



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2024-0052286
(43) 공개일자 2024년04월23일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)

H01J 37/32 (2006.01)

(52) CPC특허분류

H01J 37/3211 (2013.01)

H01J 37/32174 (2013.01)

(21) 출원번호 10-2022-0132124

(22) 출원일자 2022년10월14일

심사청구일자 2022년10월14일

(71) 출원인

충남대학교산학협력단

대전광역시 유성구 대학로 99 (궁동, 충남대학교)

(72) 발명자

유신재

대전광역시 유성구 가정로 63 하나아파트

106-1201

최민수

충청남도 부여군 규암면 내동로 50번길 14

(뒷면에 계속)

(74) 대리인

안재열, 김형근

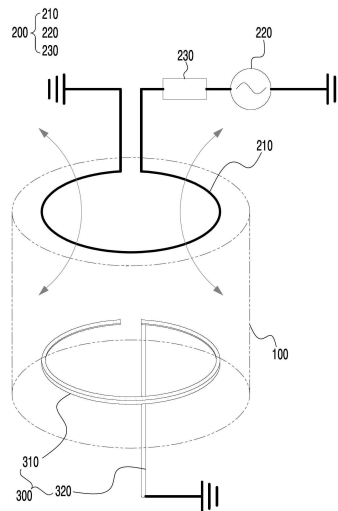
전체 청구항 수 : 총 8 항

(54) 발명의 명칭 유도결합 플라즈마 내에서 독립적인 플라즈마 이온 에너지의 제어가 가능한 안테나 시스템

(57) 요약

본 발명은 챔버 내부에 설치되는 안테나 시스템에 관한 것으로서, 더욱 상세하게는 플라즈마를 발생시키는 챔버의 상부에 전력 안테나가 구비되고, 챔버의 내부에 패시브 안테나가 설치됨에 따라 패시브 안테나에는 유도기전력이 발생되고, 이러한 패시브 안테나의 유도기전력에 의해 챔버 내부에서 발생하는 플라즈마의 이온 에너지가 상승하게 되는 원리를 이용하여 유도결합 플라즈마 내에서 독립적인 플라즈마 이온 에너지의 제어가 가능한 안테나 시스템에 관한 것이다.

대표도 - 도1



(72) 발명자

김시준

대전광역시 동구 산서로 1633-16

이영석

제주특별자치도 제주시 신성로 4길 21 604호

성인호

서울특별시 성동구 독서당로 218 110동 1801호

조철희

대전광역시 유성구 어은로 57 한빛아파트 122동 1403호

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 1415180221

과제번호 20019473

부처명 산업통상자원부

과제관리(전문)기관명 한국산업기술평가관리원

연구사업명 전자부품산업기술개발(R&D)

연구과제명 낮은 GWP를 갖는 대체 PFC/HFC 가스를 이용한 식각공정개발

기 여 율 1/1

과제수행기관명 성균관대학교산학협력단

연구기간 2022.04.01 ~ 2023.12.31

명세서

청구범위

청구항 1

내부 하단에 웨이퍼가 구비되고, 내부에 플라즈마를 발생시키도록 구성되는 챔버(100);

상기 챔버(100)의 상부에 설치되어 전달받은 RF 전력을 챔버(100)의 내부로 전달하는 전력 안테나(200); 및

상기 챔버(100)의 내부에 구비되는 패시브 코일(310)을 포함하며, 상기 전력 안테나(200)에 의해 발생된 자기장에 의해 상기 패시브 코일(310)에 유도기전력이 발생하는 패시브 안테나(300);

를 포함하는 것을 특징으로 하는 유도결합 플라즈마 내에서 독립적인 플라즈마 이온 에너지의 제어가 가능한 안테나 시스템.

청구항 2

청구항 1에 있어서,

상기 패시브 코일(310)은,

양 끝단이 서로 연결되지 않는 코일의 형태로 이루어지며, 상기 전력 코일(210)과 동축을 갖되, 상기 전력 안테나(200)로부터 소정거리 이격되어 대향되는 상태로 상기 챔버(100)의 내부에 구비되는 것을 특징으로 하는 유도결합 플라즈마 내에서 독립적인 플라즈마 이온 에너지의 제어가 가능한 안테나 시스템.

청구항 3

청구항 1에 있어서,

상기 패시브 코일(310)은,

한 번 이상 감긴 코일의 형태로 이루어질 수 있으며, 상기 패시브 코일(310)이 한 번 감긴 코일로 구성되는 경우, 원주방향 양끝단이 서로 소정거리 이격된 원호의 형태로 구성되는 것을 특징으로 하는 유도결합 플라즈마 내에서 독립적인 플라즈마 이온 에너지의 제어가 가능한 안테나 시스템.

