



(11) 공개번호 10-2023-0038045
(43) 공개일자 2023년03월17일

- (71) 출원인
한양대학교 산학협력단
서울특별시 성동구 왕십리로 222(행당동, 한양대
학교내)
- (72) 발명자
정진욱
서울특별시 성동구 왕십리로 222, 공업센터 별관
403-1 (사근동)
- 어현동**
서울특별시 성동구 왕십리로 222, 공업센터 별관
505-1 (사근동)
- (74) 대리인
해움특허법인

(54) 발명의 명칭 비대칭 면적을 가지는 이중 프로브를 포함하는 플라스마 상태 변수 특정 방법, 비대칭 면적을 가지는 이중 프로브를 포함하는 플라스마 상태 변수 특정 장치 및 이를 포함하는 플라스마 발생 장치

일 실시예에 따른 비대칭 면적을 가지는 이중 프로브를 포함하는 플라즈마 상태 변수 측정 장치는 제1프로브 및 제2프로브, 상기 제1프로브 및 상기 제2프로브에 미리 설정된 전압을 인가하는 전압 인가부, 상기 제1프로브 및 상기 제2프로브에 흐르는 전류를 측정하는 전류 측정부 및 상기 전류 측정부가 측정한 결과에 기초하여 상기 챔버 내부의 플라즈마의 전자 온도 및 밀도를 계산하는 플라즈마 분석부를 포함하고, 상기 제1프로브의 면적과 상기 제2프로브의 면적은 서로 다른 크기의 면적을 가질 수 있다.

(52) CPC특허분류

H01J 2237/3321 (2013.01)

H01J 2237/334 (2013.01)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 1415172413

과제번호 20009415

부처명 산업통상자원부

과제관리(전문)기관명 한국산업기술평가관리원

연구사업명 전자부품산업기술개발(R&D)

연구과제명 디스플레이 공정에서 플라스마 밀도 및 전자온도 분석을 위한 플라스마 센서 모듈 개발

기 여 율 1/1

과제수행기관명 (주)프라임솔루션

연구기간 2021.01.01 ~ 2021.12.31

명세서

청구범위

청구항 1

제1프로브 및 제2프로브;

상기 제1프로브 및 상기 제2프로브에 미리 설정된 전압을 인가하는 전압 인가부;

상기 제1프로브 및 상기 제2프로브에 흐르는 전류를 측정하는 전류 측정부;

상기 전류 측정부가 측정한 결과에 기초하여 챔버 내부의 플라스마의 전자 온도 및 밀도를 계산하는 플라스마 분석부;를 포함하고,

상기 제1프로브의 면적과 상기 제2프로브의 면적은 서로 다른 크기의 면적을 가지는,

비대칭 면적을 가지는 이중 프로브를 포함하는 플라스마 상태 변수 측정 장치.

청구항 2

제 1 항에 있어서,

상기 제1프로브와 상기 제2프로브의 형상은,

동일한 형상을 가지면서, 상기 제1프로브의 면적은 상기 제2프로브의 면적보다 큰 면적을 가지는,

비대칭 면적을 가지는 이중 프로브를 포함하는 플라스마 상태 변수 측정 장치.

청구항 3

제 1 항에 있어서,

상기 제1프로브와 상기 제2프로브의 형상은,

직육면체 형태의 프로브 또는 원통 형태의 프로브 형상을 가지는,

비대칭 면적을 가지는 이중 프로브를 포함하는 플라스마 상태 변수 측정 장치.

청구항 4

제 3 항에 있어서,

상기 제1프로브와 상기 제2프로브의 가로 길이는 동일하나, 상기 제1프로브의 세로 길이는 상기 제2프로브의 세로 길이보다 더 큰 길이를 가지는,

비대칭 면적을 가지는 이중 프로브를 포함하는 플라스마 상태 변수 측정 장치.

청구항 5

제 2 항에 있어서,

상기 제1프로브의 면적은 상기 제2프로브의 면적보다 2배 내지 5배의 면적을 가지는,

비대칭 면적을 가지는 이중 프로브를 포함하는 플라스마 상태 변수 측정 장치.

청구항 6

제 1 항에 있어서,

상기 제1프로브와 상기 제2프로브는 상기 전압 인가부의 양 단에 각각 연결되는,

비대칭 면적을 가지는 이중 프로브를 포함하는 플라스마 상태 변수 측정 장치.

청구항 7

제 6 항에 있어서,
상기 전압 인가부는,
상기 제1프로브 및 상기 제2프로브에 정현파 전압을 인가하는,
비대칭 면적을 가지는 이중 프로브를 포함하는 플라즈마 상태 변수 측정 장치.

청구항 8

제 5 항에 있어서,
상기 플라즈마 분석부는,
측정된 상기 전류의 값과 상기 제1프로브를 기준으로 한 상기 제2프로브에 대한 면적비 정보, 상기 제1프로브의 면적 정보, 상기 전류의 밀도 정보 및 상기 전압의 크기 정보들과의 관계를 이용하여, 상기 플라즈마의 전자 온도 및 밀도를 계산하는,
비대칭 면적을 가지는 이중 프로브를 포함하는 플라즈마 상태 변수 측정 장치.

청구항 9

제 5 항에 있어서,
상기 플라즈마 분석부는,
측정된 상기 전류를 기본 주파수 전류 및 상기 기본 주파수 전류의 주파수의 정수 배 주파수를 가지는 고조파 주파수 전류들의 합으로 분류한 후, 상기 기본 주파수 전류와 상기 고조파 주파수 전류의 상대적 크기 정보를 이용하여 상기 플라즈마의 전자 온도 및 밀도를 계산하는,
비대칭 면적을 가지는 이중 프로브를 포함하는 플라즈마 상태 변수 측정 장치.

청구항 10

제 9 항에 있어서,
상기 플라즈마 분석부는,
상기 기본 주파수 전류와 제2고조파 주파수 전류의 비를 이용하여 상기 플라즈마의 전자 온도 및 밀도를 계산하는,
비대칭 면적을 가지는 이중 프로브를 포함하는 플라즈마 상태 변수 측정 장치.

청구항 11

플라즈마가 발생하는 챔버;
상기 챔버의 내부에 배치되는 복수 개의 프로브;
상기 복수 개의 프로브에 미리 설정된 전압을 인가하는 전압 인가부;
상기 복수 개의 프로브에 흐르는 전류를 측정하는 전류 측정부;
상기 전류 측정부가 측정한 결과에 기초하여 상기 챔버 내부의 플라즈마의 전자 온도 및 밀도를 계산하는 플라즈마 분석부;를 포함하고,
상기 복수 개의 프로브는 각각 서로 다른 크기의 면적을 가지는,
비대칭 면적을 가지는 복수 개의 프로브를 포함하는 플라즈마 발생 장치.

청구항 12

챔버 내부에 배치되며, 각각 서로 다른 면적으로 가지고 있는 제1프로브 및 제2프로브에 미리 설정된 전압을 인

가하는 전압 인가 단계;

상기 제1프로브 및 상기 제2프로브에 흐르는 전류를 측정하는 전류 측정 단계; 및

상기 전류 측정 단계에서 측정한 결과에 기초하여 상기 챔버 내부의 플라스마의 전자 온도 및 밀도를 계산하는 플라스마 분석 단계;를 포함하는

비대칭 면적을 가지는 이중 프로브를 이용한 플라스마 상태 변수 측정 방법.

청구항 13

제 12 항에 있어서,

상기 제1프로브와 상기 제2프로브는,

동일한 형상은 가지면서, 상기 제1프로브의 면적은 상기 제2프로브의 면적보다 큰 면적을 가지는,

비대칭 면적을 가지는 이중 프로브를 이용한 플라스마 상태 변수 측정 방법.

청구항 14

제13 항에 있어서,

상기 플라스마 분석 단계는,

측정된 상기 전류의 값과 상기 제1프로브를 기준으로 한 상기 제2프로브에 대한 면적비 정보, 상기 제1프로브의 면적 정보, 상기 전류의 밀도 정보 및 상기 전압의 크기 정보들과의 관계를 이용하여, 상기 플라스마의 전자 온도 및 밀도를 계산하는,

비대칭 면적을 가지는 이중 프로브를 이용한 플라스마 상태 변수 측정 방법.

