

**청구항 26**

제21항에 있어서,  
상기 구부러진 소자는 평면 워크피스를 프로세스하기 위해 이용되는 플라즈마 소스.

**청구항 27**

선행하는 청구항에 있어서,  
상기 리액티브 소자는 상기 복수의 전극들 중에서 선택된 것을 통하여 가스 공급이 가능한 플라즈마 소스.

**청구항 28**

제27항에 있어서,  
상기 리액티브 소자들은 상기 모든 전극들을 통하여 가스 공급이 가능한 플라즈마 소스.

**청구항 29**

제27항에 있어서,  
상기 리액티브 소자의 각각의 전극들은 샤워헤드(showerhead) 배열인 플라즈마 소스.

**청구항 30**

제27항에 있어서,  
각각의 전극들을 통한 가스 흐름은, 개별적으로 제어되는 플라즈마 소스.

**청구항 31**

제30항에 있어서,  
각각의 전극들을 통한 가스 흐름의 제어는, 상기 플라즈마 여기 영역의 다른 영역들에서 다른 가스 케미스트리(gas chemistry)가 가능하도록 복수의 가스 공급 존(zone)을 제공하는 플라즈마 소스.

**청구항 32**

선행하는 청구항에 있어서,

펌프(pump)를 더 포함하며, 상기 펌프는 상기 플라즈마 여기 영역으로부터 가스 제거를 제공하기 위하여, 상기 리액티브 소자의 선택된 인접 전극들 사이에서 펌핑을 가능하게 하는 플라즈마 소스.

**청구항 33**

제32항에 있어서,

상기 플라즈마 여기 영역으로부터 전기적으로 절연된 소스 영역으로의 가스 제거를 가능하게 하여, 플라즈마 개질(reforming)을 방지하는 플라즈마 소스.

**청구항 34**

선행하는 청구항에 있어서,

상기 고주파수 생성기는 듀얼 위상 서플라이(dual-phase supply)인 플라즈마 소스.

**청구항 35**

제1항 내지 제33항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 고주파수 생성기는 삼상 서플라이(tri-phase supply)인 플라즈마 소스.

**청구항 36**

선행하는 청구항에 있어서,

상기 고주파수 파워는 스위치 모드(switch mode) 배열로 제공되는 플라즈마 소스.

**청구항 37**

제36항에 있어서,

상기 스위치 모드 배열은, 동일한 위상에서 동일한 스위치에 의해 모두 구동되는 전극들의 세트들을 포함하는 플라즈마 소스.

**청구항 38**

제36항에 있어서,

상기 스위치 모드 배열은, 각각의 스위치에 각각의 전극의 연결을 제공하는 플라즈마 소스.

**청구항 39**

제36항에 있어서,

상기 스위치 모드 배열은, 하나의 스위치에 둘 이상의 전극들의 연결을 제공하는 플라즈마 소스.

**청구항 40**

제36항에 있어서,

상기 스위치 모드 배열은, 직류 공급 라인들(DC feed-lines)에 저주파수 생성기의 연결을 제공하는 플라즈마 소스.

**청구항 41**

선행하는 청구항에 있어서,

상기 복수의 소자들 중 선택된 것들은 비도전성 또는 유전 물질로부터 선택된 외부 코팅을 가지는 플라즈마 소스.

**청구항 42**

선행하는 청구항에 있어서,

상기 복수의 전극들은, 제1 전극에 의해 도입되는 전류가 제2 전극에 의해 상쇄되어 상기 플라즈마 여기 영역으로 도입되는 넷 전류(net current)가 감소되도록, 배치된 플라즈마 소스.

**청구항 43**

제42항에 있어서,

상기 복수의 전극들은 2 이상의 전극 세트로 배열되며, 각 배열은 서로 동상(in-phase)인 전극들을 구비하고, 다른 세트들에 의해 상기 플라즈마 여기 영역으로 도입되는 넷 전류를 효과적으로 상쇄시킬 수 있도록 배치된 플라즈마 소스.

**청구항 44**

제1항 내지 제41항 중 어느 한 항의 플라즈마 소스를 포함하는 재진입(re-entrant) 플라즈마 프로브.

**청구항 45**

프로덕트(product)의 내부 표면을 코팅하기 위한 고주파수 플라즈마 재진입 프로브에 있어서, 상기 프로브는, 완드(wand) 상에 제공되는 전극 구조 배치를 포함하며, 상기 완드는 상기 내부 표면에 인접한 프로덕트의 영역으로 상기 구조의 삽입을 가능하게 하는 고주파수 재진입 플라즈마 프로브.

**청구항 46**

선행하는 청구항에서 청구된 것과 같은 소스를 구동하는 방법에 있어서,

상기 방법은,

특정 프로세스 출력을 최적화하기 위해 상기 고주파수 생성기를 튜닝하는 단계;를 포함하며,

상기 튜닝은, 상기 요청되는 특정 프로세스 출력이 나타날 때까지 생성된 상기 플라즈마 특성들의 변형을 가능하게 하는 방법.

**청구항 47**

제6항에서 청구된 것과 같은 소스를 구동하는 방법에 있어서,

상기 고주파수 및 저주파수 생성기들 각각은 특정 파라미터들을 제어하며, 상기 두 개의 생성기들은 요청되는 프로세스 출력을 제공하기 위하여 개별적으로 응용될 수 있는 방법.

**청구항 48**

제47항에 있어서,

스위치 모드 배열에서, 상기 방법은,

용량성 및 유도성 수단들에 의해 상기 플라즈마로 커플링되는 파워의 상대적 양(relative amount)을 변화시키기 위하여 상기 전극 전압의 슬루 레이트(slew rate)를 변화시키는 단계;를 포함하는 방법.

**청구항 49**

제47항 또는 제48항에 있어서,

스위치들 사이의 기간은, 상기 플라즈마로 전달되는 전체 파워를 제어함으로써 제어될 수 있는 방법.

**청구항 50**

제47항 내지 제49항 중 어느 한 항에 있어서,

적절한 직류 레일 전압은 상기 이온 에너지를 제어하기 위해 선택되어, 상기 프로세스를 최적화하는, 방법.

**청구항 51**

플라즈마 프로덕션(production)에서 사용되는 전극 어셈블리에 무선 주파수(RF) 파워를 커플링하는 방법에 있어서, 상기 방법은,

- a. 플라즈마 볼륨(plasma volume)에 인접한 복수의 전극들을 마련하는 단계;
- b. 가변 주파수 생성기에 상기 복수의 전극들이 스위칭 가능하게(adjustably) 연결하는 단계; 및
- c. 상기 생성기에 의해 상기 플라즈마 볼륨으로 제공되는 상기 파워의 유도성 연결(inductive coupling) 양을 가변하기 위하여 상기 스위칭 영역의 슬루 레이트를 제어하는 단계;를 포함하는 방법.

**청구항 52**

제51항에 있어서,  
상기 가변 주파수 생성기는 고주파수 생성기인 방법.

**청구항 53**

제51항 또는 제52항에 있어서,  
스위칭 사이의 기간은, 상기 플라즈마 볼륨으로 인가되는(deposited) 파워의 양을 결정하기 위해 이용되는 방법.

**청구항 54**

제51항 내지 제53항 중 어느 한 항에 있어서,  
상기 슬루 레이트를 제어하는 단계는,  
RF 범위로부터 UHF(Ultra High Frequencies) 범위까지 천이(transition)을 제공하여, 프로세스 케미스트리(process chemistry) 및/또는 전자 온도( $T_e$ )의 튜닝을 제공하는 방법.

**청구항 55**

제51항 내지 제54항 중 어느 한 항에 있어서,  
전극이 고전압 상태로 있게 되는 시간의 길이는, 상기 전극의 이온 충돌 에너지를 제어하며, 만약 상기 소스가 제한된 배치에서 사용된다면 하부 전극의 이온 충돌 에너지를 제어하는 방법.

**청구항 56**

제51항 내지 제55항 중 어느 한 항에 있어서,  
상기 전극에 인가되는 전압 값들의 선택으로 이온 충격 에너지(ion impact energy)를 제어하는 방법.