청구항 4

청구항 1에 있어서,

안테나 시스템은,

상기 패시브 안테나(300)와 전력 안테나(200)의 사이 거리를 조절함으로써 플라즈마의 전압을 조절하는 것을 특징으로 하는 유도결합 플라즈마 내에서 독립적인 플라즈마 이온 에너지의 제어가 가능한 안테나 시스템.

청구항 5

청구항 1에 있어서,

상기 패시브 안테나(300)에는, 가변 캐패시터(400)가 연결되고,

상기 가변 캐패시터(400)를 제어함으로써 패시브 안테나(300)의 임피던스를 조절하는 것을 특징으로 하는 유도결합 플라즈마 내에서 독립적인 플라즈마 이온 에너지의 제어가 가능한 안테나 시스템.

청구항 6

청구항 5에 있어서,

상기 가변 캐패시터(400)를 제어하여 플라즈마 방전을 유도하는 것을 특징으로 하는 유도결합 플라즈마 내에서 독립적인 플라즈마 이온 에너지의 제어가 가능한 안테나 시스템.

청구항 7

청구항 1에 있어서,

상기 패시브 안테나(300)의 자유단을 챔버(100)의 내측벽에 접지하여 플라즈마의 밀도를 증가시키는 것을 특징으로 하는 유도결합 플라즈마 내에서 독립적인 플라즈마 이온 에너지의 제어가 가능한 안테나 시스템.

청구항 8

청구항 1에 있어서,

상기 패시브 안테나(300)의 자유단을 챔버(100)의 내측벽에 접지하여 패시브 안테나(300)와 전력 안테나(200)가 축전결합되게 함으로써, 플라즈마 방전을 유도하는 것을 특징으로 하는 유도결합 플라즈마 내에서 독립적인 플라즈마 이온 에너지의 제어가 가능한 안테나 시스템.

발명의 설명**기술 분야**

[0001] 본 발명은 챔버 내부에 설치되는 안테나 시스템에 관한 것으로서, 더욱 상세하게는 플라즈마를 발생시키는 챔버의 상부에 전력 안테나가 구비되고, 챔버의 내부에 패시브 안테나가 설치됨에 따라 패시브 안테나에는 유도기전력이 발생되고, 이러한 패시브 안테나의 유도기전력에 의해 챔버 내부에서 발생하는 플라즈마의 이온 에너지가 상승하게 되는 원리를 이용하여 유도결합 플라즈마 내에서 독립적인 플라즈마 이온 에너지의 제어가 가능한 안테나 시스템에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 고체 상태의 물질을 가열하면, 액체, 기체의 순서로 상태 변화가 일어나게 되고, 기체 상태에서 가열이나 방전에 의하여 에너지를 계속해서 가해주면, 기체는 더 작은 입자인 원자, 이온 및 전자 등으로 해리되어 혼재하게 되는데, 이러한 상태를 플라즈마라고 한다.

[0003] 산업적으로 이용되는 플라즈마는 저온 플라즈마와 열플라즈마로 나눌 수 있는데, 저온 플라즈마(cold plasma)는 반도체 제조공정에서 널리 사용되고 있으며, 열 플라즈마는 절단 및 용사 등에 응용되고 있다.

[0004] 현재 반도체 제조 공정 및 디스플레이 분야에서 가장 많이 사용되는 플라즈마 발생 방식은 RF(Radio Frequency)를 이용한 것으로 여기에는 유도 결합 플라즈마(inductively coupled plasma, ICP)와 축전 결합 플라즈마(capacitively coupled plasma, CCP) 방식으로 크게 나누어진다.

[0005] 유도 결합 플라즈마 방식은 ICP 챔버에 플라즈마 발생용 안테나를 설치하고, 이에 RF 전력을 인가하여 자기장을 형성하여 챔버 내에 플라즈마가 발생되게 하는 방식이다.

[0006] 이러한 유도 결합 플라즈마 방식에 사용되는 안테나는 나선형으로 이루어져 챔버의 상단에 구비되거나 또는 챔버의 외주면 둘레를 둘러싸는 실린더형 등으로 구성되는 것이 일반적이다.