청구항 15

제 14 항에 있어서,

상기 플라스마 분석 단계는,

측정된 상기 전류를 기본 주파수 전류 및 상기 기본 주파수 전류의 주파수의 정수 배 주파수를 가지는 고조파 주파수 전류들의 합으로 분류한 후, 상기 기본 주파수 전류와 상기 고조파 주파수 전류의 상대적 크기 정보를 이용하여 상기 플라스마의 전자 온도 및 밀도를 계산하는,

비대칭 면적을 가지는 이중 프로브를 이용한 플라스마 상태 변수 측정 방법.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 비대칭 면적을 가지는 이중 프로브를 포함하는 플라스마 상태 변수 측정 방법, 비대칭 면적을 가지는 이중 프로브를 포함하는 플라스마 상태 변수 측정 장치 및 이를 포함하는 플라스마 발생 장치에 관한 발명으로서, 보다 구체적으로 플라스마의 온도 및 밀도를 측정하는 2개의 프로브들의 면적을 다르게 하여, 프로브에 흐르는 전류 값을 기초로 종래 기술보다 보다 정확하게 플라스마의 온도 및 밀도를 측정하는 기술에 관한 발명이다.

배경 기술

[0002] 플라스마란 이온화된 기체로, 양이온, 음이온, 전자, 여기된 원자, 분자 및 화학적으로 매우 활성이 강한 라디칼(radical) 등으로 구성되며, 전기적 및 열적으로 보통 기체와는 매우 다른 성질을 갖기 때문에 물질의 제4상태라고도 칭한다. 이러한 플라스마는 이온화된 기체를 포함하고 있어, 전기장 또는 자기장을 이용해 가속시키거나, 화학 반응을 일으켜 웨이퍼 혹은 기판을 세정하거나, 식각하거나 혹은 증착하는 등 반도체의 제조공정에 매우 유용하게 활용되고 있다.

[0003] 최근에 반도체 제조공정에서는 고밀도 플라스마를 발생시키는 플라스마 발생 장치를 사용하고 있으며, 플라스마를 발생하기 위한 플라스마 모듈은 여러 가지가 있는데 무선 주파수(radio frequency)를 사용한 용량 결합형 플

라즈마(CCP, capacitive coupled plasma)와 유도 결합형 플라즈마(ICP, inductive coupled plasma)가 그 대표적인 예이다.

[0004] 용량 결합형 플라즈마 모듈은 정확한 용량 결합 조절과 이온 조절 능력이 높아서 타 플라즈마 모듈에 비하여 공정 생산력이 높다는 장점을 갖는다. 반면, 무선 주파수 전원의 에너지가 거의 배타적으로 용량 결합을 통하여 플라즈마에 연결되기 때문에 플라즈마 이온 밀도는 용량 결합된 무선 주파수 전력의 증가 또는 감소에 의해서만 증가 또는 감소될 수 있다. 그러나 무선 주파수 전력의 증가는 이온 충격 에너지를 증가시킨다. 결과적으로 이온 충격에 의한 손상을 방지하기 위해서는 무선 주파수 전력의 한계성을 갖게 된다.

[0005] 한편, 유도 결합 플라즈마 모듈은 무선 주파수 전원의 증가에 따라 이온 밀도를 쉽게 증가시킬 수 있으며 이에 따른 이온 충격은 상대적으로 낮아서 고밀도 플라즈마를 얻기에 적합한 것으로 알려져 있다. 그러므로 유도 결합 플라즈마 모듈은 고밀도의 플라즈마를 얻기 위하여 일반적으로 사용되고 있다. 유도 결합 플라즈마 모듈은 대표적으로 무선 주파수 안테나(RF antenna)를 이용하는 방식과 변압기를 이용한 방식(변압기 결합 플라즈마(transformer coupled plasma)라고도 함)으로 기술 개발이 이루어지고 있다.

[0006] 플라즈마 발생 장치에서, 플라즈마의 밀도 또는 전자 온도는 반도체 및 디스플레이 공정 결과에 중요한 역할을 하기 때문에 플라즈마 밀도 또는 전자 온도를 정확하게 측정하는 것은, 플라즈마를 활용하는 연구 분야에서 매우 필수적인 분야이다. 일반적으로, 챔버 내부에 탐침 프로브를 삽입하고, 프로브에 흐르는 전류를 기초로 플라즈마의 밀도와 전자 온도를 측정하며, 대표적인 기술로는 부유전위(floating potential) 근처에서 탐침에 흐르는 고조파 성분들을 분석하는 기술이 활용되고 있다.

[0007] 그러나, 종래 기술에 따라 고조파 성분들을 분석하는 경우, 대칭 구조를 가지는 프로브의 특성상 제2고조파 전류를 측정할 수 없기 때문에, 기본 주파수에 해당하는 제1고조파 전류와 제3고조파 전류의 비를 이용하여 플라즈마의 밀도와 전자의 온도를 측정한다. 그러나, 제3고조파 전류가 제1고조파 전류에 비해 매우 작은 크기의 전류가 측정되나 보니, 정확하게 플라즈마의 밀도와 전자의 온도가 측정하기 어려운 단점이 존재하였다. 이에 따라, 저밀도 플라즈마 존재하는 환경에서는 상대적으로 큰 면적의 프로브가 필요하였으며, 정확한 계산을 위해 넓은 범위의 전류를 측정해야 하는 문제점이 존재하였다.

선행기술문헌

특허문헌

[0008] (특허문헌 0001) 대한민국 공개 특허 제10-2009-00974627A (2009.09.08) - 혼합 플라즈마 발생 장치 및 방법, 그리고 혼합 플라즈마를 이용한 전열 조리장치

발명의 내용

해결하려는 과제

[0009] 따라서, 일 실시예에 따른 비대칭 면적을 가지는 이중 프로브를 포함하는 플라즈마 상태 변수 특정 방법, 비대칭 면적을 가지는 이중 프로브를 포함하는 플라즈마 상태 변수 특정 장치 및 이를 포함하는 플라즈마 발생 장치는 앞서 설명한 문제점을 해결하기 위해 고안된 발명으로서, 상대적으로 측정이 용이한 제1고조파 전류와 제2고조파 전류를 이용하여 플라즈마의 밀도 및 전자 온도를 종래 기술보다 정확하게 측정할 수 있는 장치 및 방법을 제공하는데 목적이 있다.

[0010] 보다 구체적으로, 일 실시예에 따른 비대칭 면적을 가지는 이중 프로브를 포함하는 플라즈마 상태 변수 특정 방법, 비대칭 면적을 가지는 이중 프로브를 포함하는 플라즈마 상태 변수 특정 장치 및 이를 포함하는 플라즈마 발생 장치는 챔버 내부에 배치되는 제1프로브와 제2프로브의 면적을 다르게 함으로써, 제1고조파 전류와 제2고조파 전류를 측정하고, 측정된 값들을 기초로 하여 플라즈마의 밀도 및 전자 온도를 측정할 수 있는 플라즈마 상태 변수 측정 방법 및 장치를 제공하는데 그 목적이 있다.

과제의 해결 수단

[0011] 일 실시예에 따른 비대칭 면적을 가지는 이중 프로브를 포함하는 플라즈마 상태 변수 측정 장치는 제1프로브 및 제2프로브, 상기 제1프로브 및 상기 제2프로브에 미리 설정된 전압을 인가하는 전압 인가부, 상기 제1프로브 및

상기 제2프로브에 흐르는 전류를 측정하는 전류 측정부 및 상기 전류 측정부가 측정한 결과에 기초하여 챔버 내부의 플라즈마의 전자 온도 및 밀도를 계산하는 플라즈마 분석부를 포함하고, 상기 제1프로브의 면적과 상기 제2프로브의 면적은 서로 다른 크기의 면적을 가질 수 있다.

[0012] 상기 제1프로브와 상기 제2프로브의 형상은, 동일한 형상을 가지면서, 상기 제1프로브의 면적은 상기 제2프로브의 면적보다 큰 면적을 가질 수 있다.

[0013] 상기 제1프로브와 상기 제2프로브의 형상은, 직육면체 형태의 프로브 또는 원통 형태의 프로브 형상을 가질 수 있다.

