



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2019년08월16일
(11) 등록번호 10-1972783
(24) 등록일자 2019년04월22일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)

H01J 37/32 (2006.01)

(52) CPC특허분류

H01J 37/3211 (2013.01)

H01J 37/32183 (2013.01)

(21) 출원번호 10-2017-0133031

(22) 출원일자 2017년10월13일

심사청구일자 2017년10월13일

(65) 공개번호 10-2019-0041607

(43) 공개일자 2019년04월23일

(56) 선행기술조사문헌

JP2011146721 A*

KR1020000053680 A*

KR1020100049208 A*

*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자

주식회사 유진테크

경기도 용인시 처인구 양지면 추계로 42

(72) 발명자

조정희

경기도 용인시 수지구 성북2로 158, 611동 1402호
(성동마을LG빌리지6차아파트)

최윤석

경기도 수원시 장안구 화산로 85, 121동 202호 (천천푸르지오아파트)

(뒷면에 계속)

(74) 대리인

정성진

전체 청구항 수 : 총 8 항

심사관 : 김주승

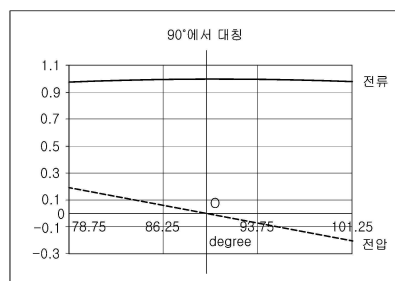
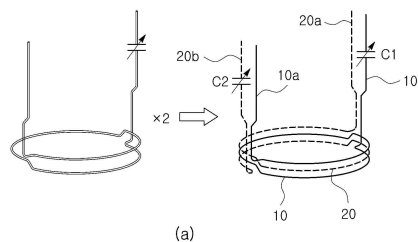
(54) 발명의 명칭 ICP 안테나 및 이를 포함하는 플라즈마 처리 장치

(57) 요약

본 발명의 플라즈마 처리 장치는 내부에 플라즈마를 발생시키기 위하여 소스 가스가 도입되는 유도 챔버; 상기 유도 챔버에서 발생한 플라즈마에 의해 처리되는 피처리 기판이 배치되는 처리 챔버; 상기 유도 챔버 외부에 위치하며, 상기 유도 챔버 내부로 도입되는 소스 가스로부터 플라즈마를 발생시키기 위하여 유도 자기장을 형성하

(뒷면에 계속)

대표도 - 도4



(b)

는 ICP 안테나; 및 상기 ICP 안테나에 RF 전력을 인가하는 고주파 발진기를 포함하며, 상기 ICP 안테나는 동일한 길이 및 반경방향 중심을 가지는 복수의 나선형 안테나를 포함하며, 각 안테나는 상기 고주파 발진기가 연결되는 입력단 및 상기 입력단에 대향하는 단자로서 접지에 연결되는 출력단을 가지고, 각 안테나의 길이방향 중심에 가상 접지가 형성되도록 각 안테나의 출력단에 밸런스드 커패시터가 장착되며, 상기 복수의 나선형 안테나는 상기 복수의 나선형 안테나의 입력단 및 출력단이 상기 반경방향 중심에 대하여 동일 각도로 배치되며, 상기 복수의 나선형 안테나의 길이방향 중심이 상기 복수의 나선형 안테나의 출력단 사이에 배치된다.

(72) 발명자

세르게이

경기도 용인시 처인구 추계로 42

유차영

경기도 수원시 팔달구 권광로 373, 111동 2802호
(월드메르디앙)

명세서

청구범위

청구항 1

내부에 플라스마를 발생시키기 위하여 소스 가스가 도입되는 유도 챔버;

상기 유도 챔버에서 발생한 플라스마에 의해 처리되는 피처리 기판이 배치되는 처리 챔버;

상기 유도 챔버 외부에 위치하며, 상기 유도 챔버 내부로 도입되는 소스 가스로부터 플라스마를 발생시키기 위하여 유도 자기장을 형성하는 ICP 안테나; 및

상기 ICP 안테나에 RF 전력을 인가하는 고주파 발진기를 포함하며,

상기 ICP 안테나는, 동일한 길이 및 반경방향 중심을 가지며 상기 고주파 발진기가 연결되는 입력단 및 상기 입력단에 대향하는 단자로서 접지에 연결되는 출력단을 각각 구비하는 제1 및 제2 나선형 안테나를 포함하며,

상기 제1 및 제2 나선형 안테나는 각각의 길이방향 중심에 가상 접지를 형성하여 상기 가상 접지를 기준으로 위상이 반대인 전압이 형성되도록 각각의 출력단에 밸런스드 커패시터가 장착되며, 각각의 입력단 및 출력단이 상기 반경방향 중심에 대하여 대칭적으로 배치되며, 각각의 길이방향 중심이 각각의 출력단 사이에 배치되고,

상기 제1 안테나의 입력단 및 출력단은 상기 제2 안테나의 입력단 및 출력단과 상기 반경방향 중심에 대하여 대칭으로 배치되고, 상기 제1 안테나와 제2 안테나의 길이방향 중심은 상기 제1 안테나와 제2 안테나의 출력단에 대하여 상기 반경방향 중심을 기준으로 90도 각도로 배치되고, 상기 제1 안테나의 길이방향 중심과 상기 제2 안테나의 길이방향 중심은 상기 반경방향 중심을 기준으로 대칭으로 배치되는, 플라스마 처리 장치.

청구항 2

삭제

청구항 3

내부에 플라스마를 발생시키기 위하여 소스 가스가 도입되는 유도 챔버;

상기 유도 챔버에서 발생한 플라스마에 의해 처리되는 피처리 기판이 배치되는 처리 챔버;

상기 유도 챔버 외부에 위치하며, 상기 유도 챔버 내부로 도입되는 소스 가스로부터 플라스마를 발생시키기 위하여 유도 자기장을 형성하는 ICP 안테나; 및

상기 ICP 안테나에 RF 전력을 인가하는 고주파 발진기를 포함하며,

상기 ICP 안테나는, 동일한 길이 및 반경방향 중심을 가지며 상기 고주파 발진기가 연결되는 입력단 및 상기 입력단에 대향하는 단자로서 접지에 연결되는 출력단을 각각 구비하는 제1 내지 제3 나선형 안테나를 포함하며,

상기 제1 내지 제3 나선형 안테나는 각각의 길이방향 중심에 가상 접지를 형성하여 상기 가상 접지를 기준으로 위상이 반대인 전압이 형성되도록 각각의 출력단에 밸런스드 커패시터가 장착되며, 각각의 입력단 및 출력단이 상기 반경방향 중심에 대하여 동일한 방향에 배치되며, 각각의 길이방향 중심이 각각의 출력단 사이에 배치되고,

상기 제1 내지 제3 안테나의 입력단 및 출력단은 상기 반경방향 중심에 대하여 120도 각도로 배치되고, 상기 제1 내지 제3 안테나의 길이방향 중심은 상기 제1 내지 제3 안테나의 입력단과 상기 반경방향 중심에 대하여 대칭으로 배치되는, 플라스마 처리 장치.

청구항 4

제1항 또는 제3항에 있어서,

상기 복수의 안테나는 하나의 고주파 발진기에 병렬로 연결되는, 플라스마 처리 장치.

청구항 5

제4항에 있어서,

상기 복수의 안테나는 임피던스 매칭 회로를 게재하여 상기 고주파 발진기에 연결되며,

상기 복수의 안테나는 하나의 임피던스 매칭 회로를 게재하여 상기 고주파 발진기에 연결되는, 플라스마 처리 장치.

청구항 6

제4항에 있어서,

상기 복수의 안테나는 임피던스 매칭 회로를 게재하여 상기 고주파 발진기에 연결되며,

상기 복수의 안테나 각각은 서로 다른 임피던스 매칭 회로를 게재하여 상기 고주파 발진기에 연결되는, 플라스마 처리 장치.

청구항 7

제1항 또는 제3항에 있어서,

상기 복수의 안테나는 각각 개별 고주파 발진기에 독립적으로 연결되는, 플라스마 처리 장치.