**명세서**

**기술분야**

<1> 본 발명은 플라즈마 소스에 관한 것으로서, 보다 상세하게는 플라즈마 프로세스 내에서 제어된 파장 효과(wavelength effect)를 제공하기 위해서 서로 이상(out of phase)인 리액티브 소자들을 갖는 플라즈마 소스에 관한 것이다.

**배경기술**

<2> 플라즈마는 전기를 통하는 이온화된 가스이다. 플라즈마를 생성하기 위해서, 일반적으로는 특별하게 설계된 챔버(chamber) 내에 포함된 가스에 전기장이 인가된다. 이온과 전자가 오랜 수명을 갖는 진공 챔버에서, 그렇게 하는 것은 비교적 쉽다. 메가 헤르츠(MHz) 범위를 갖는 RF(Radio Frequency) 파워가 챔버에 담긴(immersed) 2개의 금속판, 또는 전극에 인가될 수 있으며, 그 결과 용량성 방전을 생성할 수 있다. 대안으로, 챔버 벽에 부착된 코일로 RF 파워가 인가될 수 있으며, 그 결과 유도결합된 플라즈마를 생성할 수 있다.

<3> 반도체 분야에서, 플라즈마는 일반적으로 반도체, 유전체, 및 금속의 표면과 같은 워크피스(workpiece)로부터

재료를 적층(deposition)하고 재료를 에칭하기 위해 이용된다. 이러한 프로세스는 기판에 특별한 전자 소자들을 형성하기 위해 이용된다. 가스는 워크피스가 위치한 진공 플라즈마 프로세싱 챔버로 주입된다. 절연 파괴(electrtric breakdown)를 겪은 가스는 안테나가 플라즈마 윈도우에 인접한 전류를 운반하는 유도성 소스(inductive source) 및 발전하는 전압을 갖는 하나의 전극(또는 하나 이상의 전극들)을 이용하는 용량성 소스(capacitance source) 중 어느 하나를 사용하는 여기 영역(excitation region)에 플라즈마를 형성한다. 1990년대 초반까지는 용량성에 기초한 시스템들이 더 선호되었지만, 1991년부터 1995년까지는 유도성 소스가 더 우세하였으며, 그 결과, 금속 에칭 또는 폴리 에칭 어플리케이션에서 유도성 소스가 두드러지게 되었다. 그러나, 유도성 소스 플라즈마는 산화 에칭 어플리케이션에 있어서 문제점이 있었다. 또한, 기본적인 제조에 필요한 성능 및 안정성을 제공하는 산화물 에칭을 위한 유도성 시스템의 설계는 유도성에 기초한 시스템의 비용을 아주 높게 만든다.

- <4> 1998년경 이러한 시스템 제조자들, 즉 Lam Research Coporation 및 TEL과 같은 회사들은 이 분야에서의 플라즈마 에칭 문제들에 대해 더 값싸고 더 믿을 수 있는 솔루션을 제공하기 위하여 용량성 시스템에 다시 관심을 갖기 시작했다. 또한, 발전으로 인해 유도성 시스템의 비용으로 용량성 시스템이 재도입되었다. 이러한 환경에 있어서 산화물 에칭 어플리케이션에 대한 바람직한 선택으로서 듀얼 주파수 용량성 시스템이 다시 출현하게 되었다.
- <5> 하나의 주파수 용량성 리액터에서, 더 높은 이온 충돌 에너지(ion bombardment energy)를 얻기 위해 RF 파워를 증가시키는 것이 가능하다는 점이 듀얼 주파수 시스템에 대한 이러한 트렌드의 이유이나, 플라즈마 밀도는 또한 증가할 것이다. 이러한 두 파라미터들은 하나의 주파수 생성기를 사용하여 독립적으로 변할 수 없다. 추가적인 유연성 정도를 제공하기 위해서, 용량성 플라즈마의 하나 이상의 여기 주파수가 제공된다. W003015123에서 설명된 것처럼 대표적인 접근방법은 각각 하나의 전극에 부착된 두 개의 분리된 파워서플라이(고주파수 서플라이 및 저주파수 서플라이)를 이용한다. 필터링은, 예를 들어, MHz 신호에 대하여 고임피던스가 되는 것처럼 보이지만, KHz 신호에서 상부 전극을 접지시키는 인덕터를 사용하는 것과 같이, 두 신호들 사이의 간섭(interaction)을 최소화하기 위해 이용된다. 유사하게, 캐패시터는 고주파수 신호들에 대하여 하부 전극을 접지시키는데 이용된다. 대안적인 구성은 트라이오드 또는 특별한 방사 형상(radial geometry) 내에 플라즈마가 제한되도록 배치된 제한 장치(confined arrangement)를 포함하며, 양 서플라이들이 동일한 전극에 연결된 추가장치가 또한 더 이용될 수 있다. 모든 경우에 있어서 기판 및 핀(pins), 리프터(lifters), 쿨런트(coolants), 센서(sensors) 등과 같이 필수인 관련 기판 핸들링 소자들이, 그 환경에 부합될 필요가 있는 외부 세상에 연결되도록 RF 구동된다. 이는, 엔지니어링을 더 복잡하게 하며, 필연적으로 비용을 증가시킨다.
- <6> 공정한 접근을 위해서, 듀얼 주파수 용량성 시스템에서 고주파수 파워는 플라즈마 밀도를 제어한다 : 이는 플라즈마 내부의 저항성 파워(ohmic power)를 증대시키는 더 높고, 더 효율적인 변위 전류 및 외장 가열 메커니즘에 기인한다. 저주파수 여기는 이온 충돌 에너지에 영향을 준다. 그러므로, 유서는 하나의 여기 주파수에서는 그다지 쉽지않은, 이온 충돌 에너지 및 플라즈마 밀도를 분리하여 조정할 수 있는 능력을 갖게 된다. 이러한 디자인의 리액터(reactor)들은 PECVD(Plasma Enhanced Chemical Vapor Deposition) 및 플라즈마 에칭(plasma etching) 양쪽에 응용된다.
- <7> 대부분의 알려진 시스템들은 파워를 플라즈마 영역에 인가하기 위한 하나의 전극을 사용한다. TEL(Tokyo Electron Limited)에 양도된 US2004/0168770, US6,962,664 및 US6,884,635는 복수의 전극 세그먼트(segment)들을 갖는 분절된 전극 구조의 사용을 설명하는데, 여기서 각각의 세그먼트는 그에 연결된 RF 파워 서플라이를 갖는다. 제어 시스템은 플라즈마 부하 임피던스를 매칭시키기 위해 임피던스를 다이내믹하게 변화시키는 것으로 설정된다. 이러한 구성들은 전극 소자들이 서로 동상(in-phase)을 나타내도록 하여, 전극들 사이의 간섭을 최소화하도록 특별히 설계된다. 하지만, 모든 경우에 있어서, 플라즈마로 인가되는 네트 전류(net current)가 여전히 인가되며, 이는 높은 동작 주파수에서 전자기 파워 분배(electromagnetic power distribution)에서 파장 효과를 야기할 수 있어, 결과적으로 불균일한 전압 및 전류와, 플라즈마로의 불균일한 파워 적층(deposition), 기판 표면 상의 불균일한 처리 결과(에칭 및 /또는 적층)가 생길 수 있다.
- <8> 리액터 설계에 있어서 이러한 이점에도 불구하고, 많은 문제점이 여전히 존재한다. 이는, 전압 불균일을 야기하며, 전류가 전극 표면에 병렬적으로 플라즈마로 도입되도록 하는 파장 효과를 포함하며, 이러한 상태에서 불균일 파워 적층이 또한 존재하여, 이로 인해, 플라즈마의 성능을 떨어뜨리는 불균일 플라즈마 밀도(non-uniform plasma density)가 발생하는 것을 예상될 수 있다.
- <9> 그러므로, 상술한 문제점 및 다른 문제점을 해결할 수 있는 플라즈마 소스를 제공할 필요가 있다.