[0014] 상기 제1프로브와 상기 제2프로브는, 가로 길이는 동일하나, 상기 제1프로브의 세로 길이는 상기 제2프로브의 세로 길이보다 더 큰 길이를 가질 수 있다.

[0015] 상기 제1프로브의 면적은 상기 제2프로브의 면적보다 2배 내지 5배의 면적을 가질 수 있다.

[0016] 상기 제1프로브와 상기 제2프로브는 상기 전압 인가부의 양 단에 각각 연결될 수 있다.

[0017] 상기 전압 인가부는, 상기 제1프로브 및 상기 제2프로브에 정현파 전압을 인가할 수 있다.

[0018] 상기 플라즈마 분석부는, 측정된 상기 전류의 값과 상기 제1프로브를 기준으로 한 상기 제2프로브에 대한 면적비 정보, 상기 제1프로브의 면적 정보, 상기 전류의 밀도 정보 및 상기 전압의 크기 정보들과의 관계를 이용하여, 상기 플라즈마의 전자 온도 및 밀도를 계산할 수 있다.

[0019] 상기 플라즈마 분석부는, 측정된 상기 전류를 기본 주파수 전류 및 상기 기본 주파수 전류의 주파수의 정수 배 주파수를 가지는 고조파 주파수 전류들의 합으로 분류한 후, 상기 기본 주파수 전류와 상기 고조파 주파수 전류의 상대적 크기 정보를 이용하여 상기 플라즈마의 전자 온도 및 밀도를 계산할 수 있다.

[0020] 상기 플라즈마 분석부는, 상기 기본 주파수 전류와 제2고조파 주파수 전류의 비를 이용하여 상기 플라즈마의 전자 온도 및 밀도를 계산할 수 있다.

[0021] 일 실시예에 따른 비대칭 면적을 가지는 이중 프로브를 포함하는 플라즈마 발생 장치는, 플라즈마가 발생하는 챔버, 상기 챔버의 내부에 배치되는 복수 개의 프로브, 상기 복수 개의 프로브에 미리 설정된 전압을 인가하는 전압 인가부, 상기 복수 개의 프로브에 흐르는 전류를 측정하는 전류 측정부, 상기 전류 측정부가 측정한 결과에 기초하여 상기 챔버 내부의 플라즈마의 전자 온도 및 밀도를 계산하는 플라즈마 분석부를 포함하고, 상기 복수 개의 프로브는 각각 서로 다른 크기의 면적을 가질 수 있다.

[0022] 일 실시예에 따른 비대칭 면적을 가지는 이중 프로브를 이용한 플라즈마 상태 변수 측정 방법은, 챔버 내부에 배치되며, 각각 서로 다른 면적으로 가지고 있는 제1프로브 및 제2프로브에 미리 설정된 전압을 인가하는 전압 인가 단계, 상기 제1프로브 및 상기 제2프로브에 흐르는 전류를 측정하는 전류 측정 단계 및 상기 전류 측정 단계에서 측정한 결과에 기초하여 상기 챔버 내부의 플라즈마의 전자 온도 및 밀도를 계산하는 플라즈마 분석 단계를 포함할 수 있다.

[0023] 상기 제1프로브와 상기 제2프로브는, 동일한 형상을 가지면서, 상기 제1프로브의 면적은 상기 제2프로브의 면적보다 큰 면적을 가질 수 있다.

[0024] 상기 플라즈마 분석 단계는, 측정된 상기 전류의 값과 상기 제1프로브를 기준으로 한 상기 제2프로브에 대한 면적비 정보, 상기 제1프로브의 면적 정보, 상기 전류의 밀도 정보 및 상기 전압의 크기 정보들과의 관계를 이용하여, 상기 플라즈마의 전자 온도 및 밀도를 계산할 수 있다.

[0025] 상기 플라즈마 분석 단계는, 측정된 상기 전류를 기본 주파수 전류 및 상기 기본 주파수 전류의 주파수의 정수 배 주파수를 가지는 고조파 주파수 전류들의 합으로 분류한 후, 상기 기본 주파수 전류와 상기 고조파 주파수 전류의 상대적 크기 정보를 이용하여 상기 플라즈마의 전자 온도 및 밀도를 계산할 수 있다.

발명의 효과

[0026] 일 실시예에 따른 비대칭 면적을 가지는 이중 프로브를 포함하는 플라즈마 상태 변수 측정 방법, 비대칭 면적을 가지는 이중 프로브를 포함하는 플라즈마 상태 변수 측정 장치 및 이를 포함하는 플라즈마 발생 장치는 제1고조파 전류와 제2고조파 전류를 이용하여 플라즈마의 밀도와 전자의 온도를 측정할 수 있어, 종래 기술에 따라 제3고조파 전류를 이용하여 측정하는 경우보다 보다 정확하게 플라즈마의 밀도와 전자의 온도를 측정할 수 있는 장

점이 존재한다.

[0027] 또한, 이러한 장점으로 인해 상대적으로 작은 크기의 프로브로 플라즈마의 밀도와 전자 온도를 측정할 수 있어 플라즈마 변수 측정 장치를 상대적으로 작게 구현할 수 있으며, 전류 측정 범위를 종래 기술보다 작게 할 수 있어 보다 효율적으로 플라즈마의 밀도와 전자 온도를 측정할 수 있는 효과가 존재한다.

[0028] 본 발명의 효과들은 이상에서 언급한 기술적 과제들로 제한되지 않으며, 언급되지 않은 또 다른 효과들은 아래의 기재들로부터 당업자에게 명확하게 이해될 수 있을 것이다.

도면의 간단한 설명

[0029] 본 발명의 상세한 설명에서 인용되는 도면을 보다 충분히 이해하기 위하여 각 도면의 간단한 설명이 제공된다.

도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 플라즈마 발생 장치의 일부 구성 요소를 도시한 블록도이다.

도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 플라즈마 발생 장치를 측면에서 바라 보았을 때의 사시도이다.

도 3은 본 발명의 일 실시예에 따른 제1프로브 및 제2프로브가 가질 수 있는 다양한 형상들을 도시한 도면이다.

도 4는 제1프로브와 제2프로브의 면적이 동일한 경우, 제1프로브의 면적이 제2프로브의 면적보다 2배인 경우와 3배인 경우에, 각각 전원의 크기 변화에 따라 측정된 전자 온도를 도시한 그래프이다.

도 5는 본 발명의 다른 실시예에 해당하는 비대칭 면적을 가지는 이중 프로브를 포함하는 플라즈마 상태 변수 측정 장치의 일부 구성 요소를 도시한 블록도이다.

도 6은 본 발명에 따른 비대칭 면적을 가지는 이중 프로브를 포함하는 플라즈마 상태 변수 측정 장치가 유선 형태로 플라즈마 발생 장치와 결합된 경우를 도시한 도면이다.

도 7은 본 발명에 따른 비대칭 면적을 가지는 이중 프로브를 포함하는 플라즈마 상태 변수 측정 장치가 무선 형태로 플라즈마 발생 장치와 결합된 경우를 도시한 도면이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0030] 이하, 본 발명에 따른 실시 예들은 첨부된 도면들을 참조하여 설명한다. 각 도면의 구성요소들에 참조 부호를 부가함에 있어서, 동일한 구성요소들에 대해서는 비록 다른 도면상에 표시되더라도 가능한 한 동일한 부호를 가지도록 하고 있음에 유의해야 한다. 또한, 본 발명의 실시 예를 설명함에 있어, 관련된 공지 구성 또는 기능에 대한 구체적인 설명이 본 발명의 실시예에 대한 이해를 방해한다고 판단되는 경우에는 그 상세한 설명은 생략한다. 또한, 이하에서 본 발명의 실시 예들을 설명할 것이나, 본 발명의 기술적 사상은 이에 한정되거나 제한되지 않고 당업자에 의해 변형되어 다양하게 실시될 수 있다.

[0031] 또한, 본 명세서에서 사용한 용어는 실시 예를 설명하기 위해 사용된 것으로, 개시된 발명을 제한 및/또는 한정하려는 의도가 아니다. 단수의 표현은 문맥상 명백하게 다르게 뜻하지 않는 한, 복수의 표현을 포함한다.