[0007] 최근에는 플라즈마의 안정적인 제어 및 플라즈마의 균일도를 향상하기 위해 복수 개의 안테나를 사용하는 기술에 대해 많은 연구가 이루어지고 있으며, 이러한 복수 개의 안테나를 사용하는 종래의 플라즈마 장치에 대한 기술 중 일부로 등록특허공보 제10-1328520호(이하, '종래기술 1'이라 함) 및 등록특허공보 제10-0808862호(이하, '종래기술 2'라 함)이 개시되어 있다.

[0008] 종래기술 1은 RF 안테나의 내부에 공진 안테나를 설치하여 플라즈마 밀도를 증가시키는 기술에 관한 것으로서, 이는 공진 안테나가 RF 안테나로부터 전력을 인가받아 추가적인 자기장을 플라즈마에 부여함으로써 플라즈마의 밀도를 증가시키도록 구성된다.

[0009] 이때, 플라즈마는 플라즈마의 이온 에너지나 밀도 같은 내부변수가 공정의 결과에 직접적인 영향을 끼치게 되기 때문에 이러한 내부변수를 조절할 수 있는 기술이 매우 중요하게 되는데, 종래기술 1의 경우, 자기장을 추가함으로써 플라즈마의 밀도는 조절할 수 있으나, 이온 에너지의 제어는 불가능한 한계가 있다.

[0010] 한편, 종래기술 2는 코일 형태로 이루어진 RF 안테나의 외측에 복수 개의 코일형 안테나를 더 설치하여 플라즈마 발생효율을 증가시키는 기술에 관한 것으로서, 이를 위해 각 코일형 안테나에 서로 다른 주파수의 에너지를 공급하도록 구성된다.

[0011] 즉, 종래기술 2는 전극부에 추가적인 바이어스를 부가함으로써 플라즈마의 이온 에너지를 제어할 수 있게 구성되는데, 이러한 바이어스의 사용에 의해 플라즈마의 밀도가 감소하는 문제가 발생할 수 있으며, 바이어스의 가격이 대체로 고가이기 때문에 경제적으로 불합리한 문제가 있다.

선행기술문헌

특허문헌

[0012] (특허문헌 0001) 등록특허공보 제10-1328520호(2013.11.06.등록)

(특허문헌 0002) 등록특허공보 제10-0808862호(2008.02.25.등록)

발명의 내용

해결하려는 과제

[0013] 본 발명은 상기 종래 기술이 갖는 문제점을 해결하기 위하여 창출된 것으로서, 본 발명에서 해결하고자 하는 과제는 플라즈마를 발생시키는 챔버의 상부에 전력 안테나가 구비되고, 챔버의 내부에 패시브 안테나가 설치됨에 따라 패시브 안테나에는 유도기전력이 발생되고, 이러한 패시브 안테나의 유도기전력에 의해 챔버 내부에서 발생하는 플라즈마의 이온 에너지가 상승하게 되는 원리를 이용하여 유도결합 플라즈마 내에서 독립적인 플라즈마 이온 에너지의 제어가 가능한 안테나 시스템을 제공하는 것이다.

과제의 해결 수단

[0014] 본 발명은 내부 하단에 웨이퍼가 구비되고, 내부에 플라즈마를 발생시키도록 구성되는 챔버(100); 상기 챔버(100)의 상부에 설치되어 전달받은 RF 전력을 챔버(100)의 내부로 전달하는 전력 안테나(200); 및 상기 챔버(100)의 내부에 구비되는 패시브 코일(310)을 포함하며, 상기 전력 안테나(200)에 의해 발생된 자기장에 의해 상기 패시브 코일(310)에 유도기전력이 발생되고, 이로 인해 플라즈마의 전압이 상승되게 하는 패시브 안테나(300);를 포함하는 것을 특징으로 한다.

[0015] 이때, 상기 패시브 코일(310)은, 양 끝단이 서로 연결되지 않는 코일의 형태로 이루어지며, 상기 전력 코일(210)과 동축을 갖되, 상기 전력 안테나(200)로부터 소정거리 이격되어 대향되는 상태로 상기 챔버(100)의 내부에 구비되는 것을 특징으로 한다.

[0016] 한편, 상기 패시브 코일(310)은, 한 번 이상 감긴 코일의 형태로 이루어질 수 있으며, 상기 패시브 코일(310)이 한 번 감긴 코일로 구성되는 경우, 원주방향 양끝단이 서로 소정거리 이격된 원호의 형태로 구성되는 것을 특징으로 한다.