**발명의 상세한 설명**

- <10> 본 발명에 따르면 플라즈마 소스에 관한 여러 문제점들이 제기된다. 본 발명의 제1 실시 예에 따르면, 소스는 다수의 인접한 전극들을 제공하며, 각각의 전극들은 인접한 전극들에 관하여 서로 이상(out of phase)이다.
- <11> 전극들은 예를 들어 평면의(planar), 반구의(hemispheric), 돔의(dome), 볼록한(convex), 오목한(concave), 및/또는 높낮이가 있는(undulating) 구조를 포함하는 복수의 다른 기하학적 구조(geometrical configuration) 중 하나로 구성될 수 있다. 전극들은 생성된 플라즈마에 직접 접촉되도록 제공될 수 있다. 본 발명에 따른 배치를 사용함으로써, 전극 스페이싱 및/또는 파워 분배 설계 및/또는 캐패시터들 및/또는 인덕터들과 같은 능동 소자들을 포함 여부를 변형하여, 센터부터 에지까지의 상대적인 파워 적층(centre-to-edge power deposition)을 제어하는 것이 가능하다.
- <12> 본 발명은 종속항들에서 설명되는 이로운 실시 예들과 함께 제1항에 따른 플라즈마 소스를 제공한다. 또한, 본 발명은 그 종속항들에서 제공된 실시 예들과 함께 청구항 제46항 및 제47항에 따른 소스 동작 방법을 제공한다. 또한, 본 발명은 그 종속항들에서 제공된 실시 예들과 함께 청구항 제51항에서 기재된 바와 같이 전극 어셈블리로의 RF 파워 커플링 방법론을 제공한다. 또한 본원 일 실시 예에서는 청구항 제44항 및 제45항에서 설명된 것처럼 재진입 프로브가 제공된다. 본 발명은 다음의 도면들에 관하여 이하에서 설명될 플라즈마 소스를 제공한다.
- <13> 이러한 본 발명의 특징들은 본 발명의 바람직한 실시 예에 관하여 이제 설명될 것이다.

**실시 예**

- <23> 도 1은 본 발명의 일 실시 예에 따른 플라즈마 소스(100)의 동작 소자들을 개략적으로 나타낸다. 소스(100)는 프로세스 가스가 유입될 수 있는 플라즈마 여기 영역(plasma excitation region:110)을 포함한다. 이 영역은 궁극적인 플라즈마 볼륨을 정의하며, 이 영역 내에서 가스가 플라즈마로 변하고, 이는 그 영역 내에 위치한 워크피스를 처리하는데 사용된다. 플라즈마 여기 리액티브 임피던스 소자(plasma exciting reactive impedance element:105)는 여기 영역(110) 상에 마련된다. 이 소자는 고주파수(high frequency) 생성기 또는 소스(125)에 연결되며, 플라즈마의 밀도를 제어하기 위해 응용된다. 본 명세서에서 고주파수(high frequency)라는 용어는 10MHz-300GHz 범위에서 제공되는 전자기 방사(electromagnetic radiation)를 내포하는 것으로 의도되며, RF(Radio Frequency) 주파수에서 극초단파(UHF:UltraHigh Frequency) 범위까지의 주파수로서 때때로 언급된다. 기준 전극(115)은 영역(110) 아래에 배치되며, 선택적으로 저주파수(LF) 소스에 연결되고, 표면에 충돌하는 이온의 에너지를 제어하는데(현재의 최신기술에 따르면) 응용된다. 본 발명의 소스와 함께 사용되는 저주파수 생성기의 대표적인 값은 범위 75-460 kHz의 출력을 생성하며, ENI, RFPP 및 Advanced Energy에 의해 제작되어 제공되는 예시적인 생성기들을 포함한다. 본 발명의 내용에서 저주파수 소스는 이온 에너지를 지배적으로(dominantly) 구동하며, 외장(sheaths)에서 용량성 전압을 발생시킨다. 저주파수 소스가 고주파수 소스와 조합하여 동작가능할 때, 둘 사이 구별을 가능하게 하는 것이 바람직하며, 그 결과, 저주파수 및 고주파수의 동작 주파수 사이의 크기 구분 정리가 충분하다. 저주파수(LF)일 때는 충분히 낮은 플라즈마 전류를 갖는 것으로 의도되며, 그 결과  $I^2R$ 의 저항성 파워 적층은 고주파수(HF) 전력과 비교하여 작다. 그때, 저주파수(LF)는 전극들의 전압에 지배적으로 기여한다. 일 예로 하나는 13.56 MHz, 다른 것은 300-800 kHz 정도인 연속된 2 이상의 저주파수(LF) 영역에 대하여 바람직하게 응용될 수 있다.
- <24> 기준 전극은 대표적으로 반도체, 유전체, 또는 금속 기관인 워크피스(미도시)에 대한 마운트(mount)를 제공한다. 소자(105, 115)에 대한 적절한 분야에서의 어플리케이션은, 플라즈마 내에서의 중성 종(neutral species)에 대한 이온 및 라디칼(radical)의 비율, 워크피스로 투사된 이온들의 에너지 제어(이 입자들의 여기 영역에서의 체류 시간(residence time) 및 가스 전송(gas transport)은 중요한 역할을 한다.)를 생성하고 유지하도록 한다. 이러한 제어는 채택될 에칭 프로세스 또는 선택된 적층에 대한 정확한 방법론을 확보하기 위해 요구된다.
- <25> 본 발명에 따르면, 리액티브 소자는, 일 예로서 4개의 전극들 105a, 105b, 105c, 105d로 도시된 복수 개의 개별 전극으로부터 제조되며, 4개의 전극들은 조합되어 전극 105a/105c 및 105b/105d의 두 세트의 전극들을 형성한다. 바람직하게는, 짝수 개의 전극들이 제공되며, 각각의 전극들은 인접한 전극들에 차등 신호를 제공하는 고주파수 파워 서플라이에 연결된다. 이러한 방법으로, 바로 이웃하는 전극(105b)에 인가되는 신호와 이상(out of phase)인 신호가 제1 전극(105a)에 인가된다. 유사하게, 전극(105b)은 전극(105c)와 이상(out of phase)이며, 전극(105c)는 전극(105d)과 이상(out of phase)이다. 이러한 방법에서 고주파수 생성기, 즉 드라이

브(drive)는 전극들의 세트들 사이에 차이를 생성한다. 유도성 연결의 특성에 의해, 전극들 및 플라즈마에 과장 효과가 나타날 것이지만, 불균일 영향을 갖는 종래의 단일 전극 문제들과는 대조적으로, 바람직한 플라즈마 밀도를 생성하기 위하여 과장 효과들이 제어될 수 있다는 점에서, 본 발명의 리액티브 소자들을 구성하는 복수의 전극들은 도움이 된다. 각 전극의 용적은, 리액티브 소자에 인접하여 발생하는 전극 크기의 스케일 길이 상의 불균일이 기관 상의 과도한 플라즈마 불균일을 초래하지 않도록, 선택되고 최적화된다. 이러한 용적은 플라즈마 소스가 사용되는 특별한 어플리케이션에 매우 의존적일 수 있지만, 바람직하게는 개개의 전극들의 크기는 소스 및 기관 또는 워크피스 사이의 거리와 같거나 적으며, 만약 특별한 어플리케이션에 요구된다면 매우 바람직하게 균일한 효과를 제공할 수 있다. 만약 전류의 등화(equalisation)를 위한 요청이 있다면, 변압기(111)는 또한 선택적으로 포함될 수 있다.

<26> 본 발명의 소스에 의해 제공되는 복수의 전극들은 플라즈마 볼륨(plasma volume)으로 도입되는 네트 전류의 제어를 가능하게 한다. 고주파수에서 플라즈마 볼륨으로 도입되는 네트 전류는 과장 효과를 통하여 워크피스의 표면에서 전압 비대칭(voltage asymmetries)으로 반영될 수 있다. 이것은 도움이 되지 않는다. 이웃하는 서그먼트들로의 효율적인 전류 커플링을 통해, 플라즈마 볼륨으로 도입되는 네트 전류의 합을 감소시키는 것이 가능하며, 그 결과, 워크피스에서 과장 효과를 방지할 수 있다. 복수의 서그먼트들이 유사하게 배치된 동상인 전극들의 세트들로 구분되는 어레이 구조에 있어서, 각각의 세트들은 볼륨으로 네트 전류를 도입할 수 있지만, 실질적으로 서로 상쇄됨으로써 도입된 네트 전류의 조합 또는 합은 감소할 것이다. 서로 이상인 다른 세트들을 구동함으로써 그러한 상쇄는 이루어질 수 있으며, 하나의 전극 세트에 의해 도입된 위상 효과들은 서로의 위상 효과들에 의해 상쇄될 수 있다는 것이 네트 효과(net effect)이다.