[0032] 본 명세서에서, "포함하다", "구비하다" 또는 "가지다" 등의 용어는 명세서상에 기재된 특징, 숫자, 단계, 동작, 구성요소, 부품 또는 이들을 조합한 것이 존재함을 지정하려는 것이지, 하나 또는 그 이상의 다른 특징들이나 숫자, 단계, 동작, 구성요소, 부품 또는 이들을 조합한 것들의 존재 또는 부가 가능성을 미리 배제하지 않는다.

[0033] 또한, 명세서 전체에서, 어떤 부분이 다른 부분과 "연결"되어 있다고 할 때, 이는 "직접적으로 연결"되어 있는 경우뿐 아니라, 그 중간에 다른 소자를 사이에 두고 "간접적으로 연결"되어 있는 경우도 포함하며, 본 명세서에서 사용한 "제 1", "제 2" 등과 같이 서수를 포함하는 용어는 다양한 구성 요소들을 설명하는데 사용될 수 있지만, 상기 구성 요소들은 상기 용어들에 의해 한정되지는 않는다.

[0034] 아래에서는 첨부한 도면을 참고하여 본 발명의 실시예에 대하여 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자가 용이하게 실시할 수 있도록 상세히 설명한다. 그리고 도면에서 본 발명을 명확하게 설명하기 위해서 설명과 관계없는 부분은 생략한다.

[0035] 한편, 본 발명의 명칭은 '비대칭 면적을 가지는 이중 프로브를 포함하는 플라즈마 발생 장치'로 기재하였으나, 이하 설명의 편의를 위해 '비대칭 면적을 가지는 이중 프로브를 포함하는 플라즈마 발생 장치'는 '플라즈마 발생 장치'로 지칭하여 설명하도록 한다.

- [0036] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 플라즈마 발생 장치의 일부 구성 요소를 도시한 블록도이고, 도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 플라즈마 발생 장치를 측면에서 바라 보았을 때의 사시도이며, 도 3은 본 발명의 일 실시예에 따른 제1프로브 및 제2프로브가 가질 수 있는 다양한 형상들을 도시한 도면이다.
- [0037] 도 1 내지 도3을 참조하면, 본 발명에 따른 플라즈마 발생 장치(100)는 챔버 내에 배치되어 플라즈마의 다양한 변수를 측정할 수 있는 제1프로브(10), 제2프로브(20), 플라즈마 발생 장치(100)에 전원을 공급하는 전원 모듈(30), 제1프로브(10) 및 제2프로브(20)에 미리 설정된 전압을 인가하는 전압 인가부(40), 제1프로브(10) 및 제2프로브(20)에 흐르는 전류를 측정하는 전류 측정부(50), 전류 측정부(50)에서 측정한 결과 값을 기초로 플라즈마의 다양한 변수를 계산하는 플라즈마 분석부(60), 안테나(61)의 임피던스를 매칭하는 임피던스 매칭부(70) 및 본체 역할을 하면서 플라즈마를 발생시키는 챔버(80) 등을 포함할 수 있다.
- [0038] 도 2를 참조하면 챔버(80)는 기관 등 플라즈마 공정 처리가 필요한 피처리물이 제공되는 공간 및 플라즈마(P)가 생성되는 공간을 구비한 용기를 의미할 수 있다. 챔버(80)의 상부에는 도 2에 도시된 바와 같이 플라즈마를 생성하기 위한 안테나(61)가 복수 개 설치될 수 있으며, 복수 개의 안테나(61)는 임피던스 매칭부(70, matching box)와 연결될 수 있다. 임피던스 매칭부(70)는 플라즈마 발생 장치(100)에 전원을 공급하는 전원 모듈(30) 및 챔버(80)와 각각 연결될 수 있다.
- [0039] 챔버(80)의 하부에는 플라즈마의 발생원이 되는 소스 가스 등을 펌핑(pumping)하는 펌핑 시스템(62, pumping system)이 형성될 수 있다.
- [0040] 도 1에 도시된 바와 같이, 복수 개의 안테나(61)를 이용하여 플라즈마를 발생시키는 방식은 유도 결합 방식의 플라즈마 발생 장치로 지칭할 수 있다. 하지만, 본 발명에 따른 플라즈마 발생 장치 및 이를 이용한 플라즈마 변수 측정 방법은 유도 결합 방식을 이용하여 플라즈마를 발생하는 장치 및 방법 뿐만 아니라, 용량 결합 방식을 이용하여 플라즈마를 발생하는 장치 및 방법에도 모두 적용될 수 있다. 이하 설명의 편의를 위해 도 2에 도시되어 있는 유도 결합 방식 플라즈마 발생 장치를 기준으로 설명하도록 한다.
- [0041] 본 발명의 일 실시예에 따른 플라즈마 발생 장치(100)는 챔버(80) 내부에서 발생하는 플라즈마의 다양한 변수를 측정할 수 있다. 본 발명에서 말하는 변수란, 플라즈마와 관련된 다양한 화학적, 물리적 특징을 의미하는 변수를 의미하며, 본 발명에 따른 플라즈마 발생 장치(100)의 대표적인 실시 예로 플라즈마 발생 장치(100)는 챔버(80) 내부에 있는 플라즈마의 밀도, 챔버 내부에 흐르는 전자의 온도 및 전자 에너지 확률 분포 등을 측정할 수 있다.
- [0042] 이를 위해, 챔버(80) 내부에는 복수 개의 프로브가 구비될 수 있는데, 대표적인 실시예로 플라즈마에 정현파를 전달할 수 있는 제1프로브(10)와 제2프로브(20)가 구비될 수 있으며, 제1프로브(10)와 제2프로브(20)는 도면에 도시된 바와 같이 챔버(80)의 일 벽면을 관통하도록 배치될 수 있다. 도 2에 도시된 바와 같이, 제1프로브(10)와 제2프로브(20)가 챔버(80)를 관통하여 플라즈마에 정현파 신호를 인가하는 경우에 제1프로브(10)와 제2프로브(20)는 부유 탐침(floating probe)의 형태를 가진다고 할 수 있다.
- [0043] 전압 인가부(40)는 전압을 생성한 후, 생성된 전압을 제1프로브(10) 및 제2프로브(20)에 인가하는 구성을 의미한다. 도 2에 도시된 바와 같이 전압 인가부(40)는 제1프로브(10) 및 제2프로브(20)와 전기적으로 연결되어 있어, 제1프로브(10) 및 제2프로브(20)에 사용자의 설정에 따른 미리 설정된 전압을 인가할 수 있다. 전압 인가부(40)가 인가하는 제1프로브(10) 및 제2프로브(20)에 인가하는 전압의 형태 및 크기는 플라즈마 발생 환경에 따라 다르게 설정될 수 있으나, 교류 전압에 의해 생성되는 정현파 형태의 전압이 인가될 수 있다.
- [0044] 한편, 도 2에는 도시하지 않았으나, 제1프로브(10) 및 제2프로브(20)와 전압 인가부(40)원 사이에는 자기 바이어스 발생부(미도시)가 배치될 수 있다. 전압 인가부(40)에서 생성된 정현파 신호가 자기 바이어스 발생부를 지나게 되면 자기 바이어스 발생부의 양단에는 자기 바이어스 전압이 걸리게 된다. 자기 바이어스 발생부에 걸리는 자기 바이어스(self-bias) 또는 자기 바이어스 전압(self-bias voltage)값은 플라즈마 분석부(60)에서 측정될 수 있다. 여기서, 자기 바이어스 발생부가 효율적으로 자기 바이어스를 발생시킬 수 있도록 자기 바이어스 발생부와 전압 인가부(40) 사이에는 저항(미도시) 연결될 수 있다.
- [0045] 제1프로브(10)와 제2프로브(20)는 도 2에 도시된 바와 같이 챔버(80) 내부에 배치되며, 전류가 흐를 수 있도록 금속 재질 형태의 탐침기로 구성될 수 있다. 전압 인가부(40)에 의해 제1프로브(10)와 제2프로브(20)에 전압이 인가된 경우, 플라즈마와 제1프로브(10) 및 제2프로브(20)와의 전위차로 인해 제1프로브(10) 및 제2프로브(20)에 전류가 흐르게 되므로, 전류 측정부(50)는 제1프로브(10)와 제2프로브(20)에 흐르는 전류를 측정할 수 있게 된다. 도 2에서는 제2프로브(20)와 전압 인가부(40) 사이에 전류 측정부(50)가 배치되는 것으로 도시하였지만,

본 발명의 다른 실시예로 전류 측정부(50)는 제1프로브(10)와 전압 인가부(40) 사이에 배치될 수 있다.