[0017] 한편, 안테나 시스템은, 상기 패시브 안테나(300)와 전력 안테나(200)의 사이 거리를 조절하여 플라즈마의 전압을 조절하는 것을 특징으로 한다.

[0018] 한편, 상기 패시브 안테나(300)에는, 가변 캐패시터(400)가 연결되고, 상기 가변 캐패시터(400)를 제어함으로써 패시브 안테나(300)의 임피던스를 조절하는 것을 특징으로 한다.

[0019] 한편, 상기 가변 캐패시터(400)를 제어하여 플라즈마 방전을 유도할 수 있다.

[0020] 한편, 상기 패시브 안테나(300)의 자유단을 챔버(100)의 내측벽에 접지하여 플라즈마의 밀도를 증가시킬 수 있다.

[0021] 한편, 상기 패시브 안테나(300)의 자유단을 챔버(100)의 내측벽에 접지하여 패시브 안테나(300)와 전력 안테나(200)가 축전결합되게 함으로써, 플라즈마 방전을 유도할 수 있다.

발명의 효과

[0022] 본 발명에 따르면, 전력 안테나로부터 소정 거리 이격된 상태로 챔버의 내부에 패시브 안테나가 설치됨에 따라 패시브 안테나에는 유도기전력이 발생되고, 이러한 패시브 안테나의 유도기전력에 의해 챔버 내부에서 발생하는 플라즈마의 이온 에너지가 상승하게 되는 원리를 이용하여 플라즈마 이온 에너지의 제어가 가능한 효과가 있다.

[0023] 아울러, 본 발명에 따르면, 패시브 안테나의 일단에 가변 캐패시터가 구비되고, 가변 캐패시터를 일정하게 제어하여 플라즈마의 이온 에너지를 조절할 수 있는 효과가 있다.

도면의 간단한 설명

[0024] 도 1은 본 발명에 따른 안테나 시스템의 개략 구성도.

도 2는 본 발명에 적용되는 패시브 안테나와 전력 안테나 사이의 거리 변화에 따른 플라즈마의 전압 변화를 나타내는 그래프.

도 3은 본 발명에 따른 안테나 시스템의 다른 실시예의 구성도.

도 4는 본 발명에 따른 안테나 시스템의 개략 전기회로도.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0025] 이하 첨부된 도면을 참조하여 본 발명의 바람직한 실시예를 더욱 상세하게 설명한다.

[0026] 본 발명은 챔버 내부에 설치되는 안테나 시스템에 관한 것으로서, 더욱 상세하게는 플라즈마를 발생시키는 챔버의 내부에 전력 안테나와 패시브 안테나가 서로 소정거리 이격된 상태로 설치됨에 따라 패시브 안테나에는 유도기전력이 발생되고, 이러한 패시브 안테나의 유도기전력에 의해 챔버 내부에서 발생하는 플라즈마의 이온 에너지가 상승하게 되는 원리를 이용하여 유도결합 플라즈마 내에서 독립적인 플라즈마 이온 에너지의 제어가 가능한 안테나 시스템에 관한 것이다.

[0027] 본 발명은 도 1에 도시된 바와 같이, 챔버(100), 전력 안테나(200) 및 패시브 안테나(300)를 포함하는 것을 특징으로 한다.

[0028] 상기 챔버(100)는 내부 하단에 웨이퍼가 구비되고, 내부에 플라즈마를 발생시키도록 구성된다.

[0029] 상술하면, 상기 챔버(100)는 ICP(Inductively Coupled Plasma) 챔버(100)로 구성되는데, 이는 일반적으로 내부에 공정가스를 주입하고 이에 소정의 전력을 공급함에 따라 플라즈마가 발생되고, 이러한 플라즈마에 의해 웨이퍼가 식각되게 하는 ICP 챔버(100)로 구성된다.

[0030] 한편, 상기 전력 안테나(200)는 상기 챔버(100)의 상부에 설치되어 전달받은 RF 전력을 챔버(100)의 내부로 전달할 수 있다.

[0031] 상술하면, 상기 전력 안테나(200)는 원호의 형태로 이루어져 상기 챔버(100)의 상부에 구비되는 전력 코일(210), 상기 전력 코일(210)의 일단과 연결되어 RF 전력을 공급하는 플라즈마 전원부(220) 및 상기 전력 코일(210)과 플라즈마 전원부(220)의 사이에 구비되는 임피던스 정합부(230)를 포함한다.

[0032] 이때, 상기 전력 코일(210)의 타단은 자유단으로 이루어지거나 또는 접지된 상태로 구성될 수 있다.