청구항 8

유도 결합형 플라스마(ICP) 처리 장치의 유도 챔버 외부에 위치하며, 상기 유도 챔버 내부로 도입되는 소스 가스로부터 플라스마를 발생시키기 위하여 유도 자기장을 형성하는 ICP 안테나에 있어서,

상기 ICP 안테나는,

동일한 길이 및 반경방향 중심을 가지며 RF 전력이 인가되는 입력단 및 상기 입력단에 대향하는 단자로서 접지에 연결되는 출력단을 각각 구비하는 제1 및 제2 나선형 안테나를 포함하며,

상기 제1 및 제2 나선형 안테나는 각각의 길이방향 중심에 가상 접지를 형성하여 상기 가상 접지를 기준으로 위상이 반대인 전압이 형성되도록 각각의 출력단에 밸런스드 커패시터가 장착되며, 각각의 입력단 및 출력단이 상기 반경방향 중심에 대하여 대칭적으로 배치되며, 각각의 길이방향 중심이 각각의 출력단 사이에 배치되고,

상기 제1 안테나의 입력단 및 출력단은 상기 제2 안테나의 입력단 및 출력단과 상기 반경방향 중심에 대하여 대칭으로 배치되고, 상기 제1 안테나와 제2 안테나의 길이방향 중심은 상기 제1 안테나와 제2 안테나의 출력단에 대하여 상기 반경방향 중심을 기준으로 90도 각도로 배치되고, 상기 제1 안테나의 길이방향 중심과 상기 제2 안테나의 길이방향 중심은 상기 반경방향 중심을 기준으로 대칭으로 배치되는, ICP 안테나.

청구항 9

삭제

청구항 10

유도 결합형 플라스마(ICP) 처리 장치의 유도 챔버 외부에 위치하며, 상기 유도 챔버 내부로 도입되는 소스 가스로부터 플라스마를 발생시키기 위하여 유도 자기장을 형성하는 ICP 안테나에 있어서,

상기 ICP 안테나는,

동일한 길이 및 반경방향 중심을 가지며 고주파 발진기가 연결되는 입력단 및 상기 입력단에 대향하는 단자로서 접지에 연결되는 출력단을 각각 구비하는 제1 내지 제3 나선형 안테나를 포함하며,

상기 제1 내지 제3 나선형 안테나는 각각의 길이방향 중심에 가상 접지를 형성하여 상기 가상 접지를 기준으로 위상이 반대인 전압이 형성되도록 각각의 출력단에 밸런스드 커패시터가 장착되며, 각각의 입력단 및 출력단이 상기 반경방향 중심에 대하여 동일한 방향에 배치되며, 각각의 길이방향 중심이 각각의 출력단 사이에 배치되고,

상기 제1 내지 제3 안테나의 입력단 및 출력단은 상기 반경방향 중심에 대하여 120도 각도로 배치되고, 상기 제

1 내지 제3 안테나의 길이방향 중심은 상기 제1 내지 제3 안테나의 입력단과 상기 반경방향 중심에 대하여 대칭으로 배치되는, ICP 안테나.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 ICP 안테나 및 플라즈마 처리 장치에 관한 것으로, 좀 더 구체적으로 ICP 처리 장치에 있어서 플라즈마 발생 효율 및 플라즈마의 균일성을 향상시킬 수 있는 안테나를 포함하는 플라즈마 처리 장치에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 최근 반도체 공정에 사용되는 기관 처리 장치는 반도체 회로의 초미세화, 반도체 회로를 제조하기 위한 기관의 대형화 및 액정 디스플레이의 대면적화에 따라 전체 처리 면적은 대형화됨에 반해 내부 회로는 더욱 소형화되는 추세에 있다. 따라서 한정된 영역에 보다 많은 소자의 집적이 필요하게 되었을 뿐 아니라 대형화된 전체 면적에 형성되는 소자의 균일성을 개선시키도록 연구 및 개발이 진행되고 있다.

[0003] 기관 처리 장치로 이용되고 있는 플라즈마 처리 장치는 챔버 내의 반응 가스를 활성화시켜 플라즈마를 형성한 후 형성된 플라즈마를 이용하여 기관을 처리하는 건식 처리 장치로, 전극 형태에 따라 용량 결합형 플라즈마(Capacitively Coupled Plasma; CCP)와 유도 결합형 플라즈마(Inductively Coupled Plasma; ICP) 방식으로 구분된다.

[0004] CCP 방식은 일반적으로 평행한 한 쌍의 플레이트형 전극에 고주파를 인가함으로써 전극 사이의 공간에 형성되는 전기장에 의해 플라즈마를 발생시키는 것으로, 정확한 용량 결합 조절과 이온 조절 능력이 높아서 ICP 방식에 비하여 공정 생산성이 높다는 장점을 갖는다. 반면, 무선 주파수 전원의 에너지가 거의 배타적으로 용량 결합을 통하여 플라즈마에 전달되기 때문에 플라즈마 이온 밀도는 용량 결합된 무선 주파수 전력의 증가 또는 감소에 의해서만 조절될 수 있다. 그러므로 고밀도 플라즈마를 생성하기 위해서는 높은 무선 주파수 전력이 필요하게 된다. 그러나 무선 주파수 전력을 증가시키는 것은 이온 충격 에너지를 증가시킨다. 따라서 이온 충격에 의한 손상을 방지하기 위해서는 공급되는 무선 주파수 전력을 증가시키는데 한계를 갖게 된다.

[0005] 이에 반해, ICP 방식은 일반적으로 나선형의 안테나에 고주파를 인가하고 안테나에 유입되는 고주파 전류에 의한 자기장의 변화에 따라 유도되는 전기장으로 챔버 내부의 전자를 가속시켜 플라즈마를 발생시키는 것으로, 무선 주파수 전력의 증가에 따라 이온 밀도를 쉽게 증가시킬 수 있는 반면 이에 따른 이온 충격은 상대적으로 낮아 고밀도 플라즈마를 발생시키기에 적합한 것으로 알려져 있다. 또한 ICP 방식은 CCP 방식에 비하여 실질적으로 더 넓은 방전 조건, 즉 가스 압력 및 전력에서 동작한다는 이점이 있다. 따라서 플라즈마를 이용하는 기관 처리 장치에 있어서 고밀도 플라즈마를 발생시키기 위하여 ICP 방식을 사용하는 것이 일반적인 추세이다.

[0006] 도 1은 종래 유도 결합형 플라즈마 처리 장치의 개략적인 구성을 나타내는 도면이다. 도 1을 참조하면, 종래 유도 결합형 플라즈마 처리 장치(10)는 소스 가스로부터 플라즈마를 발생시키기 위하여 유도 전기장이 형성되는 유도 챔버(110), 내부에 플라즈마(P)에 의해 처리되는 피처리 기관(W)이 배치되는 처리 챔버(120), 유도 챔버(110) 내부에 기관의 처리를 위한 소스 가스를 도입하는 가스 도입부(130) 및 기관 처리 후 잔여 가스 및 미반응 가스가 배출되는 가스 배출구(미도시), 챔버(110) 내에 배치되며 상기 피처리 기관이 배치되는 서셉터(140), 유도 챔버(110)의 상부 또는 측면에 위치하며 챔버 내부에 플라즈마(P)를 발생시키기 위한 전자기장을 형성하는 안테나(150), 상기 안테나에 소스 전원을 인가하는 고주파 발전기(RF generator, 160) 및 안테나(150)를 외부로부터 차단하는 외부 챔버(170)를 포함한다.

[0007] 이러한 플라즈마 처리 장치에 사용되는 플라즈마 소스용 안테나는 안테나 및 유전체 윈도우의 형상에 따라 실린더형 안테나, 평판형 안테나 및 돔형 안테나로 분류될 수 있다. 그러나 ICP 방식의 안테나는 안테나 코일의 나선형 프로파일, 안테나에 인가되는 전력의 높은 주파수에 의한 정상파 효과, 및 안테나 코일에 흐르는 전류의 분포에 의해 방사상 불균일한 플라즈마가 발생되어 막의 균일도를 확보하기가 쉽지 않다는 문제점이 있다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0008] 본 발명은 상술한 문제점을 해결하기 위한 것으로, 플라즈마 균일도를 향상시킬 수 있는 ICP 안테나 및 이를 포

합하는 플라즈마 처리 장치를 제공하고자 하는 것이다.