[0046] 본 발명에 따른 제1프로브(10)와 제2프로브(20)는 서로 다른 형상을 가지거나, 동일한 형상을 가지면서 서로 다른 면적을 가지는 프로브로 구성될 수 있다.

[0047] 일 예로, 본 발명에 따른 제1프로브(10)와 제2프로브(20)는 도 3의 (a)와 (b)에 도시된 바와 같이 원통 형상의 프로브로 구현되거나, 도 3의 (c)와 (d)에 도시된 바와 같이 직육면체 형상으로 프로브로 구현될 수 있다. 그러나, 본 발명의 실시예가 원통 형상의 프로브 또는 직육면체 형상의 프로브로 한정되는 것은 아니며, 플라스마의 밀도나 전자의 온도를 측정할 수 있는 프로브이면 다양한 형상의 프로브로 구현될 수 있다.

[0048] 또한, 본 발명에 따라 챔버(80) 내부에 배치되는 제1프로브(10)와 제2프로브(20)는 서로 다른 면적을 가지도록 구현될 수 있으며, 구체적으로 제1프로브(10)의 면적이 제2프로브(20)의 면적보다 더 큰 면적으로 구현될 수 있다.

[0049] 즉, 제1프로브(10)와 제2프로브(20)가 원통 형상의 프로브로 구현되는 경우 도 3의 (a)에 도시된 바와 같이 제1프로브(10)와 제2프로브(20)의 세로 길이는 동일하나 가로 길이가 제1프로브(10)가 더 길도록 구현하여, 제1프로브(10) 면적이 제2프로브(20)의 면적보다 더 큰 면적으로 구현할 수 있다.

[0050] 또한, 도 3의 (b)에 도시된 바와 같이 제1프로브(10)와 제2프로브(20)의 가로 길이는 동일하나 세로 길이가 제1프로브(10)가 더 길도록 구현하여, 제1프로브(10) 면적이 제2프로브(20)의 면적보다 더 크게 할 수 있다. 일 실시예로 제1프로브(10)의 면적은 제2프로브(20)의 면적보다 2배 내지 10배가 될 수 있다.

[0051] 또한, 제1프로브(10)와 제2프로브(20)가 직육면체 형상의 프로브로 구현되는 경우 도 3의 (c)에 도시된 바와 같이 제1프로브(10)와 제2프로브(20)의 세로 길이는 동일하나 가로 길이가 제1프로브(10)가 더 길도록 구현하여, 제1프로브(10) 면적이 제2프로브(20)의 면적보다 더 큰 면적으로 구현할 수 있다.

[0052] 또한, 도 3의 (d)에 도시된 바와 같이 제1프로브(10)와 제2프로브(20)의 가로 길이는 동일하나 세로 길이가 제1프로브(10)가 더 길도록 구현하여, 제1프로브(10) 면적이 제2프로브(20)의 면적보다 더 크게 할 수 있다. 일 실시예로 제1프로브(10)의 면적은 제2프로브(20)의 면적보다 2배 내지 10배가 될 수 있다.

[0053] 제어부(90)는 플라스마 발생 장치(100)의 각종 구성 요소를 제어할 수 있다. 구체적으로, 제어부(90)는 플라스마 발생 장치(100)에 전압을 인가하는 전원 모듈(30)을 제어하여, 플라스마 발생 장치(100)에 인가되는 전압의 크기나 모형을 제어할 수 있으며, 임피던스 매칭부(70)의 임피던스의 크기를 조절하여 플라스마 발생 장치(100)가 생성하는 플라스마의 양이나 밀도를 조절 할 수 있다.

[0054] 또한, 제어부(90)는 제1프로브(10) 및 제2프로브(20)에 전압을 인가하는 전압 인가부(40)를 제거하여, 제1프로브(10) 및 제2프로브(20)에 인가하는 정현파의 크기, 주파수 등을 제어할 수 있다.

[0055] 따라서, 제어부(90)는 프로세서, 컨트롤러, ALU(arithmetic logic unit), 디지털 신호 프로세서(digital signal processor), 마이크로컴퓨터, FPA(field programmable array), PLU(programmable logic unit), 마이크로프로세서, 또는 명령(instruction)을 실행하고 응답할 수 있는 장치로 구현될 수 있다.

[0056] 또한, 도면에는 제어부(90)와 후술할 플라스마 분석부(60)의 구성을 별개의 구성 요소로 도시하였지만, 본 발명의 실시예가 이로 한정되는 것은 아니고 제어부(90)는 플라스마 분석부(60)는 하나의 구성요소로 단일 요소로 구현될 수 도 있다.

[0057] 플라스마 분석부(60)는 전류 측정부(50)가 측정한 결과에 기초하여 챔버 내부의 플라스마의 전자 온도 및 밀도를 계산할 수 있다.

[0058] 만약, 제1프로브와 제2프로브의 면적이 동일하다면, 제1프로브와 제2프로브의 이온 포화 전류는 동일하다. 따라서, 전류 측정부(50)에 의해 측정된 전류(I)는 다음과 같은 식(1)로 표현될 수 있다.

$$I = \frac{I + I_{11}}{I_{21} - I} = \frac{A_1}{A_2} e^{V/T_e}$$

[0059] 식 (1) -

[0060] 식 (1)에서 I_{11} 와 I_{12} 식은 제1프로브와 제2프로브에 흐르는 이온 포화 전류를 의미하고, V 는 제1프로브와 제2프로브에 인가된 전압의 크기를, T_e 는 전자의 온도를 의미하며, 제1프로브에 흐르는 이온 포화 전류와 제2프로브에 흐르는 이온 포화 전류가 동일하고, 제1프로브의 면적인 A_1 과 제2프로브의 면적인 A_2 가 동일하다고 하면, 식

(1)은 아래와 같이 식(2)로 정리될 수 있다.

$$I = \frac{I + I_i}{I_i - I} = e^{V/T_e} = I_i \tanh\left(\frac{T_e}{2V}\right)$$

식 (2) -

그리고 제1프로브(10)와 제2프로브(20)에 인가하는 전압은 정형한 형태의 전압이 인가되므로, 위 식(2)은 드루아브르의 공식(De Moivre's formula)을 이용하여 정리할 수 있으며, 식을 정리하면 다음과 같이 각각의 홀수 고조파들의 합으로 분리 될 수 있다.

식 (3) -

$$I/I_i = \left(\alpha - \frac{\alpha^3}{4} + \frac{\alpha^5}{12} + \dots \right) \cos \alpha t + \left(-\frac{\alpha^3}{12} + \frac{\alpha^5}{24} + \dots \right) \cos 3\alpha t + \left(\frac{\alpha^5}{120} + \dots \right) \cos 5\alpha t + \dots, (\alpha = V_0 / 2T_e)$$

즉, 제1프로브(10)와 제2프로브(20)의 면적이 동일하다면, 포화 이온 전류가 동일하기 때문에 전류 측정부(50)에 의해 측정된 전류에서 짝수 고주파 성분들을 상쇄되어서 삭제되고, 홀수 고조파들의 합으로만 표현이 된다.

따라서, 분리된 고조파들 중에 가장 큰 전류 크기를 가지고 있는 제1고조파 전류와 제3고조파 전류를 이용하여 플라스마의 밀도와 전자의 온도 등을 측정할 수 있다. 그러나, 이러한 방법으로 플라스마의 밀도나 전자의 온도를 측정하는 경우, 제3 고조파 전류가 제1 고조파 전류에 비해 매우 작게 측정되기 때문에 저밀도 플라스마에서는 플라스마의 밀도를 정확하게 측정할 수 없는 단점이 존재한다. 따라서, 저밀도 플라스마 환경에서는 상대적으로 큰 면적의 프로브가 필요할 뿐만 아니라 넓은 전류 측정 범위가 요구 되는 문제점들이 존재한다.