[0033] 상기한 구성에 따라 상기 플라즈마 전원부(220)에서 공급되는 RF 전력은 상기 임피던스 정합부(230)를 통과하여 상기 전력 코일(210)의 일단을 통해 공급된다.

[0034] 한편, 상기 패시브 안테나(300)는 상기 챔버(100)의 내부에 구비되는 패시브 코일(310)을 포함하며, 상기 전력 안테나(200)에 의해 발생된 자기장에 의해 상기 패시브 코일(310)에 유도기전력이 발생되고, 이로 인해 플라즈마의 전압이 상승되게 한다.

[0035] 상술하면, 상기 패시브 코일(310)은 양 끝단이 서로 연결되지 않는 코일의 형태로 이루어지며, 상기 전력 코일

(210)과 동축을 갖되, 상기 전력 안테나(200)로부터 소정거리 이격되어 대향되는 상태로 상기 챔버(100)의 내부에 구비된다.

[0036] 이때, 상기 패시브 코일(310)은 한 번 이상 감긴 코일의 형태로 이루어질 수 있으며, 상기 패시브 코일(310)이 한 번 감긴 코일로 구성되는 경우, 원주방향 양끝단이 서로 소정거리 이격된 원호의 형태로 구성된다.

[0037] 아울러, 상기 패시브 코일(310)의 일단은 자유단인 상태로 배치되고, 타단에는 패시브 연결단(320)이 구비되어 그라운드 상태가 되게 하거나 또는 도 3에 도시된 바와 같이, 패시브 연결단(320)이 가변 캐패시터(400)와 연결되어 패시브 안테나(300)에 흐르는 전류의 크기를 제어할 수 있는데, 가변 캐패시터(400)를 이용한 제어방법에 대해서는 이후 상세하게 설명하기로 한다.

[0038] 상기한 구성에 따라, 본 발명에서는 상기 패시브 코일(310)의 설치 위치를 변경하여 플라즈마의 이온 에너지를 제어할 수 있으며, 이에 따라 플라즈마의 밀도를 제어할 수 있다.

[0039] 부연하면, 상기 전력 안테나(200)에 일정한 전력이 가해지면, 상기 패시브 코일(310)에서는 전력 안테나(200)에서 발생하는 자기장에 의해 패시브 코일(310)에 유도기전력이 발생되면서 상기 패시브 코일(310)의 일단의 전압이 상승하게 되고, 이로 인해 패시브 코일(310)의 일단에서 연장방향으로 전류가 흐르게 된다.

[0040] 이때, 상기 챔버(100)의 내부에 발생된 플라즈마의 이온과 전자들은 플라즈마와 패시브 안테나(300) 사이의 이동도(mobility) 차이로 인해 상대적으로 패시브 안테나(300)가 더 낮은 전압인 상태가 되고, 상기 플라즈마가 더 높은 전압인 상태가 된다.

[0041] 상기한 상태에서 패시브 안테나(300)가 전력 안테나(200)측으로 근접하게 되면 전력 안테나(200)에 공급되는 전력에 의해 상호 구성의 유도결합에 의해 패시브 안테나(300)에서는 유도기전력이 발생하게 된다.

[0042] 이때, 상기 패시브 안테나(300)에서 발생한 유도기전력의 크기가 점차 증가하여 플라즈마의 퍼텐셜에 근접하게 되면, 플라즈마에서는 전자의 로스가 발생하게 하고, 이를 막기 위해 플라즈마에서는 자체적으로 이온 에너지가 상승하게 되면서 전압이 점차 상승하게 된다.

[0043] 즉, 플라즈마의 전압은 패시브 안테나(300)에 유도되는 전압이 상승하게 되면, 이에 유도되어 상승하게 된다.

[0044] 상기한 성질을 이용하여 본 발명에서는 유도기전력이 발생된 상기 패시브 안테나(300)의 설치 위치를 조절함으로써 플라즈마의 이온 에너지를 조절할 수 있고, 이에 따른 플라즈마의 전압과 밀도를 조절할 수 있다.

[0045] 구체적으로 설명하면, 상기 패시브 안테나(300)와 전력 안테나(200) 사이의 이격거리가 가까울수록 플라즈마의 전압은 상승하게 된다.

[0046] 도 2를 참고하여 설명하면, 도 2는 전력 안테나(200)의 전력이 100W인 경우와 200W인 경우, 패시브 안테나(300)와 전력 안테나(200) 사이의 거리에 따른 플라즈마의 전압 변화를 나타낸 그래프인데, 이를 보면, 상호 구성의 거리가 가까울수록 플라즈마의 전압이 점차 커지는 것을 알 수 있다.