<27> 도 2는 저주파수(LF) 및 고주파수(HF) 서플라이들이 리액티브 소자들에 연결된 도 1의 배치를 변형한 플라즈마 소스(200)를 나타낸다. 이 실시 예에서, 고주파수(HF) 및 저주파수(LF) 생성기는 서로 동시에 또는 독립적으로 사용될 수 있다. 양 생성기들을 동일한 리액티브 소자 플레이트에 연결함으로써, 하부 전극인 기준 전극을 접지시키는 것이 가능하다. 이 경로에 있는 캐패시터를 접지로 제공하는(즉, 기준 전극이 접지로 직접 연결될 수 있다) 것이 필수적인 것은 아니며, 기준 전극을 접지시키는 것을 가능하게 하는 이러한 배치는 챔버를 단순화하기 위한 엔지니어링 요청 상 매우 이익이 된다. 가령, 이동가능한 하부 스테이지(stage)가 제공되는 배치들에 있어서, 미지의 가변 임피던스 경로를 정의하기 위한 이동가능한 스테이지를 구성하는 벨로(bellow)들이 종래에는 필수적이었다. 하부 스테이지의 접지와 함께, 이는 더 이상 요청되지 않는다. 저주파수(LF) 출력의 영향은 관심 있는 영역에서 플라즈마 볼륨을 제한함으로써 최대화될 수 있다는 주지 기술을 이용함에 의해 이해될 수 있다. 일 예로서, 퀴즈 컨파인먼트 링(quartz confinement ring)과 같은 다양한 방법으로 이는 달성될 수 있다.

<28> 저주파수(LF) 서플라이는 차등 또는 공통 모드 중 어느 하나로 제공될 수 있다. 차등 모드에서, 바로 이웃에 제공되는 이상(out of phase)인 제1 전극에 인가되는 저주파수 신호와 함께, 이온 에너지는 리액티브 소자 전극들 또는 그것들에 연결된 유전체에 제공된다. 만약 저주파수(LF) 서플라이가 공통 모드에서 제공되면, 기준 전극에 더 큰 이온 에너지가 제공되며, 네트 전류는 플라즈마 볼륨으로 도입된다. 공통 모드에서 리액티브 소자를 구성하는 복수의 전극들의 구동은, 기준 전극에 부착된 워크피스로의 이온 충돌(ion bombardment)을 제어한다. 차등 모드는 기관(기준 전극)에 낮은 이온 에너지를 야기하는 반면, 적층으로부터 전극들을 깨끗하게 유지 및/또는 물질 스퍼터링을 위한 리액티브 소자에 높은 이온 에너지를 유지한다. 도 1을 참조하여 설명한 것과 유사하게, 변압기(112)는 공통 모드 및 차등 모드 중 어느 하나에 저주파수(LF) 연결을 위해 선택적으로 제공될 수 있다. 또한 저주파수(LF)를 제공하기 위해 설명된 방법론은, 저주파수(LF) 파워를 시스템에 연결하기 위해 사용될 수 있는 다른 기술, 일 예로서, 저역 통과 필터들 또는 저주파수(LF) 파워를 고주파수(HF) 라인들에 연결하는 저주파수 매치-박스 소자들(LF match-box components)을 이용하는 바람직한 형태의 방법론일 수 있다.

<29> 생성기들 또는 서플라이들은 VHF 및 RF 모드 중 어느 하나에서 동작할 수 있으며, VHF 모드에서 고주파수는 유도성으로 연결되며, RF 모드에서는 고주파수는 용량성으로 연결되는 차이점이 있다. 주파수를 변화시키는 능력은 유도성 방전(inductive discharge)으로부터 용량성 방전(capacitive discharge)까지의 이동 제어를 가능하게 하며, 만약 종래와 같이 하나의 전극이 이용된다면 워크피스에 발생할지도 모르는 불균일 에칭(즉, 플라즈마 처리를 이용하여 제공되는 표면 처리이면 무엇이든지) 특성 없이, 고주파수로부터 저주파수까지 및 그 역인, 즉 저주파수로부터 고주파수까지로 변화시킬 수 있다. 비록 정확하지는 않지만, 유도성 방전이 우세하게 되는 실제 주파수는 플라즈마 방전이 유도성에 기초하여 우세하게 되는 대략 500 MHz의 주파수로 간주된다.

<30> 이제까지 설명한 것의 변형으로, 본 발명은 정현 동작(sinusoidal operation)에 반대되는 스위치 모드에서 동작할 수 있는 고주파수(HF) 소스를 또한 제공한다. 이러한 스위치 모드 동작은 스위치 영역의 슬루 레이트(slew-rate)를 변경하는 것이 가능한 이점이 있으며, 그 결과, 유도성 연결의 양을 결정할 "실효 주파수(effective

frequency)"를 산출할 수 있다. 리액티브 소자가 고전압 상태, 즉 플래토 영역(plateau region)에 있게 되는 시간의 길이를 통해, 상부 전극의 이온 충돌 에너지를 제어할 수 있으며, 만약 소스가 제한된 배치로 이용되는 경우에는 하부 전극의 이온 충돌 에너지를 제어할 수 있다. 고전압 값의 선택은 이온 충돌 에너지를 제어하는 점에서 유용하며, 상부 전극을 깨끗하게 유지하는데 도움이 된다. 램프 업(ramp up) 사이, 즉 스위칭 사이의 기간 제어를 통해, 불륨으로 적층되는 파워를 제어할 수 있다. 잘 정의된 특징 및 소자들과 함께 스위치 모드 생성기들은 일반적인 전자 분야에서 잘 알려져 있다. 그러한 스위치 모드 생성기들을 사용함으로써, 플라즈마 소스의 비용을 줄일 수 있으며, 이는 스위치 모드 생성기들이 동등한 정현 기초 생성기보다 더 저렴하기 때문이다. 슬루 레이트를 제어함에 의해서 RF 범위로부터 UHF 범위까지 쉽게 가변할 수 있으며, 그 결과 프로세스 케미스트리(process chemistry) 및/또는 전자 온도( $T_e$ )를 튜닝할 수 있다. 스위치 모드 동작 타입의 일 예는 도 7에서 도시되며, 도 7a에서는 평면의 플래토 영역(planer plateau region)이 상대적으로 일정한 고전압 및 저전압 신호를 갖도록 제공되며, 반면에 도 7b는 복수 단계의 배치가 제공된다. 스위치 영역은 "A"로 표시되며, 플래토 영역은 "B"로 표시된다. "A" 영역은 전압 스위치 및 설계되어서 제어될 수 있는 전극 사이의 리액티브 소자에 의해 야기되는 오버슈트(overshoot)로서 간주될 수 있다.

<31> 도 9는 그러한 스위치 모드 동작을 제공하는데 이용될 수 있는 회로 타입의 일 예를 나타낸다. 이 배치에서, 저주파수(LF) 생성기(900), 네거티브 서플라이(negative supply:905), 및 포지티브 서플라이(positive supply:910) 모두는 하나 이상의 FETs(Field Effect Transistors:920) 또는 몇몇 다른 스위칭 소자들을 통하여 하나 이상의 전극들(925)에 스위칭가능하게 연결되어 있다. 사용된 스위치는 고속 스위치로 최적화된다. 전극들은 각각의 서플라이들에 개별적으로 연결될 수 있고 또는 동시에 모두 스위칭될 수 있는 전극들의 세트들로 그룹화될 수 있다. FET 드라이버 소자(930)는 스위칭을 제어하기 위해 FET들에 연결되며, 전극들 중에서 스위칭되도록 선택되는 전극은 제어 라인(935)에 의해 결정된다. 도 9에서 도시된 실시 예에서, 제어 라인은 변압기(940)의 코일을 통해 FET 드라이버에(유사한 방식으로 저주파수(LF) 서플라이, 포지티브 서플라이, 및 네거티브 서플라이에) 연결된다. 다른 실시 예에서, 제어 라인은 광 공급(optical feed)으로 제공될 수 있으며, FET 드라이버로 직접 연결될 수도 있다.