따라서, 본 발명의 일 실시예에 따른 플라스마 발생 장치(100)는 제1프로브(10)와 제2프로브(20)의 면적을 다르게 하여, 종래 기술보다 보다 정확하게 플라스마의 밀도 및 전자의 온도를 측정할 수 있다. 구체적으로, 플라스마 발생 장치(100)는 전류 측정부(50)에 의해 측정된 전류를 분석함에 있어서, 짝수 고주파 성분들을 남게 하여, 보다 용이하게 측정이 가능한 제1고조파 전류와 제2고조파 전류에 대한 정보를 이용하여 플라스마의 밀도 및 전자의 온도를 측정할 수 있다. 이하 구체적으로 알아본다.

제1프로브(10)와 제2프로브(20)의 면적이 동일하지 않다면, 전류 측정부(50)에 흐르는 전류는 전류 밀도를 이용하여 표현될 수 있으며, 구체적으로 아래 식(4)과 같이 표현될 수 있다.

$$\frac{I + \alpha A J_i}{A J_i - I} = \alpha e^x, (x = V / T_e)$$

식 (4) -

그리고 식 (4)를 전류 I를 기준으로 정리하면 아래 식 (5)와 같이 표현될 수 있다.

$$I = \alpha A J_i \frac{(e^x - 1)}{(1 + \alpha e^x)}$$

식 (5) -

식 (5)에서 α 는 제1프로브(10) 면적을 기준으로 한 제1프로브(10)와 제2프로브(20)의 면적비를 의미하고, A는 제1프로브(10)의 면적, J_i 는 이온 전류 밀도, V는 제1프로브(10) 및 제2프로브(20)에 인가된 전압의 진폭을 의미한다.

그리고 식 (5)를 테일러 급수를 이용하여 다시 정리하면 아래 식 (6)과 같이 표현될 수 있다.

식 (6) -

$$I = \alpha A_2 J_i \frac{(e^x - 1)}{(1 + \alpha e^x)} \approx \alpha A_2 J_i \left(\frac{1}{\alpha + 1} x - \frac{1}{2} \frac{\alpha - 1}{(\alpha + 1)^2} x^2 + \dots \right)$$

-

그리고 위 식(6)에 대해 인가되는 전압을 $\cos(x)$ 로 하여 식을 정리하면 아래 식 (7)과 같이 정리될 수 있다.

[0077] 식 (7) -

$$I(v \cos x) \approx \alpha A_2 J_i \left(\frac{1}{\alpha + 1} (v \cos x) - \frac{1}{2} \frac{\alpha - 1}{(\alpha + 1)^2} (v \cos x)^2 + \dots \right)$$

[0078]

[0079] 그리고 위 식(7)을 다시 코사인 배각 공식을 이용하여 기본 주파수 전류와 고조파 전류들의 합으로 정리 할 수 있으며, 이러한 경우 기본 주파수와 제2고조파 전류에 대한 정보를 얻을 수 있다. 따라서, 기본 주파수 전류와 제 2고조파 전류 성분의 비율을 이용하면 전자 온도를 얻을 수 있고, 이온 밀도는 기본 주파수 전류와 전자 온도의 함수로 정리 할 수 있으며, 일 예를 들면 제1프로브(10)와 제2프로브(20)의 면적 비율이 1:2인 경우 전자 온도와 이온 밀도는 아래 식(8)과 식(9)로 정리하여 얻을 수 있다.

$$T_e \approx \frac{v_0}{12} \frac{I_{\omega 1}}{I_{\omega 2}},$$

[0080] 식 (8) -

$$n_i \approx \frac{I_{lw}}{1.83 e u_b A v_0} \frac{T_e}{v_0}$$

[0081] 식 (9) -

[0082] 식 (8)과 식(9)에서 V_0 은 제1프로브(10)와 제2프로브(20)에 인가된 전압의 진폭을 의미하고, I_{lw} 는 기본 주파수 전류를, e 는 전하량을 의미하고, u_b 는 봄(bohm) 확산 속도를 의미한다. 즉, 본 발명은 이러한 방법을 통해서 플라즈마의 밀도와 전자의 온도를 측정하기 때문에 종래 기술보다 보다 정확하게 측정할 수 있다.

[0083] 도 4는 제1프로브와 제2프로브의 면적이 동일한 경우와 제1프로브의 면적이 제2프로브의 면적보다 2배인 경우와 3배인 경우에, 각각 전원의 크기 변화에 따라 측정된 전자 온도를 도시한 그래프이다.

[0084] 도 4를 참조하면, 제1프로브와 제2프로브의 면적이 동일한 경우(면적비가 1:1인 경우) 제3 고조파 전류 측정값이 작기 때문에 파워의 크기가 변화함에 따라 측정되는 전자 온도 값도 달라짐을 알 수 있다. 따라서, 이러한 환경하에서 정확한 측정 값을 얻기 위해, 일반적인 프로브의 면적 보다 대략 10배 이상의 큰 면적을 가지는 프로브를 이용해야 한다.

[0085] 또한, 프로브들의 면적이 동일한 경우, 도 4에 도시된 바와 같이 파워의 크기가 200W에서 100W로 갈수록 프로브들의 면적이 동일하지 않은 경우에 측정된 결과와 다른 경향성을 보임을 알 수 있다. 이러한 현상은 이온 밀도가 작아지면서 제3 고조파 전류가 작아짐에 따라 측정이 부정확해 지면서 생기는 오차에 의한 결과를 의미한다.

[0086] 그러나, 도 4에 도시된 바와 같이 제2 고조파 전류를 이용할 경우 인가되는 전압의 파워의 변화하여도 측정되는 전자의 온도가 큰 차이가 없음을 알 수 있다. 이를 통해 면적이 같은 프로브보다 상대적으로 작은 면적으로도 신뢰할 만한 전자 온도를 얻을 수 있음을 알 수 있다.

[0087] 또한, 프로브들의 면적이 같은 대칭 이중 탐침의 경우 제1 고조파 전류와 제3 고조파 전류의 비가 200 ~1000배 이상으로 크기 때문에 전자의 온도를 정확하게 측정하기 어려운 반면, 본 발명에 따라 제1프로브(10)와 제2프로브(20)의 면적을 달리 하여 프로브를 구현한 비대칭 이중 탐침의 경우 제1고조파와 제2고조파의 전류의 비가 20~ 50배 정도로 대칭 이중 탐침보다 작게 측정 된다. 따라서, 이러한 점으로부터 플라즈마의 상태 변수를 측정하기 위한 장치를 무선 형태의 진단 장치로 구현하는 경우, 같은 전자 온도에서 비대칭 이중 탐침을 사용하는 경우 보다 측정을 위한 전압의 크기를 줄일 수 있어 플라즈마 상태 변수 측정 장치를 보다 작게 만들 수 있는 장점이 존재한다.

[0088] 한편 도 1 내지 도 3에서는 설명의 편의를 위해 본 발명의 여러 실시예 중 하나인 플라즈마 발생 장치(100)를 기준으로 설명하였지만, 본 발명은 비대칭 면적을 가지는 이중 프로브를 포함하는 플라즈마 상태 변수 측정 장치(200)로 구현될 수 있다. 이하 도면을 통해 구체적으로 알아본다.

[0089] 도 5는 본 발명의 다른 실시예에 해당하는 비대칭 면적을 가지는 이중 프로브를 포함하는 플라즈마 상태 변수 측정 장치의 일부 구성 요소를 도시한 블록도이고, 도6은 본 발명에 따른 비대칭 면적을 가지는 이중 프로브를

포함하는 플라스마 상태 변수 측정 장치가 유선 형태로 플라스마 발생 장치와 결합된 경우를 도시한 도면이고, 도 7은 본 발명에 따른 비대칭 면적을 가지는 이중 프로브를 포함하는 플라스마 상태 변수 측정 장치가 무선 형태로 플라스마 발생 장치와 결합된 경우를 도시한 도면이다. 이하 설명의 편의를 위해 '비대칭 면적을 가지는 이중 프로브를 포함하는 플라스마 상태 변수 측정 장치'는 '플라스마 상태 변수 측정 장치'로 지칭하여 설명하도록 한다.