[0047] 즉, 본원발명에서는 패시브 안테나(300)를 플라즈마와 근접한 위치에 설치함으로써 플라즈마의 전압을 상승시킬 수 있다.

[0048] 이때, 상기 패시브 안테나(300)는 전력 안테나(200)와의 사이 거리가 일정한 간격을 유지하게 챔버(100)의 내부에 고정 설치될 수 있으나, 공정 상황에 따라 상호 구성의 사이 거리를 조절할 수 있게 구비되는 것이 바람직하다.

[0049] 따라서 상기 패시브 안테나(300)는 상기 전력 안테나(200)와 동축인 상태에서 챔버(100)의 상하방으로 이동되면서 전력 안테나(200)와의 사이거리를 조절할 수 있게 구비될 수 있다.

[0050] 이때, 상기 챔버(100)와 패시브 안테나(300)는 서로 전기적으로 독립된 상태로 구성한다.

[0051] 한편, 도 3에 도시된 바와 같이, 상기 패시브 코일(310)의 타단에는 가변 캐패시터(400)가 연결되어 패시브 안테나(300)를 제어할 수 있다.

[0052] 도 4는 전력 안테나(200)의 회로인 1차 회로와 패시브 안테나(300)의 회로인 2차 회로의 상관 관계를 도시한 전기 회로도로서, 도면에서 사용되는 각 기호는 하기 값들을 의미한다.

[0053] V : 패시브 코일(310) 자유단의 전압

- [0054] V_{rf} : 공급되는 전압
- [0055] I_1 : 1차 회로로 공급되는 전류
- [0056] I_2 : 2차 회로로 공급되는 전류
- [0057] L_1 : 1차 회로의 인덕턴스
- [0058] L_2 : 2차 회로의 자체인덕턴스
- [0059] M_{12} : 2차 회로와의 사이에서 발생하는 상호인덕턴스
- [0060] M_{21} : 1차 회로와의 사이에서 발생하는 상호인덕턴스
- [0061] C_v : 가변 콘덴서(가변 캐패시터)
- [0062] C_s : 기생 캐패시터의 캐패시턴스
- [0063] Z_{L1} : 전력 코일의 임피던스
- [0064] Z_{L2} : 패시브 코일의 임피던스
- [0065] Z_{Cv} : 가변 콘덴서 임피던스
- [0066] Z_{Cs} : 무극성 콘덴서 임피던스
- [0067] ω : 각주파수
- [0068] 도 4의 전기회로도들 참고하여 임피던스 정합부(230)에서 발생하는 전압은 키르히호프(kirchhoff)의 전압 법칙에 의해 하기 식 1과 같이 나타낼 수 있으며, 패시브 코일(310)의 자유단에서 발생하는 전압은 하기 식 2 및 식 3과 같이 나타낼 수 있다.
- [0069] [식 1]
- [0070] $V_{rf} = I_1 Z_{L1} + I_2 i \omega M_{21}$
- [0071] [식 2]
- [0072] $V = I_2 Z_{L2} + I_2 Z_{Cv} + I_1 i \omega M_{12}$
- [0073] $(M_{12} = M_{21} = k \sqrt{L_1 L_2})$
- [0074] [식 3]
- [0075] $V = -I_2 Z_{Cs}$
- [0076] 상기 식 1 내지 식 3을 정리하여 V에 관한 식으로 정리하면 하기 식 4와 같이 나타낼 수 있다.
- [0077] [식 4]
- $$V = -Z_{Cs} I_2 = \frac{V_{rf} M_{12}}{C_s \omega^2 (L_1 L_2 - M_{12}^2) + \frac{L_1}{C_v} (C_v - C_s)}$$
- [0078]
- [0079] 상기 식 4에 따르면, C_v 가 커지거나 또는 V_{rf} 가 커질수록 V값이 커지는 것을 알 수 있는 바, 본원발명에서는 가변 캐패시터(400)의 값을 제어함으로써, 패시브 코일(310)에서 발생하는 전압의 크기를 조절할 수 있으며, 이에 따라 플라즈마의 이온 에너지를 조절할 수 있게 된다.
- [0080] 이때, C_v 가 0인 상태가 되면, 2차 회로의 임피던스가 커지기 때문에 전류가 흐르지 못하는 상태로 전환되는 바,

본 발명에서는 가변 캐패시터(400)의 값을 조절함으로써 플라즈마 장치의 방전 또한 유도할 수 있다.