<32> 지금까지, 본 발명은 평면 워크피스와 함께 동작하는 플라즈마 소스에 관하여 설명하였으며, 리액티브 임피던스 소자 및 기준 전극들을 구성하는 전극들은 실질적으로 서로 나란하며, 워크피스에 나란하다. 그러한 배치들은 평면의 웨이퍼가에칭을 위해 제공되는 반도체 환경에서 응용되는데 이익이 된다. 그러나, 일 예로서 텍스타일 스크린 인쇄 어플리케이션에 있어서 필름롤과 같이, 비평면 기관에서 처리되도록 요청되는 다른 어플리케이션에서도 플라즈마 소스들은 이용될 수 있다. 도 3은 어떻게 본 발명의 필름롤(305)이 처음부터 릴(reel:310)에 제공되는 배치(300)로 이용될 수 있는지를 개략적으로 나타낸다. 필름은 초기 릴(310)로부터 언와인드 스테이션(unwind station:315)으로 풀리고, 플라즈마 소스(105)에서 처리되며, 리와인드 스테이션(rewind station:320)에서 리와인드된다. 리액티브 소자를 구성하는 복수의 전극들은 확장된 영역상으로 균일 플라즈마의 제공을 가능하게 하기 때문에, 본 발명의 플라즈마 소스는 큰 용적(dimension)의 표면들을 처리하는데 적합하다. 본 발명의 배열은 더 높은 주파수 소스의 제공을 가능하게 하므로, 그에 따라 플라즈마 소스를 통과하는 필름의 속도는 증가될 수 있다. 리액티브 소자의 복수의 전극들이 응용된 플라즈마의 균일성으로부터 열화되지 않고 더 높은 밀도 어플리케이션을 제공하기 때문에, 이러한 고주파수들은 플라즈마의 품질에서의 열화에 이르게 하지 않는다. 그러한 배치는 플라즈마 화면, LCD 디스플레이, 금속/유리에 대한 산업용 코팅(industrial coating), 및 넓은 면적의 동시 프로세싱이 요청되는 기타 등등에서 변형될 수 있다. 비록 이 실시 예에서 도시된 저주파수(LF) 서플라이는 기관에 연결되어있지만, 상부 리액티브 소자들을 통하여 저주파수 공급을 갖도록 도 2에서 설명된 것과 유사한 방법으로 이해될 수 있다. 본 발명의 특징은 소스가 재료의 이동 방향으로 확장될 수 있다는 점이다. 그러므로, 표면에서의 플라즈마 처리(에칭, 적층, 표면 특성의 변형 등)의 양은 플라즈마 소스의 물리적인 크기에 의해 제어될 수 있다. 다른 단계들에 의해서 행해지는 프로세싱의 양이 각각 최적화될 수 있는 복수의 프로세싱 단계들의 집적을 또한 가능하게 한다. 가령, 프로세싱되는 물질이 1m/min의 속도를 가지며, 2개의 순차적인 물리적 길이 25 및 50 cm의 플라즈마 소스 영역을 통과한다면, 2개의 소스들에 대한 액티브 프로세싱 시간은 각각 15 및 30초가 될 것이다. 이러한 방식으로, 본 발명의 교시에 따른 전극 배치는 리액션 볼륨(reaction volume)을 통해 기관의 이동을 가능하게 하는 제2 차원을 가지는 2차원으로 제공될 수 있어, 웹의 연속적인 처리가 소스를 통해 이동할 때 가능하도록 한다.

<33> 어떤 어플리케이션에서는 구부러진 프로세싱 영역의 이용이 요청될 수 있다. 본 발명은 2가지 방법 중 하나로 그러한 처리를 제공할 수 있다. 첫째로, 도 3에서 설명된 것과 유사한 방법으로, 본 발명은 구부러진 워크피스를 프로세스하는 리액티브 소자들에 대하여 실질적으로 평면인 배치를 이용한다. 도 4는, 소스가 비평면의 플라

즈마 볼륨으로 인가될 수 있는 본 발명의 교시에 따른 대안적 배치를 보여준다. 이 실시 예에서, 평면 전극들을 비평면 지오메트리로 배치하거나 비평면 전극들을 제공함으로써 어느 하나의 비평면 구조로 구성될 수 있는 전극 구조를 제공하는 것이 유리할 수 있다. 도 4는 각각이 육각으로 만들어진 전극들(405)을 복수 개 포함하는 조밀육방형 구조(Hexagonal Close Packed Configuration:400)로 배치된 전자의(the former) 배치를 보여준다. 이러한 예에서, 도 1 내지 도 3의 다이렉트 푸시 풀(direct push pull) 동작과 반대되는, 3상 구동 방식(3 phase drive mechanism)이 사용되며, 각각의 전극들은 세 개의 소스들(각각 1, 2, 3으로 표시되어 식별되는) 중 각각에 연결된다. 이전 도면들의 실시 예와 함께, 어떤 2개의 인접한 전극들도 서로 동상이 아니며, 이는 각각의 소스들의 출력의 일 예를 나타내는 도 5를 참조하면 알 수 있다. 전류 균형을 위하여, 트리파일러(trifilar) 변압기가 사용될 수 있으며, 이는 기관상에 저전압 제공 및 전류 등화를 할 수 있으므로, 도움이 된다. 다른 환경에서, 네트 전류를 구동하기 위해 사용되며, 그 결과 기존 전극으로 네트 전압을 사용하는 특별한 어플리케이션들에서는, 전류 불균형 소자를 갖는 것이 도움이 될 수도 있다. 2개 및 3개의 위상 소스들은 본 발명의 리액티브 소자들과 함께 사용될 수 있는 주파수 생성기의 바람직한 형태일 수 있으며, 다른 어플리케이션들에서는 더 높은 차수의 위상 서플라이(phase supply)를 제공할 수 있는 소스들이 요청될 수도 있다.

<34> 본 발명의 전극 배치에 의해 가능하게 된 지오메트리들은 도 8에서 도시된 것과 같은 재진입 프로브(re-entrant probe)들을 제공하도록 이용될 수 있다. 재진입 프로브(800)에 대한 바람직한 실시 예에서, 전극 구조(805)는 완드(wand:810)의 끝에 제공된다. 완드는, 병 코팅(bottle coating), 자동차 및 비행기 부분들에 대한 처리 및 종래의 플라즈마 어플리케이션들에 적합하지 않은 다른 소자들과 같은 어플리케이션을 위하여 내부 표면을 플라즈마 코팅하는 어플리케이션이 가능해지도록, 구조(895)를 제한된 영역들로 삽입하는데 이용된다. 본 발명에서 제공된 RF 재진입 프로브에 있어서, RF는, 전극 구조에 직접 제공되거나 프로브 외부에서 생성될 수도 있으며, 완드 아래쪽으로 전송되어 구조로 제공될 수 있다. 그 구조가 구면 지오메트리(spherical geometry)로 제공되면, 전극은, 예를 들어, 반구 형태로 배치된 2개의 개별 세그먼트들(815a, 815b) 또는 골프공의 덤플 배치와 다소 유사하게 구의 표면에 배치된 복수의 세그먼트들의 형태로 배치될 수 있다. 구면 지오메트리를 참조할 때 재진입 프로브에 대한 설명은, 본 발명의 범위 내에서 포함된 고주파수에서 소스 공급된 복수의 전극들을 이용하는 재진입 프로브에 제한되는 것은 아니다.