[0009] 본 발명의 다른 목적은 용량성 결합 플라즈마(ICP) 처리 장치에서 발생할 수 있는 용량성 결합 플라즈마(CCP; Capacitive coupled plasma)의 영향을 감소시키는 것에 의하여 ICP 처리 장치의 효율을 향상시킬 수 있을 뿐 아니라 플라즈마 균일도를 향상시킬 수 있는 ICP 안테나 및 이를 포함하는 플라즈마 처리 장치를 제공하고자 하는 것이다.

[0010] 본 발명이 해결하고자 하는 또 다른 과제들은 다음의 상세한 설명과 도면으로부터 보다 명확해질 것이다.

과제의 해결 수단

[0011] 이를 위하여, 본 발명의 일 실시예에 따른 플라즈마 처리 장치는, 내부에 플라즈마를 발생시키기 위하여 소스 가스가 도입되는 유도 챔버; 상기 유도 챔버에서 발생한 플라즈마에 의해 처리되는 피처리 기판이 배치되는 처리 챔버; 상기 유도 챔버 외부에 위치하며, 상기 유도 챔버 내부로 도입되는 소스 가스로부터 플라즈마를 발생시키기 위하여 유도 자기장을 형성하는 ICP 안테나; 및 상기 ICP 안테나에 RF 전력을 인가하는 고주파 발진기를 포함하며, 상기 ICP 안테나는 동일한 길이 및 반경방향 중심을 가지는 복수의 나선형 안테나를 포함하며, 각 안테나는 상기 고주파 발진기가 연결되는 입력단 및 상기 입력단에 대향하는 단자로서 접지에 연결되는 출력단을 가지고, 각 안테나의 길이방향 중심에 가상 접지가 형성되도록 각 안테나의 출력단에 밸런스드 커패시터가 장착되며, 상기 복수의 나선형 안테나는 상기 복수의 나선형 안테나의 입력단 및 출력단이 상기 반경방향 중심에 대하여 동일 각도로 배치되며, 상기 복수의 나선형 안테나의 길이방향 중심이 상기 복수의 나선형 안테나의 출력단 사이에 배치된다.

[0012] 상기 복수의 안테나는 각 안테나의 입력단과 출력단이 반경방향 중심에 대하여 대칭적으로 배치된 제1 안테나 및 제2 안테나를 포함할 수 있으며, 상기 제1 안테나의 입력단 및 출력단은 상기 제2 안테나의 입력단 및 출력단과 상기 반경방향 중심에 대하여 대칭으로 배치되고, 상기 제1 안테나와 제2 안테나의 길이방향 중심은 상기 제1 안테나와 제2 안테나의 출력단에 대하여 상기 반경방향 중심을 기준으로 90도 각도로 배치되고, 상기 제1 안테나의 길이방향 중심과 상기 제2 안테나의 길이방향 중심은 상기 반경방향 중심을 기준으로 대칭으로 배치될 수 있다.

[0013] 상기 복수의 안테나는 각 안테나의 입력단과 출력단이 상기 반경방향 중심에 대하여 동일한 방향에 배치된 제1, 제2 및 제3 안테나를 포함할 수 있으며, 상기 제1, 제2 및 제3 안테나의 입력단 및 출력단은 상기 반경방향 중심에 대하여 120도 각도로 배치되고, 상기 제1, 제2 및 제3 안테나의 길이방향 중심은 상기 제1, 제2 및 제3 안테나의 입력단과 상기 반경방향 중심에 대하여 대칭으로 배치될 수 있다.

[0014] 상기 복수의 안테나는 하나의 고주파 발진기에 병렬로 연결될 수 있다.

[0015] 상기 복수의 안테나는 임피던스 매칭 회로를 게재하여 상기 고주파 발진기에 연결될 수 있으며, 상기 복수의 안테나는 하나의 임피던스 매칭 회로를 게재하여 상기 고주파 발진기에 연결될 수 있다.

[0016] 상기 복수의 안테나는 임피던스 매칭 회로를 게재하여 상기 고주파 발진기에 연결될 수 있으며, 상기 복수의 안테나 각각은 서로 다른 임피던스 매칭 회로를 게재하여 상기 고주파 발진기에 연결될 수 있다.

[0017] 상기 복수의 안테나는 각각 개별 고주파 발진기에 독립적으로 연결될 수 있다.

[0018] 본 발명의 다른 실시예에 따른 ICP 안테나는, 유도 결합형 플라즈마(ICP) 처리 장치의 유도 챔버 외부에 위치하며, 상기 유도 챔버 내부로 도입되는 소스 가스로부터 플라즈마를 발생시키기 위하여 유도 자기장을 형성하는 ICP 안테나에 있어서, 상기 ICP 안테나는 동일한 길이 및 반경방향 중심을 가지는 복수의 나선형 안테나를 포함하며, 각 안테나는 상기 고주파 발진기가 연결되는 입력단 및 상기 입력단에 대향하는 단자로서 접지에 연결되는 출력단을 가지고, 각 안테나의 길이방향 중심에 가상 접지가 형성되도록 각 안테나의 출력단에 밸런스드 커패시터가 장착되며, 상기 복수의 나선형 안테나는 상기 복수의 나선형 안테나의 입력단 및 출력단이 상기 반경방향 중심에 대하여 동일 각도로 배치되며, 상기 복수의 나선형 안테나의 길이방향 중심이 상기 복수의 나선형 안테나의 출력단 사이에 배치된다.

[0019] 상기 복수의 안테나는 각 안테나의 입력단과 출력단이 반경방향 중심에 대하여 대칭적으로 배치된 제1 안테나 및 제2 안테나를 포함할 수 있으며, 상기 제1 안테나의 입력단 및 출력단은 상기 제2 안테나의 입력단 및 출력단과 상기 반경방향 중심에 대하여 대칭으로 배치되고, 상기 제1 안테나와 제2 안테나의 길이방향 중심은 상기 제1 안테나와 제2 안테나의 출력단에 대하여 상기 반경방향 중심을 기준으로 90도 각도로 배치되고, 상기 제1

안테나의 길이방향 중심과 상기 제2 안테나의 길이방향 중심은 상기 반경방향 중심을 기준으로 대칭으로 배치될 수 있다.

[0020] 상기 복수의 안테나는 각 안테나의 입력단과 출력단이 상기 반경방향 중심에 대하여 동일한 방향에 배치된 제1, 제2 및 제3 안테나를 포함할 수 있으며, 상기 제1, 제2 및 제3 안테나의 입력단 및 출력단은 상기 반경방향 중심에 대하여 120도 각도로 배치되고, 상기 제1, 제2 및 제3 안테나의 길이방향 중심은 상기 제1, 제2 및 제3 안테나의 입력단과 상기 반경방향 중심에 대하여 대칭으로 배치될 수 있다.

발명의 효과

[0021] 본 발명의 일 실시예에 따른 ICP 안테나 및 이를 포함하는 플라즈마 처리 장치에 의하면 ICP 처리 장치 내의 플라즈마 균일도를 향상시킬 수 있는 효과가 있다.

[0022] 본 발명의 다른 효과는 용량성 결합 플라즈마(ICP) 처리 장치에서 발생할 수 있는 용량성 결합 플라즈마(CCP; Capacitive coupled plasma)의 영향을 감소시키는 것에 의하여 ICP 처리 장치의 효율 및 플라즈마 균일도를 향상시킬 수 있다는 것이다.

도면의 간단한 설명

[0023] 도 1은 종래 기술에 따른 유도 결합형 플라즈마 처리 장치의 개략적인 구성을 나타내는 도면이다.

도 2는 종래 기술에 따른 실린더형 안테나와 실린더형 안테나의 길이방향에 따른 전압 및 전류의 크기를 나타내는 도면이다.

도 3은 종래 기술에 따른 듀얼(Dual) 안테나 및 듀얼 안테나의 길이방향에 따른 전압 및 전류의 크기를 나타내는 도면이다.

도 4는 본 발명의 일 실시예에 따른 밸런스드 커패시터(Balanced Capacitor)가 장착된 듀얼 안테나 및 이 안테나의 길이방향에 따른 전압 및 전류의 크기를 나타내는 도면이다.

도 5는 종래 기술에 따른 듀얼 안테나와 본 발명의 일 실시예에 따른 듀얼 안테나의 최대 전류 지점을 나타내는 도면이다.

도 6은 종래 기술에 따른 트리플(Triple) 안테나 및 트리플 안테나의 길이방향에 따른 전압 및 전류의 크기를 나타내는 도면이다.