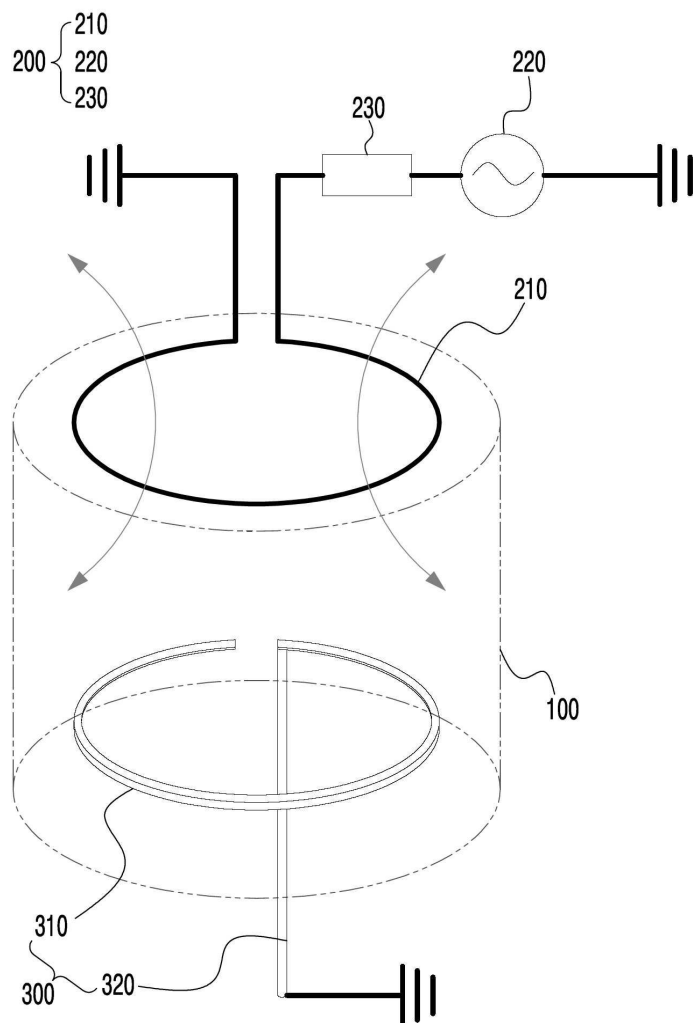
- [0081] 즉, 본 발명에서는 패시브 안테나(300)의 끝단에 가변 캐패시터(400)를 구비하고, 이의 값을 제어함으로써 패시브 안테나(300)의 자유단에 유도기전력의 크기를 조절할 수 있으며, 이로 인해 플라즈마의 이온 에너지를 조절할 수 있어 최종적으로 플라즈마의 전압을 조절함에 따라 플라즈마 장치의 방전을 유도할 수 있다.
- [0082] 한편, 본 발명에서는 상기 패시브 안테나(300)의 자유단을 챔버(100)의 내측벽에 접지함으로써 챔버(100) 내의 플라즈마 밀도를 증가시킬 수 있다.
- [0083] 상술하면, 상기 패시브 안테나(300)의 자유단을 챔버(100)의 내벽에 접지하게 되면, 챔버(100)의 내부에 패시브 안테나(300)의 유도전류에 의한 자기장이 추가적으로 발생하는 효과가 발생되며, 이로 인해 플라즈마의 밀도를 증가시킬 수 있다.
- [0084] 또한, 본 발명에서는 상기 패시브 안테나(300)의 자유단을 챔버(100)의 내측벽에 접지함으로써 축전결합에 의한 플라즈마 시스템을 구현할 수 있으며, 이로 인해 방전을 유도할 수 있다.
- [0085] 상술하면, 자유단이 접지된 패시브 안테나(300)는 일종의 접지전극의 역할을 하게 되고, 전력을 공급받는 전력 안테나(200)는 구동전극을 역할을 하게 되는데, 상호 구성의 거리가 가까워지게 되면, 전극간의 거리가 짧아지는 것과 동일한 효과를 부가할 수 있기 때문에 이에 따른 방전을 유도할 수 있게 된다.
- [0086] 즉, 본 발명에서는 자유단이 접지된 패시브 안테나(300)와 전력 안테나(200)의 사이 이격간격을 줄임으로써 플라즈마 방전을 유도할 수 있다.
- [0087] 이상에서 본 발명의 바람직한 실시예를 설명하였으나, 본 발명의 권리범위는 이에 한정되지 아니하며 본 발명의 실시 예와 실질적으로 균등한 범위에 있는 것까지 본 발명의 권리범위가 미치는 것으로 이해되어야 하며, 본 발명의 정신을 벗어나지 않는 범위 내에서 당해 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자에 의해 다양한 변형 실시가 가능하다.