<35> 비록 본 발명의 플라즈마 소스는 방사상의 가스 흐름을 가지며 플라즈마 볼륨의 주변에서 펌핑되는 샤워 효과 전극(shower effect electrode)과 같은 기지의 가스 분배 공급(gas distribution feed)과 함께 사용될 수 있지만, 본 발명은 하부의 기준 전극으로부터 가스의 제거를 가능하게 하는 가스 분배 공급을 이용하는 일정한 실시 예의 소스들을 또한 제공할 수도 있다. 도 6은 리액티브 소자를 구성하는 2개의 인접한 전극들이 도시된 소스의 일부분을 나타낸다. 전극들은 가스 공급 챔버(600) 아래에 부착되며, 챔버 내에 있는 가스는 입구 관로(entrance conduit:620)를 통해 공급 챔버(630)로 우선 도입되며, 그 후에 현재의 샤워헤드 기술(showerhead technology)로부터 당업자에게 알려질 수 있는 형태의 전극들에 제공된 복수의 홀들(605)을 통해 플라즈마 여기 영역(110)으로 도입된다. 일단 가스가 여기 영역(110)으로 들어가면, 전극들 상에 가스 출구(615)가 마련된 접지 판(610) 방향으로 펌핑 플레넘(pumping plenum:620)으로 흐른다. 펌핑 플레넘은 플라즈마 볼륨과 전기적으로 절연되어, 이 영역에서 플라즈마 개질(reform)의 가능성을 방지할 수 있다. 여기 영역으로부터의 가스의 펌핑은 에천트 가스가 기준 전극으로 취급되는 기관과 상호작용할 가능성을 방지한다. 이러한 배치에서 실리콘 이산화물(silicon dioxide) 등과 같은 유전 물질(625)로 전극들을 코팅하도록 전극들 주위로부터 가스를 제거하는 것이 필요할 수 있다. 이러한 유전 코팅은 가스에 대해 출구 경로를 정의하는 것처럼 보이지만, 정확한 코팅의 정도는 어플리케이션에 따라 변할 수 있다.

<36> 여기에 설명된 것은, 전극 스페이싱(electrode spacing) 및/또는 파워 분배 설계(power distribution design) 및/또는 캐패시터 및/또는 인덕터와 같은 능동소자에 의해 센터에서 에지까지의 파워 적층(centre-to-edge power deposition)을 제공하여, 제어된 균일성 프로파일 플라즈마(uniformity profile plasma)를 제공하기 위한 새로운 플라즈마 소스이다. 어떠한 어플리케이션에서는, 이는 어플리케이션의 소정 영역에서, 특정 선택 영역이 다른 영역들에 대해 대조적으로 더 큰 플라즈마 적층 영역인 것과 같은, 플라즈마의 프로파일의 차이를 요구할 수 있다. 다른 어플리케이션들에서는, 기관을 가로질러 동일한 프로파일을 요청할 수 있다. 비록, 전극들이 바람직한 실시 예에 관하여 설명되었지만, 특별한 어플리케이션을 위해 선택된 구조는, 일 예로, 평평한(flat), 반구의(hemispheric), 돔의(dome), 볼록한(convex), 오목한(concave), 높낮이가 있는(undulating) 구조를 포함하는 샤프 플라즈마 페이스 소자(sharp plasma facing element)와 같이 임의로 배치된 전극들을 가질 수 있다. 전극들은 플라즈마와 직접 접촉하거나, 또는 실리콘나이트라이드(SiN), 질화알루미늄(AlN), 탄화규소(SiC), 이산화규소(SiO<sub>2</sub>), 실리콘(Si) 등과 같은 물질로부터 제공된 유전 윈도우(dielectric window)를 통해 플

라즈마와 대안적으로 상호작용할 수 있다. 본 발명의 배치는 종래 기술에 비하여 다음과 같은 많은 이점을 제공한다.

- <37> 이온 에너지( $E_{ion}$ ) 및 이온 플럭스( $\Gamma_{ion}$ )의 HF 및 LF 독립 제어와 양립가능하다.
- <38> RF로부터 UHF까지 스캔할 능력은 플라즈마 제어에서 새로운 차원(new dimension) 즉, 플라즈마 밀도 및 이온 에너지로부터 플라즈마 케미스트리를 독립적으로 제어하는 것을 가능하게 한다.
- <39> 리액티브 소자를 구성하는 각각의 전극들이 작게 만들어지고, 이 용적들이 플라즈마 볼륨을 제한할 때, 작은 플라즈마 볼륨을 갖는 플라즈마 소스를 제공하는 것이 가능하다. 각각의 전극들 또는 전극들의 짝(fair)으로부터 연결된 각각의 불균일 파워는 전극들로부터 충분히 먼 거리에서 불균일 플라즈마 밀도를 야기하지는 않는다. 특별히, 개개의 소자들 각각의 크기가 감소함에 따라, 전반적으로 생성되는 플라즈마가 등화를 이루기 위해 플라즈마 볼륨 내에서 요청되는 거리가 감소되는 것으로 이해될 것이다. 최소의 센터투에지 파워 적층(centre-to-edge power deposition)을 제공하도록 구성될 수 있는 많은 다른 용적의 기관들과 함께 사용될 수 있는 소스는 확장된 영역에 영향을 주며, 그 자체로는 큰 기관들(300mm 웨이퍼들, FPD, 텍스타일(textile)들 등)에 적합하다. 이것은 하나의 크기의 기관으로부터 또 다른 크기의 기관으로까지 간략하게 프로세스 스케일링(process scaling)을 가능하게 한다.
- <40> 유사하게, 고주파수 소스들을 사용함으로써, 요청된 프로세스에 적합한 동작 주파수를 선택할 수 있게 하며, 플라즈마 불균일성을 도입하지 않고 지금까지 달성되었던 것보다 더 높은 주파수를 이용하는 것이 가능하다.
- <41> 본 소스는 현재 생성된 시스템들과 유사한 가스 분배 공급들과 함께 이용될 수 있으며, 대안적으로는 에천트, 또는 즉 적층 부산물 가스 및 기관 재료 사이의 상호작용을 최소화하는 분배공급(distribution feed)과 함께 이용될 수 있다.
- <42> 하부 전극이 접지됨에 따라 시스템 비용이 감소할 수 있다. 이것은, 접지로부터 절연시키기 위해 더 이상 필요한 보조 장비를 요청하는 고주파수의 하부 판(plate)을 제공할 필요가 없다는 점에서 이점이 되며, 반면에 본 발명의 구성은 보조 장비가 접지되는 것을 가능하게 한다.
- <43> 발전된 고주파수(HF) 파워서플라이 기술 및 다이렉트 드라이브 스위치 모드 파워(direct-drive switch-mode power)와 양립가능하며, 이에 따라, 낮은 비용으로 필요한 주파수들을 제공할 수 있다. 어떤 고주파수도 하부 전극을 통과할 수 없으며, 그 결과 가변 간극(variable gap)을 더 쉽게 설계할 수 있다. 고주파수(HF) 소자가 리액티브 소자들에 단독으로 응용됨에 따라, 챔버 바디(chamber body)를 통과하는 고주파수 리턴(HF return)을 최소화하는 것이 가능하며, 그 결과, 제한되지 않은 플라즈마가 거의 발생하지 않을 것이다. 또한, 챔버의 다른 소자에서 고주파수(HF) 경로들을 제공하는 것이 더 이상 요청되지 않을 것이다.
- <44> 본 발명은 서로 이상으로 연결된 인접한 전극들을 갖는 물리적으로 각각 구별되는 복수의 리액티브 소자들을 제공한다. 만약 2개의 인접한 전극들이 서로 동상으로 연결된다면, 그것들은 효과 면에서 물리적으로 큰 하나의 전극과 유사하며, 하나의 큰 전극은 이웃하는 전극들과 이상이 될 것이다.
- <45> 본 발명의 리액티브 소자들은 가령, 2-D 배열 또는 어플리케이션에 의존하여 요청되는 용적으로 스케일될 수 있는 선형 구조(linear structure)와 같은 구성 또는 배열 구조로 제공될 수 있다. 본 발명은 VHF/UHF 동작 요청 및 성능 레벨(performance level)과 양립가능성을 유지하면서 스케일링을 제공할 수 있다.
- <46> 여기에서 설명된 것은 종래의 하나의 전극 접근과 대조적으로 복수의 전극들을 사용하는 플라즈마 소스의 다양한 변형들이다. 본 발명의 교시에 따른 소스를 이용함으로써, 웨이퍼당 낮은 비용을 제공하며, 반도체 및 플랫 패널 제조 프로세스의 에칭 및 화학 증착(CVD: Chemical Vapour Deposition)에서 높은 수율을 가지며, 300mm 웨이퍼들보다 크게 스케일될 수 있으며(scaleable), 대형 디스플레이(large format display)에 사용될 수 있다. 드라이버 제어 및 가스 펌핑 배치들을 통하여 플라즈마의 더 많은 제어, 에지 효과(edge effect)의 감소, 및 저 플라즈마 볼륨(low plasma volume)을 사용함으로써 플라즈마 생성을 가능하게 하는 것을 포함하는 다양한 이점들이 존재한다.
- <47> 본 발명의 교시에 따라 플라즈마 소스의 사용이 이익이 되는 많은 다른 기술들이 존재한다. 이는 플라즈마 에칭, 화학 증착(CVD), 및 변형을 포함한다. 후자(the latter)의 응용인, 변형은, 플라즈마 기술을 사용하는 기관의 처리가 기관의 표면 특성들에서 변화에 영향을 미치는데 이용될 수 있다는 것이다. 물질의 (실질적인)적층 또는 제거 없이 표면의 물리적 및/또는 화학적 특성들을 변화시킴으로써, 이것은 달성될 수 있다. 예를 들면, 울(wool)이 물을 흡수하게 하여 수성 염료들이 사용될 수 있게 하는 것과 같이, 지질(lipid)들의 끝의 당글링