도 7은 본 발명의 다른 실시예에 따른 밸런스드 커패시터가 장착된 트리플 안테나 및 이 안테나의 길이방향에 따른 전압 및 전류의 크기를 나타내는 도면이다.

도 8은 종래 기술에 따른 트리플 안테나와 본 발명의 다른 실시예에 따른 트리플 안테나의 최대 전류 지점을 나타내는 도면이다.

도 9는 밸런스드 커패시터를 장착한 안테나의 동작을 개념적으로 나타낸 도면이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0024] 이하, 본 발명의 바람직한 실시예들을 첨부된 도 2 내지 도 8을 참고하여 더욱 상세히 설명한다. 본 발명의 실시예들은 여러 가지 형태로 변형될 수 있으며, 본 발명의 범위가 아래에서 설명하는 실시예들에 한정되는 것으로 해석되어서는 안 된다. 본 실시예들은 당해 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자에게 본 발명을 더욱 상세하게 설명하기 위해서 제공되는 것이다. 따라서 도면에 나타난 각 요소의 형상은 보다 분명한 설명을 강조하기 위하여 과장될 수 있다.

[0026] 도 2는 종래 기술에 따른 실린더형 안테나와 실린더형 안테나의 길이방향에 따른 전압 및 전류의 크기를 나타내는 도면이다. 도 2의 (a)는 종래 기술에 따른 실린더형 안테나를 개략적인 모습을 나타내며, 도 2의 (b)는 안테나의 입력단에서 출력단까지의 전압 및 전류의 크기를 나타낸다. 본 명세서에서 입력단은 고주파 발전기가 연결되는 일단을 의미하며 출력단은 안테나가 접지되는 타단을 의미한다. 일반적으로 코일형 안테나에 있어서 전압과 전류는 90도의 위상차를 가진다. 즉, 코일형 안테나에서 전압은 입력단에서 최대값을 가지고 접지단인 출력단에서 최소값(0V)을 가지고, 전류는 입력단에서 최소값을 가지고 접지단인 출력단에서 최대값을 가진다. 도 2에 도시된 바와 같이, 실린더형 안테나에서 코일 길이를 $\lambda/8(\pi/4)$ 로 가정하였을 때, 최소 전류는 최대 전류 대비 약 29.3% 감소된 값을 가지며, 따라서 전류 진폭에 따른 불균일한 전류 분포에 의해 플라즈마 균일성이 좋

지 않게 나타난다.

- [0028] 이에 출원인(주식회사 유진테크)은 두 개의 안테나를 이용하여 최대 전류 지점이 서로 대칭되게 함으로써 불균일한 전류 분포를 감소시킨 듀얼 안테나를 개발하였다(특허 제10-1037917). 도 3은 종래 기술에 따른 듀얼(Dual) 안테나 및 듀얼 안테나의 길이방향에 따른 전압 및 전류의 크기를 나타내는 도면으로, 도 3의 (a)는 종래 기술에 따른 듀얼 안테나의 개략적인 모습을 나타내며, 도 3의 (b)는 안테나의 입력단에서 출력단까지의 전압 및 전류의 크기를 나타낸다.
- [0030] 도 3의 (a)에 도시된 바와 같이, 종래 기술에 따른 듀얼 안테나는 두 개의 안테나, 즉 제1 안테나(10) 및 제2 안테나(20)를 포함하며, 제1 안테나 및 제2 안테나는 대체로 동일한 구성 및 기능을 가진다. 각 안테나에 있어서 입력단(10a, 20a)과 출력단(10b, 20b)은 서로 대칭되며, 제1 안테나(10)와 제2 안테나(20)의 입력단(10a 및 20a) 또한 서로 대칭된다. 이 실시예에서, 각 안테나의 길이는 도 2에 도시된 실시예에 비하여 1/2로 감소되어 $\lambda/16$ 이 되며, 전압과 전류는 90도의 위상차를 가진다. 도 3의 (b)에 도시된 바와 같이 종래 기술에 따른 듀얼 안테나의 경우 동일 턴수를 가지는 도 2의 일반 안테나에 비하여 최대 전류 대비 최소 전류의 감소 값이 7.6%로 감소되며 따라서 전류 분포에 의한 플라즈마의 균일성이 향상된다. 또한 최대 전류 지점인 출력단이 안테나의 중심점을 기준으로 마주보고 있기 때문에 이에 의한 균일성 또한 향상된다.
- [0032] 그러나, 듀얼 안테나의 대칭성에 의한 균일성 향상에는 한계가 있으며, 본 출원의 발명자는 자사 듀얼 안테나에 있어서 각 안테나의 출력단에 밸런스드 커패시터를 장착하는 것에 의하여 플라즈마의 균일성을 더욱 향상시킬 수 있는 본 발명을 개발하였다. 도 4는 본 발명의 일 실시예에 따른 밸런스드 커패시터(Balanced Capacitor)가 장착된 듀얼 안테나 및 이 안테나의 길이방향에 따른 전압 및 전류의 크기를 나타내는 도면이다.
- [0034] 도 4에 도시된 바와 같이, 본 발명의 일 실시예에 따른 듀얼 안테나는 상부에서 보았을 때(즉, 평면도로 보았을 때), 각 안테나의 입력단(10a 및 20a)과 출력단(10b 및 20b)이 반경방향 중심에 대하여 대칭적으로 배치된 제1 안테나(10) 및 제2 안테나(20)를 포함할 수 있다. 또한 제1 안테나(10)의 입력단(10a)은 제2 안테나(20)의 입력단(20a)과 반경방향 중심에 대하여 대칭적으로 배치되고, 제1 안테나(10)의 출력단(10b) 또한 상기 제2 안테나(20)의 출력단(20b)과 반경방향 중심에 대하여 대칭으로 배치된다. 제1 안테나(10)의 길이방향 중심은 제1 안테나의 출력단(10b)과 제2 안테나(20b)의 출력단 사이에 배치되며, 제2 안테나(20)의 길이방향 중심 역시 상기 제1 안테나의 출력단(10b)과 제2 안테나의 출력단(20b)에 대하여 상기 반경방향 중심을 기준으로 90도 각도로 배치된다. 즉, 제1 안테나(10)의 길이방향 중심과 제2 안테나(20)의 길이방향 중심은 상기 반경방향 중심을 기준으로 대칭으로 배치될 수 있다.
- [0036] 본 발명의 일 실시예에 따른 듀얼 안테나는 각 안테나(10, 20)의 출력단(10b, 20b)에 커패시터(C1, C2)를 장착하는 것에 의하여 각 안테나의 중심에서의 전압을 0V로 하는 가상 접지를 형성한다. 설명의 편의를 위하여 본 명세서에서는 각 안테나의 중심에 가상 접지를 형성하는 조건(Balanced condition)의 커패시터를 밸런스드 커패시터(Balanced capacitor)라 한다. 도 9를 참조하여 밸런스드 커패시터의 영향을 좀 더 상세히 설명하기로 한다. 도 9는 밸런스드 커패시터를 장착한 안테나의 동작을 개념적으로 나타낸 도면이다.
- [0038] 도 9를 참조하면 알 수 있는 바와 같이, 각 안테나의 접지단에 밸런스드 커패시터를 장착하는 것에 의하여 안테나의 중심에 가상 접지를 형성할 수 있으며, 이 경우 가상 접지를 형성하지 않는 경우(접선으로 도시)와 비교할 때 전압이 가상 접지를 기준으로 1/2로 감소한다. 또한, 가상 접지를 기준으로 위상이 반대인 전압이 형성되어 플라즈마와의 사이에서 용량성 결합 커패시터(CCP)의 방향이 반대인 푸쉬-풀(Push-Pull) 회로가 형성된다. 이와 같이, 안테나의 출력단에 밸런스드 커패시터를 장착하는 것에 의하여 전압이 감소되고 푸쉬-풀 회로를 형성하여 CCP의 영향을 감소시킬 수 있으며, 결과적으로 ICP 효율이 증가될 수 있다.
- [0040] 이와 같이 본 발명의 일 실시예에 따른 듀얼 안테나는 각 안테나의 출력단에 밸런스드 커패시터를 장착하는 것에 의하여 전압 감소에 따라 CCP의 영향이 감소되고 180도의 위상차에 의한 푸쉬-풀 회로의 형성에 의하여 CCP의 영향이 상쇄되어 ICP의 효율이 높아질 수 있다. 따라서 플라즈마 밀도가 향상되며 전자 온도가 감소될 수 있다.
- [0042] 또한 도 4의 (b)에 도시된 바와 같이, 본 발명의 일 실시예에 따른 듀얼 안테나는 최대 전류 대비 최소 전류의 감소 값이 2%로 편차가 작아지며 따라서 전류 분포에 의한 플라즈마의 균일성이 향상된다. 뿐만 아니라 각 안테나의 최대 전류 지점이 각 안테나의 출력단에서 안테나의 중심으로 이동하며, 상부에서 보았을 때 제1 안테나(10)와 제2 안테나(20)의 최대 전류 지점이 입출력단 사이에 배치될 뿐 아니라 안테나의 중심을 기준으로 서로 대칭되는 지점에 형성되어 플라즈마의 균일성이 더욱 향상된다. 최대 전류 지점의 대칭성 및 위치 이동과 플라

즈마 균일성의 관계에 대해서는 도 5를 참조하여 더욱 상세하게 설명하기로 한다.