부호의 설명

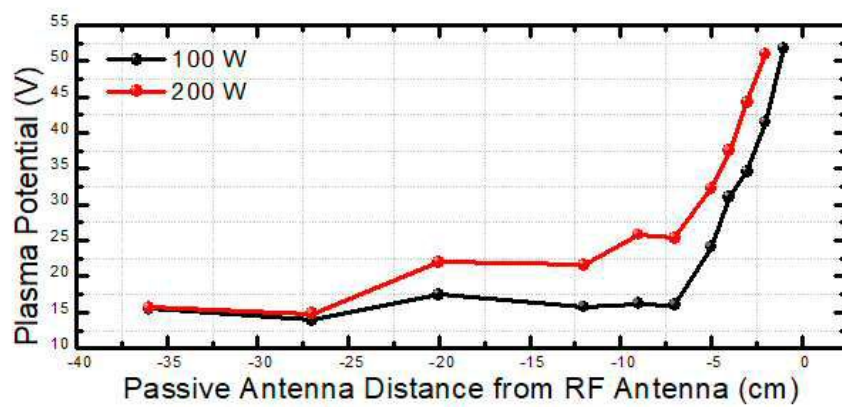
- [0088] 100 : 챔버
 200 : 전력 안테나 210 : 전력 코일
 220 : 플라즈마 전원부 230 : 플라즈마 정합부
 300 ; 패시브 안테나 310 : 패시브 코일
 320 : 패시브 연결단
 400 : 가변 캐패시터

도면

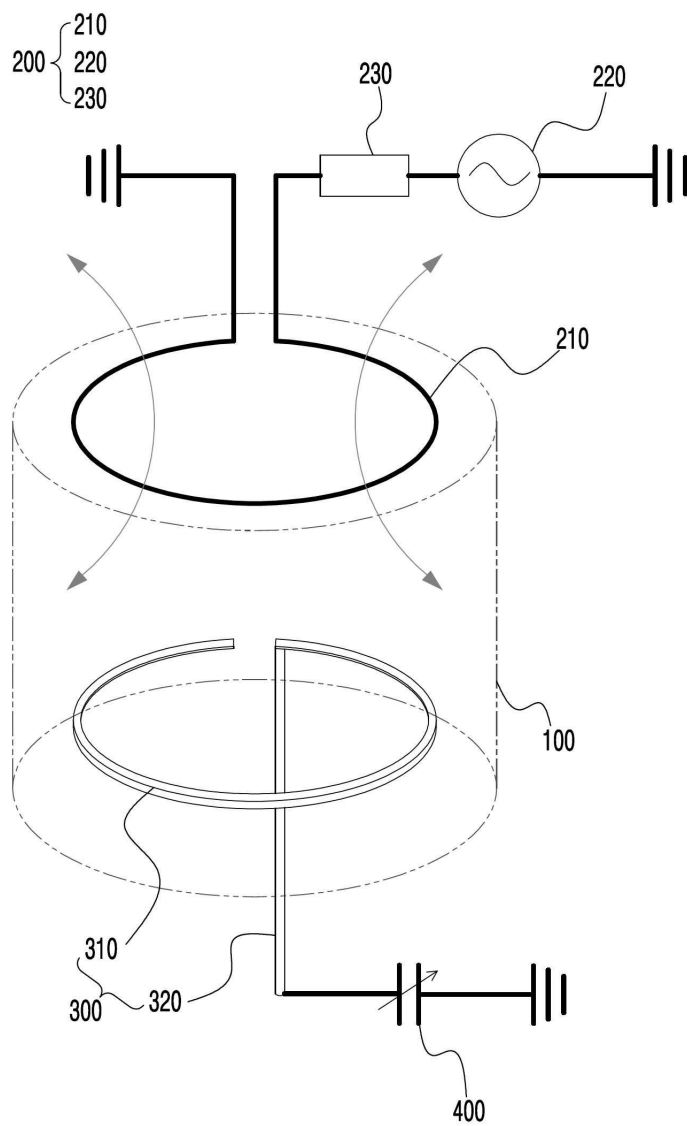
도면1



도면2



도면3



도면4