본드(dangling bond)들을 변화시킴으로써, 표면을 소수성(hydrophobic) 또는 친수성(hydrophilic)으로 되게 할 수 있다. 때때로 변형은 기능성화(functionalizing) 및/또는 비활성화(passivating)로 불린다. 이러한 세 가지 각각의 기술 표제들 내에는 본 발명의 플라즈마 소스에 적합할 수 있는 다양한 어플리케이션들이 있다.

<48> 이러한 어플리케이션들에는, 플라즈마 에칭 웨이퍼 제조 장비(plasma etch wafer fabrication equipment), 이산 디스플레이 기판(discrete display substrate) 및 이산 포토볼타익 기판(discrete photovoltaic substrate)의 생산에 있어서 플라즈마 에칭의 사용, 롤투롤 포토볼타익 기판(roll to roll photovoltaic substrate)의 생산에 있어서 플라즈마 에칭, 포토볼타익, 건축용 유리, 비행기 코팅, 의학 장치, 자동차 어플리케이션과 같은 이산 기판들과 함께 사용되는 화학 증착, 및 종이, 금속, 직물, 및 플라스틱과 같은 롤투롤 어플리케이션에서 사용되는 화학 증착을 포함한다.

<49> 그러므로, 비록 본 발명이 바람직한 예시적인 실시 예에 관하여 설명되었지만, 도면에 관하여 설명된 소자들 및 구성들은 다른 도면의 구성과 함께 충분히 적절하게 사용될 수 있다. 본 발명을 이용하는 이러한 예들에 관한 설명은 본 발명에만 제한되도록 의도되는 것은 아니며, 본 발명의 사상 또는 범주를 벗어남이 없이 변형 또는 대체가 이루어질 수 있다. 본 발명은 부가된 청구항들에 비추어 필수적으로 여겨지는 것을 제외하고는 제한될 수 없다.

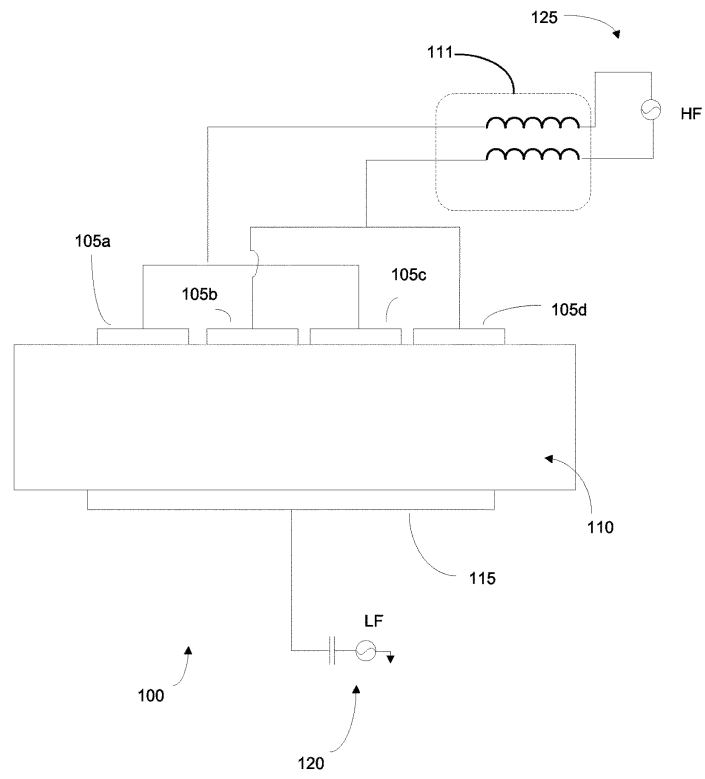
<50> 유사하게, 상세한 설명에서 사용된 comprises/comprising는 언급된 특징들, 정수들, 단계들 또는 소자들의 존재를 특정하지만, 하나 이상의 다른 특징들, 정수들, 단계들, 소자들 또는 그룹들의 존재 또는 추가를 배제하지는 않는다.

### 도면의 간단한 설명

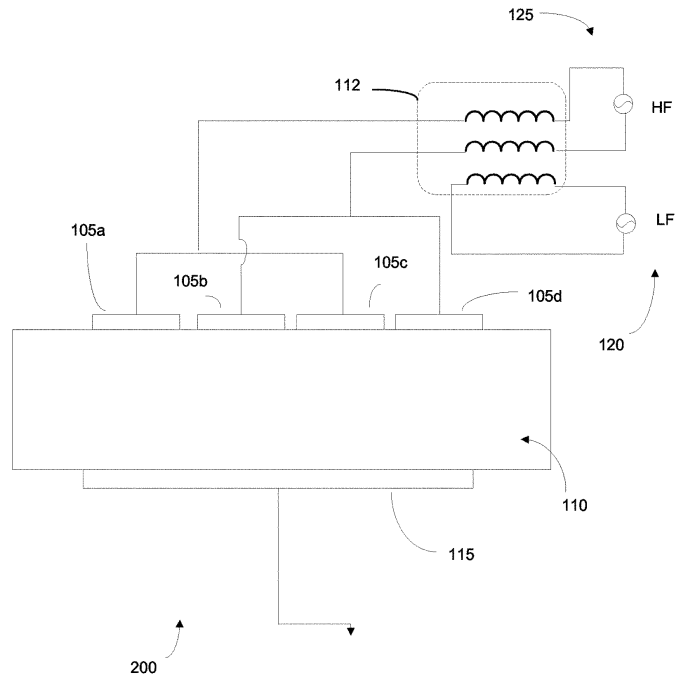
- <14> 도 1은 본 발명의 실시 예를 개략적으로 나타낸다.
- <15> 도 2는 저주파수 파워서플라이에 대한 대안의 연결 배치를 나타내는 도 1의 시스템의 변형이다.
- <16> 도 3은 필름롤(a roll of film)과 함께 본 발명의 플라즈마 소스를 사용하는 배치를 개략적으로 나타낸다.
- <17> 도 4는 3상 파워링 배치(powering arrangement)에서 사용될 수 있는 전극 배치의 일 예이다.
- <18> 도 5는 도 4의 전극 배치를 위해 사용되는 3개의 서플라이들 사이의 위상차에 대한 대표적인 배치를 나타낸다.
- <19> 도 6은 본 발명에 따른 플라즈마 챔버에서의 가스를 유입 및 펌핑을 위한 대안적인 펌핑 배치를 나타낸다.
- <20> 도 7은 본 발명의 교시에 따른 소스의 동작에서 이용되는 스위칭 시퀀스의 일 예를 나타낸다.
- <21> 도 8은 본 발명의 교시에 따른 재진입 프로브(re-entrant probe)를 개략적으로 나타낸다.
- <22> 도 9는 저주파수(LF) 생성기를 2 이상의 전극들에 연결하는 것과 관련하여 고주파수 파워를 제공하는 스위치들을 이용할 수 있는 회로 타입의 일 예를 나타낸다.