- [0044] 도 5는 종래 기술에 따른 듀얼 안테나와 본 발명의 일 실시예에 따른 듀얼 안테나의 최대 전류 지점을 나타낸다. 도 5의 (a)에 도시된 바와 같이 종래 기술에 따른 듀얼 안테나는 안테나의 출력단이 최대 전류 지점이 되며, 따라서 안테나의 최대 전류 지점이 반경방향 중심을 기준으로 대칭으로 배치된 입출력단에 위치한다. 반면, 본 발명의 일 실시예에 따른 밸런스드 커패시터를 장착한 듀얼 안테나에 있어서 최대 전류 지점은 도 5의 (b)에 도시된 바와 같이 반경방향 중심을 기준으로 입출력단과 90도를 이루는 지점에 배치된다.
- [0046] 상술한 바와 같이 종래 기술에 따른 듀얼 안테나의 경우 동일 턴수를 가지는 도 2의 일반 안테나에 비하여 최대 전류 대비 최소 전류의 감소 값이 7.6%로 감소되어 전류 분포에 의한 플라스마의 균일성이 향상된다.
- [0048] 이하에서는 도 6 내지 8을 참조하여 본 발명의 다른 실시예에 따른 안테나를 설명한다. 도 6은 종래 기술에 따른 트리플(Triple) 안테나 및 트리플 안테나의 길이방향에 따른 전압 및 전류의 크기를 나타내는 도면이다. 도 6에 도시된 바와 같이, 종래 기술에 따른 트리플 안테나는 세 개의 안테나를 이용하여 최대 전류 지점이 서로 대칭되게 함으로써 불균일한 전류 분포를 감소시키고 있다. 도 6의 (a)는 종래 기술에 따른 트리플 안테나의 개략적인 모습을 나타내며, 도 6의 (b)는 각 안테나의 입력단에서 출력단까지의 전압 및 전류의 크기를 나타낸다.
- [0050] 도 6의 (a)에 도시된 바와 같이, 종래 기술에 따른 트리플 안테나는 세 개의 안테나, 즉 제1 안테나(10), 제2 안테나(20) 및 제3 안테나(30)를 포함하며, 제1 안테나, 제2 안테나 및 제3 안테나는 대체로 동일한 구성 및 기능을 가진다. 각 안테나에 있어서 입력단(10a, 20a, 30a)과 출력단(10b, 20b, 30b)은 반경방향 중심을 기준으로 동일 방향에 배치되며, 각 안테나(10, 20, 30)의 입출력단은 반경방향 중심을 기준으로 120도 각도로 배치된다. 이 실시예에서, 각 안테나의 길이는 도 2에 도시된 실시예에 비하여 $1/3$ 로 감소되어 $\lambda/24$ 이 되며, 전압과 전류는 90도의 위상차를 가진다. 도 6의 (b)에 도시된 바와 같이 종래 기술에 따른 트리플 안테나의 경우 최대 전류 대비 최소 전류의 감소 값이 3.4%로 감소되며 따라서 전류 분포에 의한 플라스마의 균일성이 향상된다. 또한 최대 전류 지점인 출력단이 안테나의 중심점을 기준으로 120도 등간격으로 배치되고 있기 때문에 이에 의한 균일성 또한 향상된다.
- [0052] 도 7은 본 발명의 다른 실시예에 따른 밸런스드 커패시터가 장착된 트리플 안테나 및 이 안테나의 길이방향에 따른 전압 및 전류의 크기를 나타내는 도면이며, 도 8은 종래 기술에 따른 트리플 안테나와 본 발명의 다른 실시예에 따른 트리플 안테나의 최대 전류 지점을 나타내는 도면이다.
- [0054] 도 7에 도시된 본 발명의 일 실시예에 따른 트리플 안테나는 도 6과 마찬가지로 각 안테나의 입력단과 출력단이 상기 반경방향 중심에 대하여 동일한 방향에 배치된 제1 안테나(10), 제2 안테나(20) 및 제3 안테나(30)를 포함하며, 각 안테나(10, 20, 30)의 입출력단은 상기 반경방향 중심에 대하여 120도 각도로 배치되고, 각 안테나의 길이방향 중심은 각 안테나의 입출력단과 상기 반경방향 중심에 대하여 대칭으로 배치될 수 있다. 즉, 제1 안테나(10)의 길이방향 중심은 제2 안테나(20) 및 제3 안테나(30)가 이루는 120도 사이에 배치되며, 제2 안테나(20) 및 제3 안테나(30)와 반경방향 중심을 기준으로 60도 각도를 이룬다. 동일하게 제2 안테나(20)의 길이방향 중심은 제1 안테나(10) 및 제3 안테나(30)가 이루는 120도 사이에 배치되며, 제1 안테나(10) 및 제3 안테나(30)와 반경방향 중심을 기준으로 60도 각도를 이룬다. 마찬가지로, 제3 안테나(30)의 길이방향 중심은 제1 안테나(10) 및 제2 안테나(20)가 이루는 120도 사이에 배치되며, 제1 안테나(10) 및 제2 안테나(20)와 반경방향 중심을 기준으로 60도 각도를 이룬다.
- [0056] 각 안테나(10, 20, 30)의 출력단(10a, 20a, 30)에는 인가되는 고주파 조건 하에서 각 안테나의 길이방향 중심에 가상 접지를 형성하도록 밸런스드 커패시터(C1, C2, C3)가 장착된다. 도 7의 (b)에 도시된 바와 같이, 각 안테나(10, 20, 30)의 출력단(10a, 20a, 30)에 밸런스드 커패시터(C1, C2, C3)를 장착하는 것에 의하여 안테나의 길이방향 중심에 가상 접지가 형성되며 따라서 최대 전류 지점이 안테나의 길이방향 중심에 위치된다. 따라서 최대 전류 대비 최소 전류의 감소 값이 0.85%에 불과하여 전류 분포의 균일해지고 이에 의하여 플라스마 분포의 균일성이 향상된다.
- [0058] 뿐만 아니라, 도 8의 (a)에 도시된 바와 같이, 종래 기술에 따른 트리플 안테나의 경우 최대 전류 지점이 출력단에 위치하여 그 위치에서의 플라스마 분포의 불균일성이 두드러지는 반면, 도 8의 (b)에 도시된 바와 같이, 본 발명의 일 실시예에 따른 밸런스드 커패시터를 장착한 트리플 안테나의 경우 최대 전류 지점이 안테나의 길이방향 중심에 배치되며, 따라서 상부에서 보았을 때 최대 전류 지점이 각 안테나의 출력단 사이에 반경방향 중심을 기준으로 대칭으로 배치되기 때문에 출력단에 있어서의 플라스마 분포의 불균일성을 해소할 수 있다.
- [0060] 본 명세서에서는 입출력단에 대칭 배치된 듀얼 안테나 및 트리플 안테나에 밸런스드 커패시터를 장착하는 실시

예를 예로 들어 설명하고 있으나 이에 한정되지 않으며, 동일한 길이 및 반경방향 중심을 가지는 4개 이상의 안테나를 포함할 수 있으며, 이 경우에도 각 안테나의 길이방향 중심에 가상 접지가 형성되도록 각 안테나의 출력단에 밸런스드 커패시터를 장착하는 것에 의하여 플라즈마 분포의 균일성을 향상시킬 수 있다. 이 경우 복수의 나선형 안테나는 상기 복수의 나선형 안테나의 입력단 및 출력단이 상기 반경방향 중심에 대하여 동일 각도로 배치되며, 상기 복수의 나선형 안테나의 길이방향 중심이 상기 복수의 나선형 안테나의 출력단 사이에 등거리로 배치되는 것이 바람직하다.