[0090] 도 5를 참조하면, 상태 변수 측정 장치(200)는 제1프로브(110), 제2프로브(120), 제1프로브(110) 및 제2프로브(120)에 미리 설정된 전압을 인가하는 전압 인가부(140), 제1프로브(110) 및 제2프로브(120)에 흐르는 전류를 측정하는 전류 측정부(150), 전류 측정부(150)에서 측정된 결과 값들을 기초로 플라스마의 다양한 변수를 계산하는 플라스마 분석부(160), 비대칭 면적을 가지는 이중 프로브를 포함하는 플라스마 상태 변수 측정 장치(200)의 전반적인 구성 요소들을 제어하는 제어부(190) 등을 포함할 수 있으며, 도 5에 도시되어 있는 제1프로브(110), 제2프로브(120), 전원 모듈(130), 전압 인가부(140), 전류 측정부(150) 및 플라스마 분석부(160) 및 제어부(190)는 도 2에서 설명한 제1프로브(10), 제2프로브(20), 전원 모듈(30), 전압 인가부(40), 전류 측정부(50) 및 플라스마 분석부(60) 및 제어부(90)와 동일한 기능을 하는 구성요소에 해당하므로 중복되는 설명은 생략하도록 한다.

[0091] 도 5에 따른 비대칭 면적을 가지는 이중 프로브를 포함하는 플라스마 상태 변수 측정 장치(200)는 플라스마 발생 장치(100)와 별도로 구현되는 장치로서, 그 특성상 플라스마 발생 장치(100)와 연결되어 챔버 내부의 플라스마의 밀도와 전자 온도 등을 측정할 수 있다.

[0092] 따라서, 도 6에 도시된 바와 같이 유선으로 결합되는 방법으로 플라스마 발생 장치와 연결되어, 플라스마 발생 장치의 챔버 내부에서 생성되는 플라스마의 각종 상태 변수를 측정할 수 있으며, 도 7에 도시된 바와 같이 유선으로 결합되는 방법으로 플라스마 발생 장치와 연결되어, 플라스마 발생 장치의 챔버 내부에서 생성되는 플라스마의 각종 상태 변수를 측정할 수 있다. 도 7과 방법으로 플라스마 발생 장치와 연결되는 경우, 플라스마 상태 변수 측정 장치(200)는 도면에 도시된 바와 같이 챔버 내에서 배터리, 측정 회로 및 제1프로브와 제2프로브를 포함하는 상태로 펌핑 시스템(62) 상부에 복수 개가 마련되어 배치될 수 있으며, 각각의 플라스마 상태 변수 측정 장치(200)는 외부 단말 또는 외부 서버와 통신할 수 있는 통신 모듈을 포함하고 있어, 챔버 내부에서 독립적으로 작동을 할 수 있다. 도 7에 따른 플라스마 상태 변수 측정 장치(200)의 작동 원리는 앞서 설명한 바와 동일한바 생략하도록 한다.

[0093] 지금까지 도면을 통해 일 실시예에 따른 비대칭 면적을 가지는 이중 프로브를 포함하는 플라스마 상태 변수 측정 방법, 비대칭 면적을 가지는 이중 프로브를 포함하는 플라스마 상태 변수 측정 장치 및 이를 포함하는 플라스마 발생 장치에 대한 구성 요소 및 작동 원리에 대해 자세히 알아보았다.

[0094] 일 실시예에 따른 비대칭 면적을 가지는 이중 프로브를 포함하는 플라스마 상태 변수 측정 방법, 비대칭 면적을 가지는 이중 프로브를 포함하는 플라스마 상태 변수 측정 장치 및 이를 포함하는 플라스마 발생 장치는 제1고조파 전류와 제2고조파 전류를 이용하여 플라스마의 밀도와 전자의 온도를 측정할 수 있어, 종래 기술에 따라 제3고조파 전류를 이용하여 측정하는 경우보다 보다 정확하게 플라스마의 밀도와 전자의 온도를 측정할 수 있는 장점이 존재한다.

[0095] 또한, 이러한 장점으로 인해 상대적으로 작은 크기의 프로브로 플라스마의 밀도와 전자 온도를 측정할 수 있어 플라스마 변수 측정 장치를 상대적으로 작게 구현할 수 있으며, 전류 측정 범위를 종래 기술보다 작게 할 수 있어 보다 효율적으로 플라스마의 밀도와 전자 온도를 측정할 수 있는 효과가 존재한다.

[0096] 이상에서 설명된 장치는 하드웨어 구성요소, 소프트웨어 구성요소, 및/또는 하드웨어 구성요소 및 소프트웨어 구성요소의 조합으로 구현될 수 있다. 예를 들어, 실시예들에서 설명된 장치 및 구성요소는, 예를 들어, 프로세서, 컨트롤러, ALU(arithmetic logic unit), 디지털 신호 프로세서(digital signal processor), 마이크로컴퓨터, FPA(field programmable array), PLU(programmable logic unit), 마이크로프로세서, 또는 명령(instruction)을 실행하고 응답할 수 있는 다른 어떠한 장치와 같이, 하나 이상의 범용 컴퓨터 또는 특수 목적 컴퓨터를 이용하여 구현될 수 있다. 처리 장치는 운영 체제(OS) 및 운영 체제 상에서 수행되는 하나 이상의 소프트웨어 애플리케이션을 수행할 수 있다. 또한, 처리 장치는 소프트웨어의 실행에 응답하여, 데이터를 접근, 저장, 조작, 처리 및 생성할 수도 있다. 이해의 편의를 위하여, 처리 장치는 하나가 사용되는 것으로 설명된 경우도 있지만, 해당 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자는, 처리 장치가 복수 개의 처리 요소(processing element) 및/또는 복수 유형의 처리 요소를 포함할 수 있음을 알 수 있다. 예를 들어, 처리 장치는 복수 개의 프로세서 또는 하나의 프로세서 및 하나의 컨트롤러를 포함할 수 있다. 또한, 병렬 프로세서(parallel

processor)와 같은, 다른 처리 구성(processing configuration)도 가능하다.

[0097] 소프트웨어는 컴퓨터 프로그램(computer program), 코드(code), 명령(instruction), 또는 이들 중 하나 이상의 조합을 포함할 수 있으며, 원하는 대로 동작하도록 처리 장치를 구성하거나 독립적으로 또는 결합적으로(collectively) 처리 장치를 명령할 수 있다. 소프트웨어 및/또는 데이터는, 처리 장치에 의하여 해석되거나 처리 장치에 명령 또는 데이터를 제공하기 위하여, 어떤 유형의 기계, 구성요소(component), 물리적 장치, 가상 장치(virtual equipment), 컴퓨터 저장 매체 또는 장치에 구체화(embody)될 수 있다. 소프트웨어는 네트워크로 연결된 컴퓨터 시스템 상에 분산되어서, 분산된 방법으로 저장되거나 실행될 수도 있다. 소프트웨어 및 데이터는 하나 이상의 컴퓨터 판독 가능 기록 매체에 저장될 수 있다.

[0098] 실시예에 따른 방법은 다양한 컴퓨터 수단을 통하여 수행될 수 있는 프로그램 명령 형태로 구현되어 컴퓨터 판독 가능 매체에 기록될 수 있다. 상기 컴퓨터 판독 가능 매체는 프로그램 명령, 데이터 파일, 데이터 구조 등을 단독으로 또는 조합하여 포함할 수 있다. 상기 매체에 기록되는 프로그램 명령은 실시예를 위하여 특별히 설계되고 구성된 것들이거나 컴퓨터 소프트웨어 당업자에게 공지되어 사용 가능한 것일 수도 있다. 컴퓨터 판독 가능 기록 매체의 예에는 하드 디스크, 플로피 디스크 및 자기 테이프와 같은 자기 매체(magnetic media), CD-ROM, DVD와 같은 광기록 매체(optical media), 플롭티컬 디스크(floptical disk)와 같은 자기-광 매체(magneto-optical media), 및 롬(ROM), 램(RAM), 플래시 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.