도면

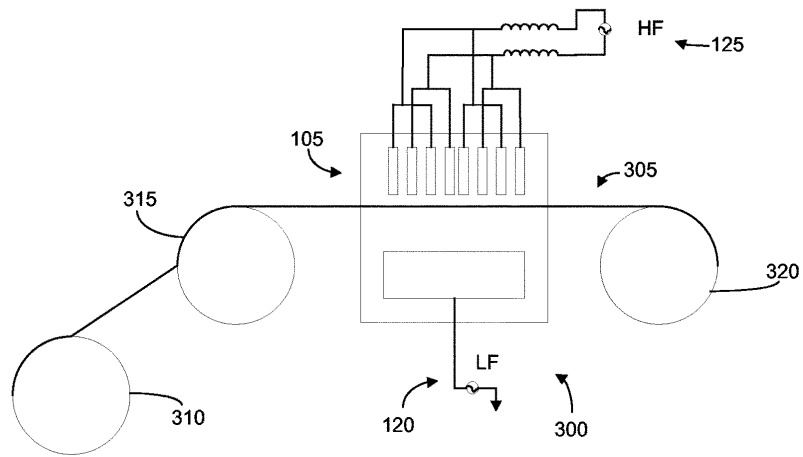
도면1



도면2

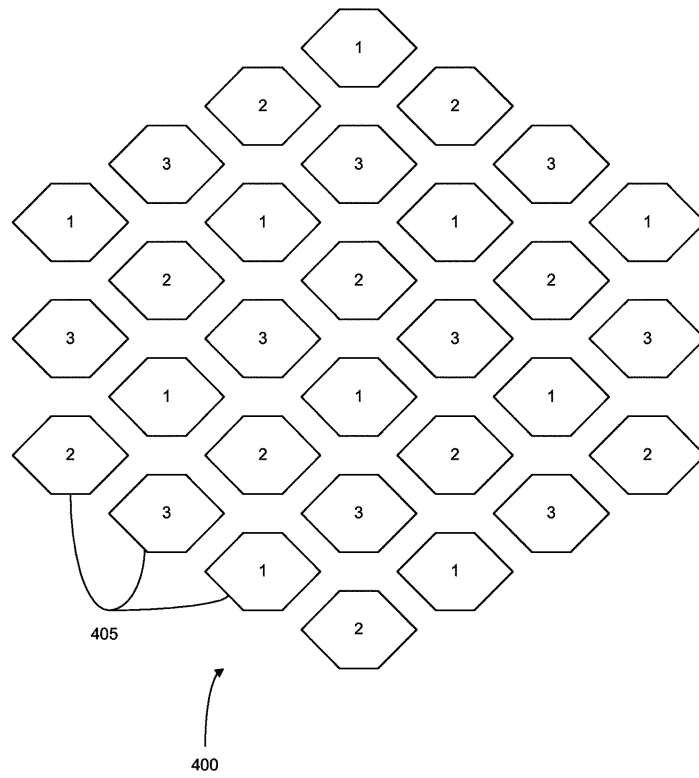


도면3

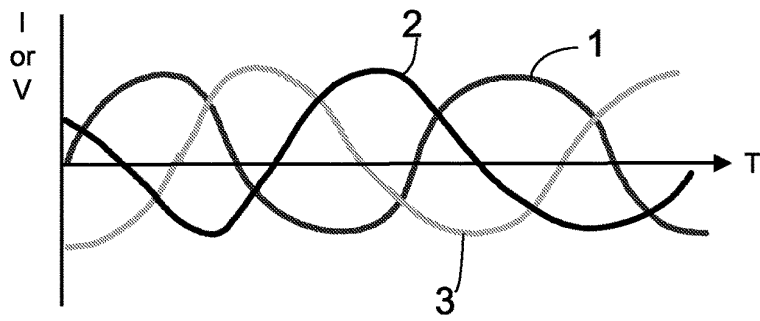




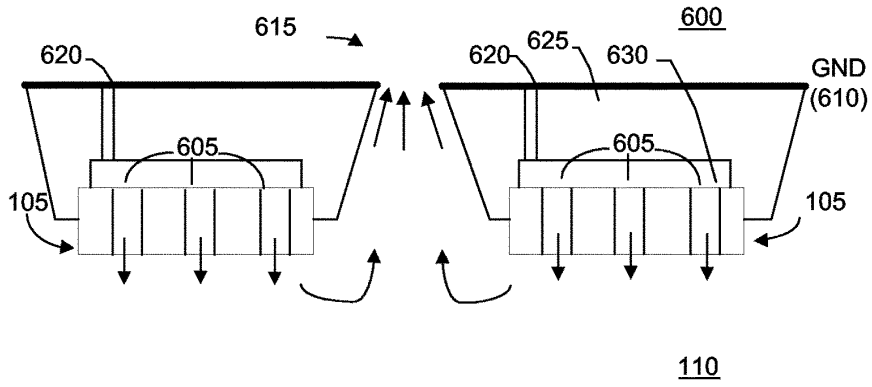
도면4



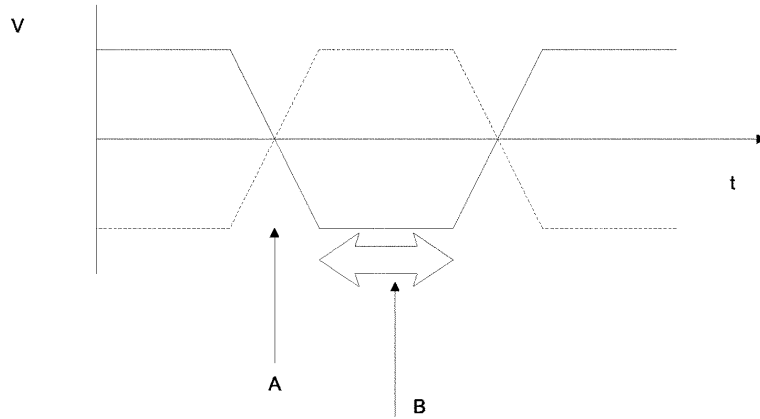
도면5



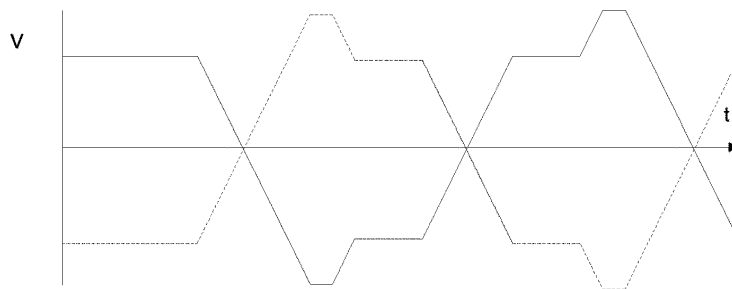
도면6



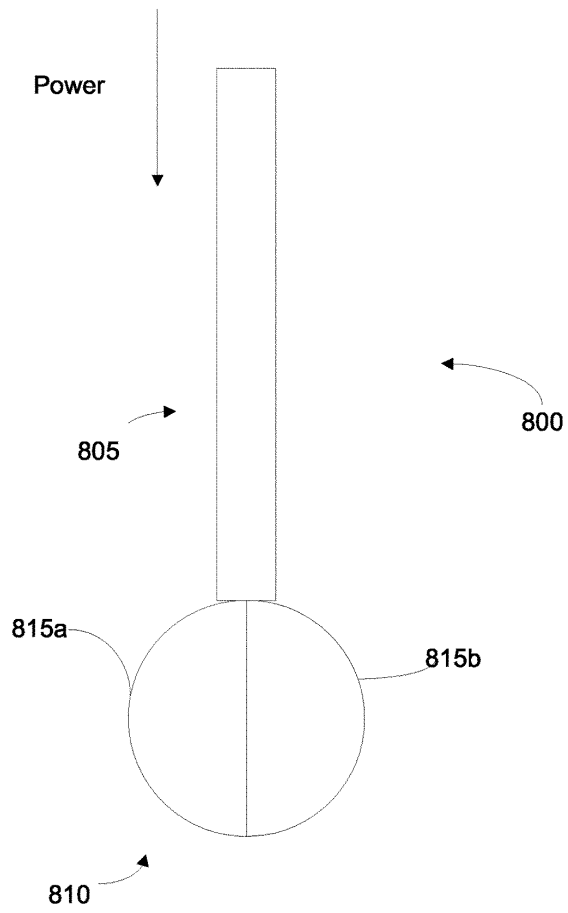
도면7a



도면7b



도면8



도면9