[0061]

[0062] 또한, 본 발명에서는 설명의 편의를 위하여 생략하고 있으나, 안테나를 플라즈마 소스로 동작시키기 위해서는 각 안테나에 고주파 발진기가 연결되어야 한다. 이 실시예에서 복수의 안테나는 하나의 고주파 발진기에 병렬로 연결될 수 있으며, 각 안테나는 임피던스 매칭 회로를 통하여 고주파 발진기에 연결될 수 있다. 일 실시예에서, 복수의 안테나는 하나의 임피던스 매칭 회로를 게재하여 상기 고주파 발진기에 연결될 수 있다.

[0064] 다른 실시예에서, 복수의 안테나 각각은 서로 다른 임피던스 매칭 회로를 게재하여 상기 고주파 발진기에 연결될 수 있다. 서로 다른 임피던스 매칭 회로를 가지는 것에 의하여 각 안테나는 개별 안테나의 특성에 따라 좀더 정확한 임피던스 매칭을 실시할 수 있을 것이다. 또 다른 실시예에서, 복수의 안테나는 각각 개별 고주파 발진기에 독립적으로 연결될 수 있으며, 이 경우 개별 임피던스 매칭 회로를 게재하여 각각 고주파 발진기에 연결될 수 있다.

[0065]

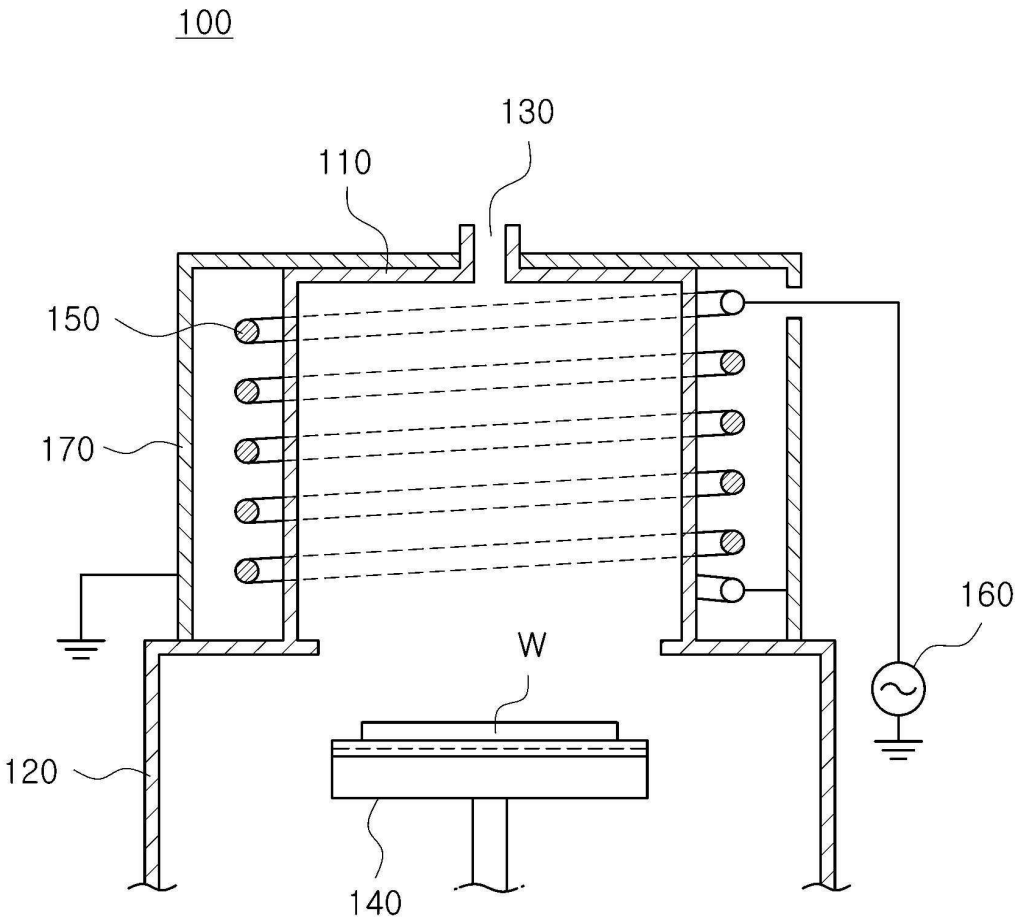
부호의 설명

[0066]

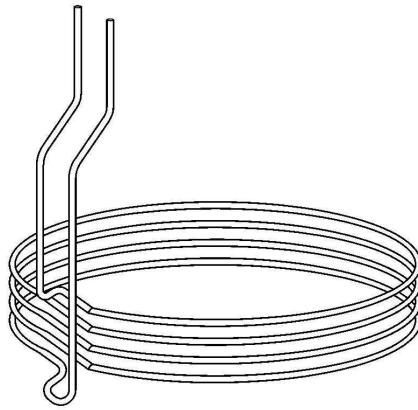
- 10: 제1 안테나
- 20: 제2 안테나
- 110: 유도 챔버
- 120: 처리 챔버
- 130: 가스 도입부
- 140: 서셉터
- 150: ICP 안테나
- 160: 고주파 발진기
- 170: 외부 챔버