[0099] 이상과 같이 실시예들이 비록 한정된 실시예와 도면에 의해 설명되었으나, 해당 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자라면 상기의 기재로부터 다양한 수정 및 변형이 가능하다. 예를 들어, 설명된 기술들이 설명된 방법과 다른 순서로 수행되거나, 및/또는 설명된 시스템, 구조, 장치, 회로 등의 구성요소들이 설명된 방법과 다른 형태로 결합 또는 조합되거나, 다른 구성요소 또는 균등물에 의하여 대치되거나 치환되더라도 적절한 결과가 달성될 수 있다. 그러므로, 다른 구현들, 다른 실시예들 및 특허청구범위와 균등한 것들도 후술하는 특허청구범위의 범위에 속한다.

부호의 설명

[0100]

10: 제1프로브

20: 제2프로브

30: 전원 모듈

40: 전압 인가부

50: 전류 측정부

60: 플라즈마 분석부

70: 임피던스 매칭부

80: 챔버

90: 제어부

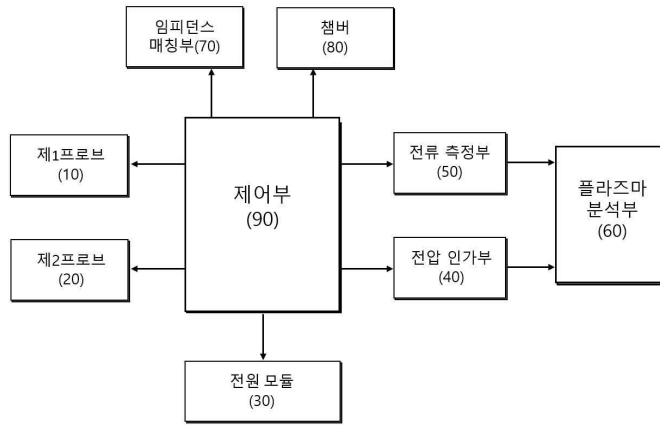
100: 플라즈마 발생 장치

200: 플라즈마 상태 변수 측정 장치

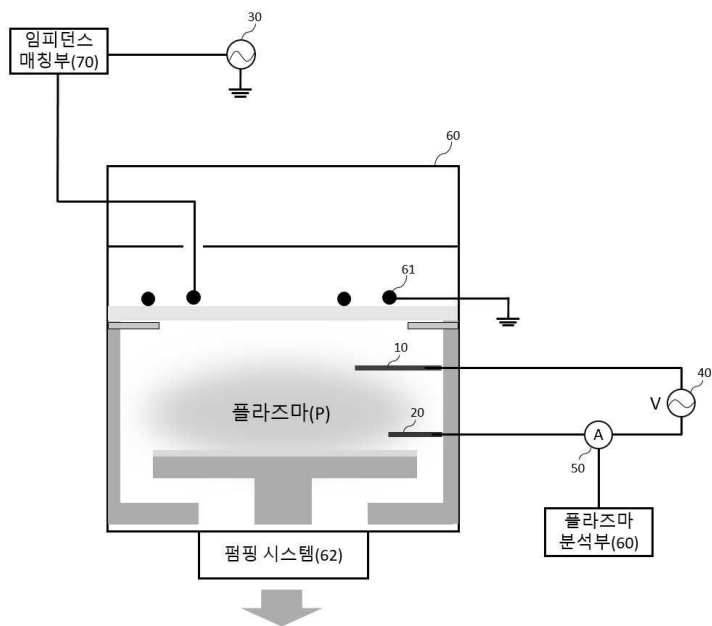
도면

도면1

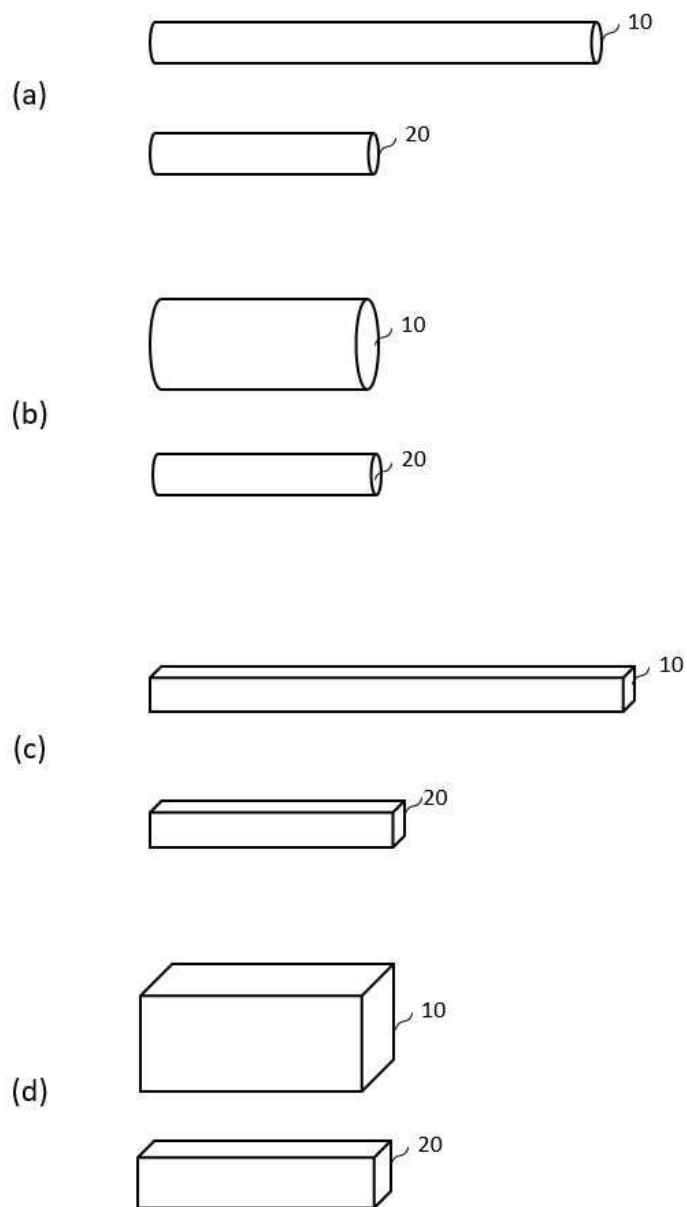
100



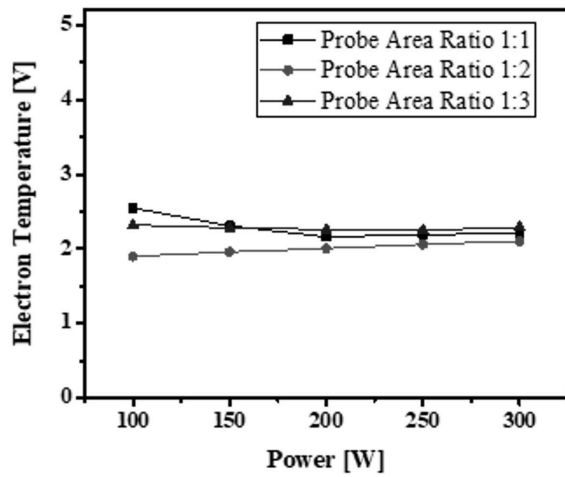
도면2



도면3

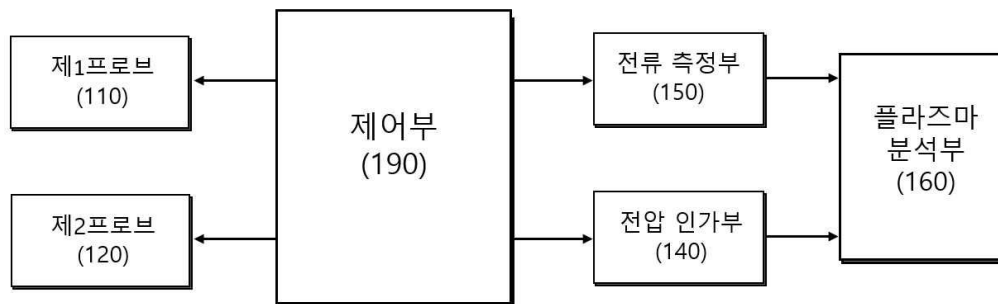


도면4



도면5

200



도면6