도면

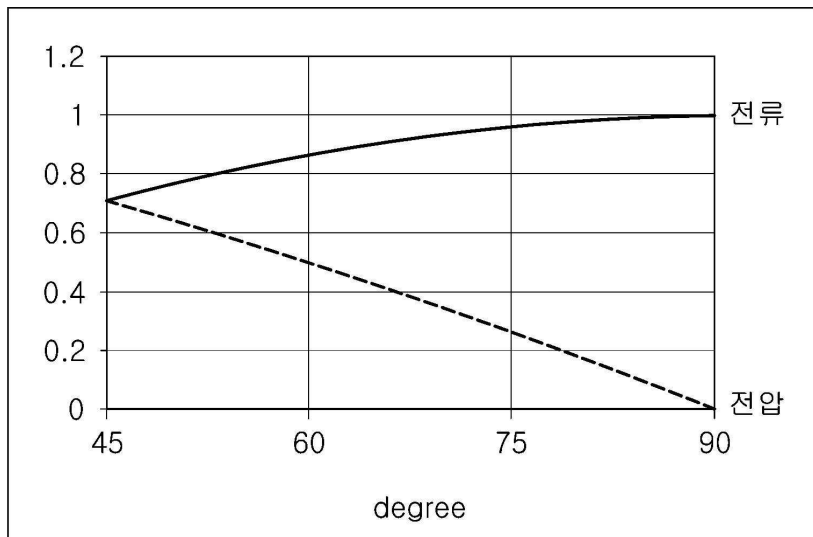
도면1



도면2

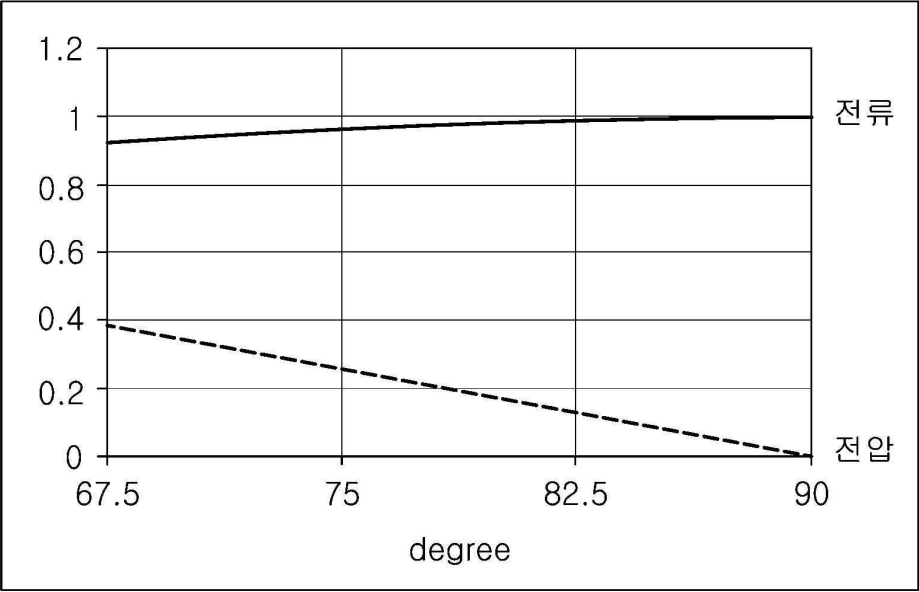
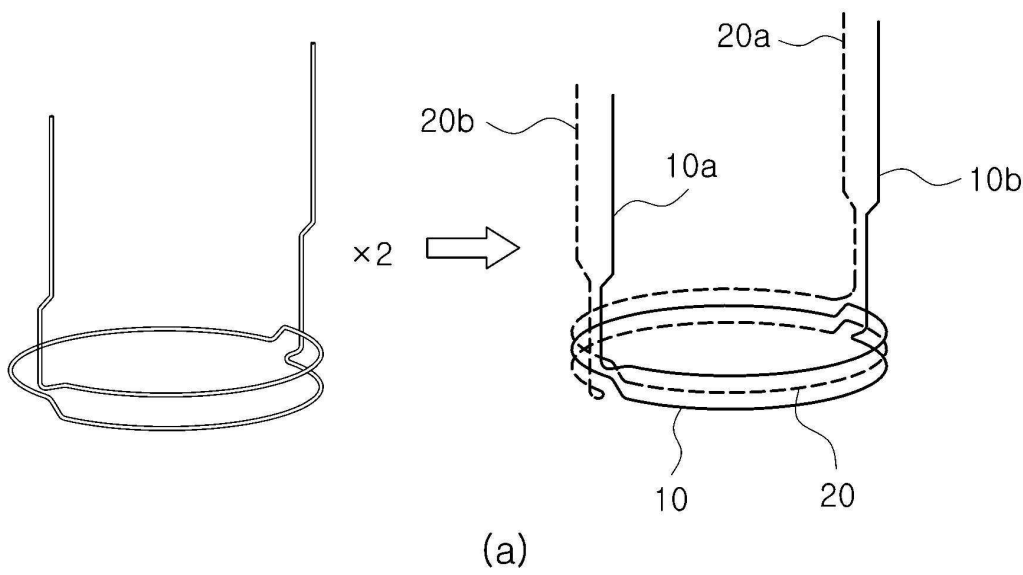


(a)



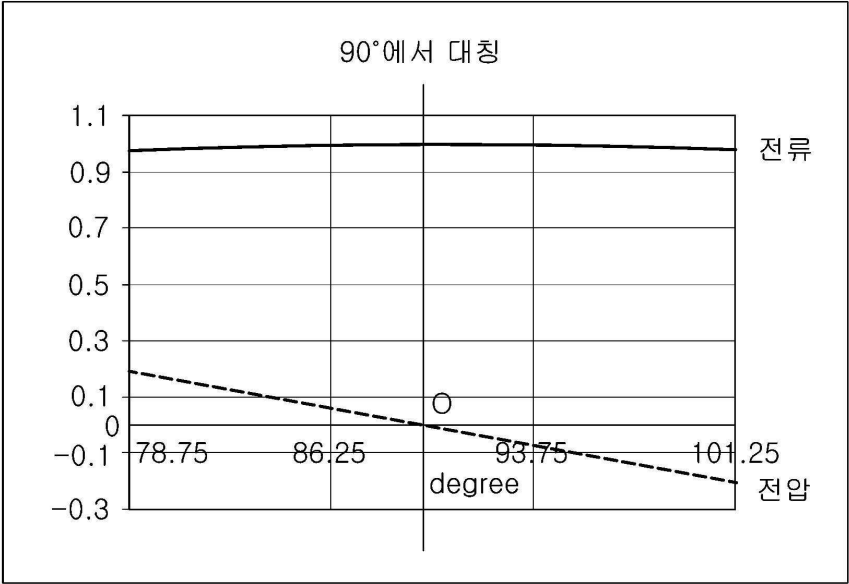
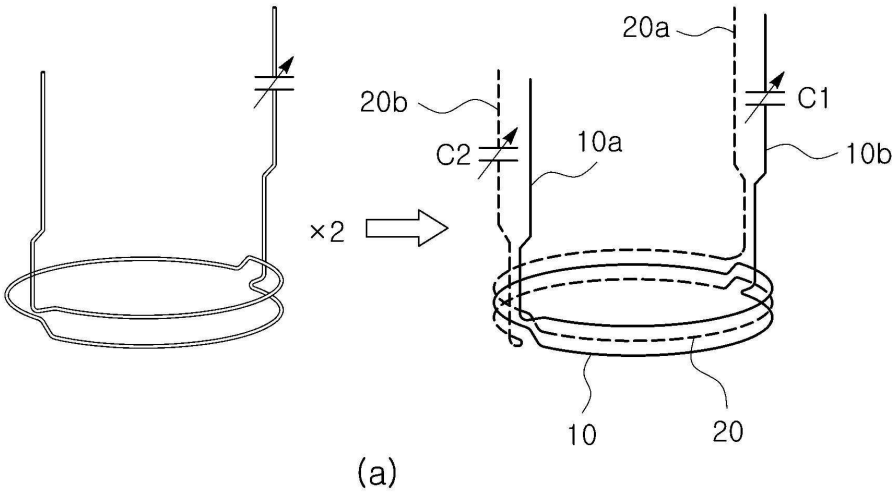
(b)

도면3

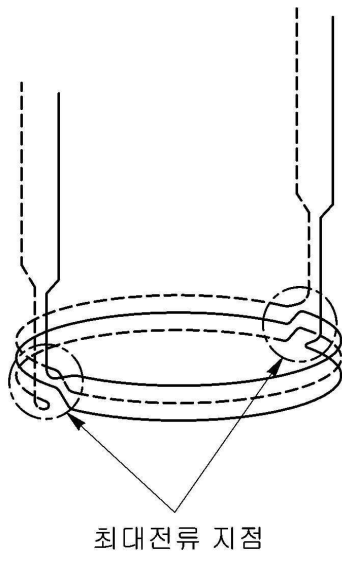


(b)

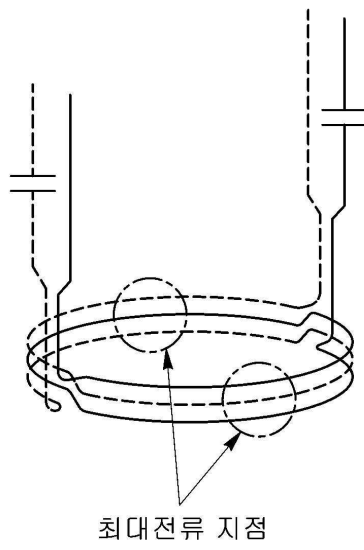
도면4



도면5

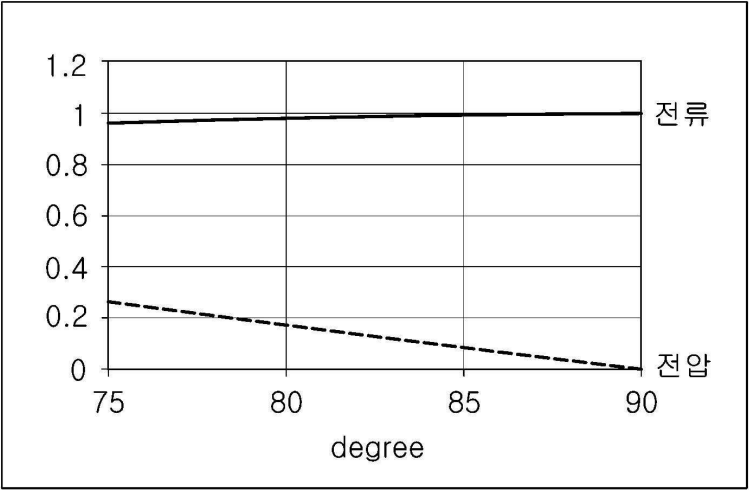
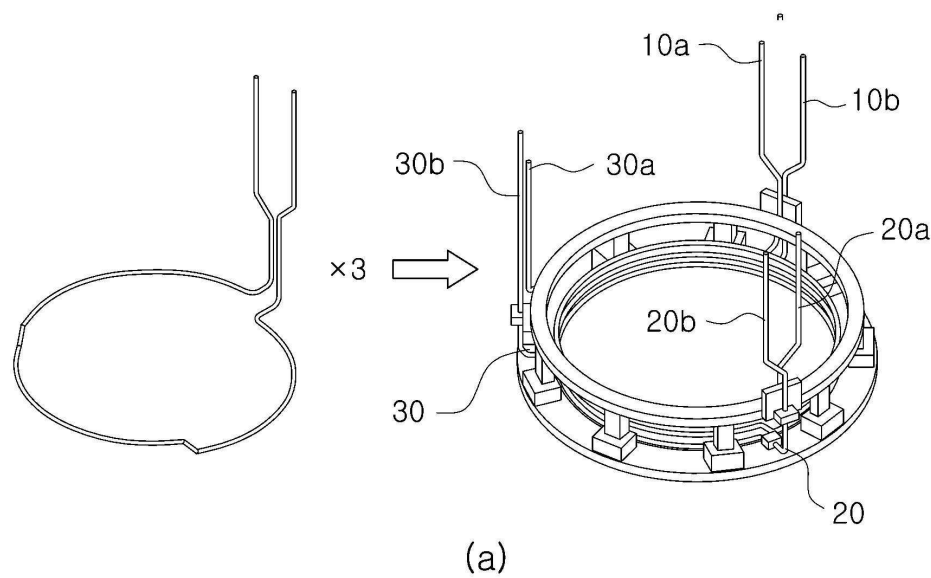


(a)



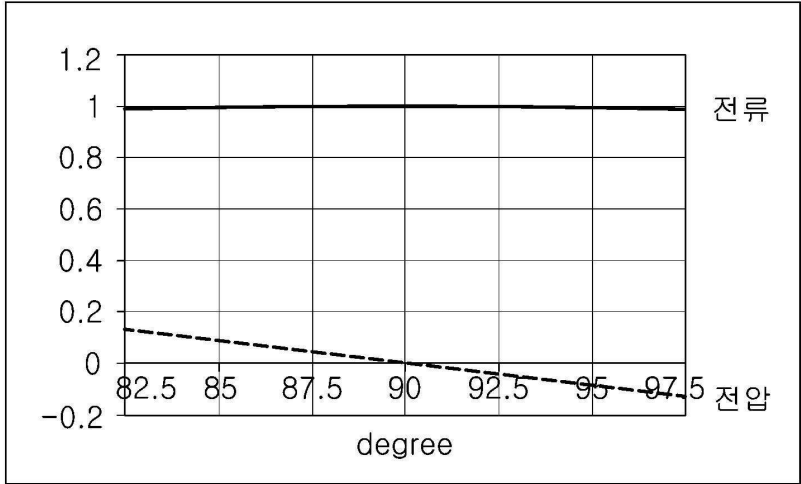
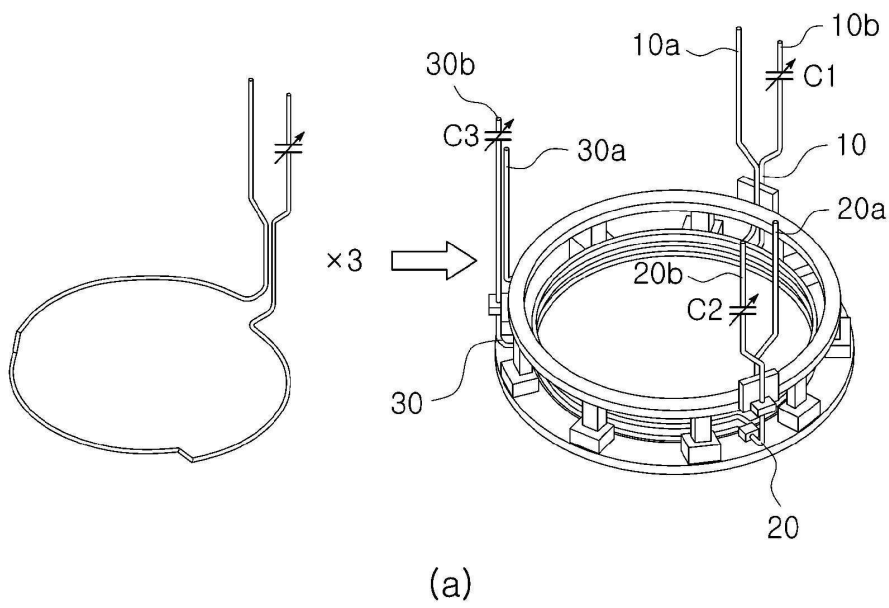
(b)

도면6



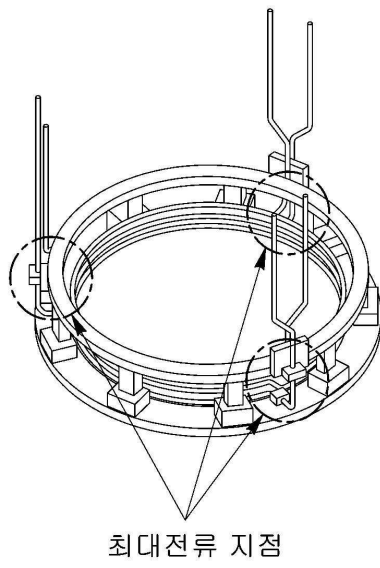
(b)

도면7

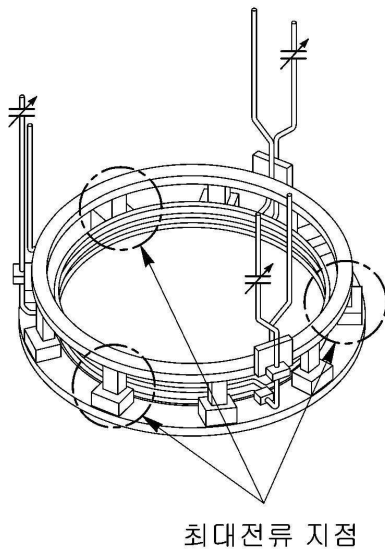


(b)

도면8

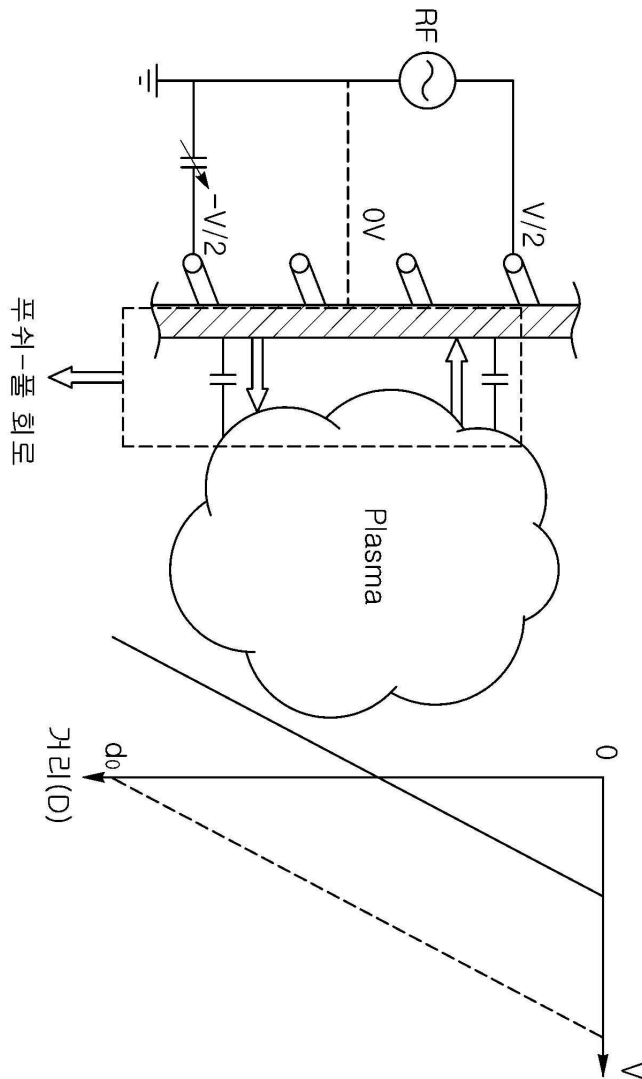


(a)



(b)

도면9



【심사관 직권보정사항】

【직권보정 1】

【보정항목】 청구범위

【보정세부항목】 10항

【변경전】

상기 고주파 발진기

【변경후】

고주파 발진기