



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2020-0021067
(43) 공개일자 2020년02월27일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.) <i>H05H 7/02</i> (2006.01)	(71) 출원인 박상규
(52) CPC특허분류 <i>H05H 7/02</i> (2013.01)	경기도 부천시 경인로 498 (괴안동)
(21) 출원번호 10-2020-0021156(분할)	(72) 발명자 박상규
(22) 출원일자 2020년02월20일	경기도 부천시 경인로 498 (괴안동)
심사청구일자 2020년02월20일	(74) 대리인 박대규
(62) 원출원 특허 10-2018-0088186	
원출원일자 2018년07월27일	
심사청구일자 2018년07월27일	

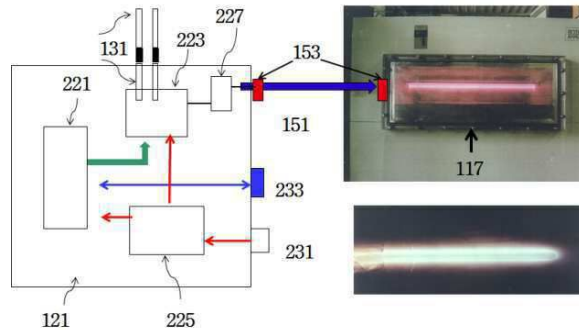
전체 청구항 수 : 총 3 항

(54) 발명의 명칭 **마이크로파 시스템**

(57) 요약

마이크로파 시스템이 개시된다. 이는 마이크로파를 발진시키는 마그네트론 모듈; 입력된 교류전원을 직류로 변환하여 마그네트론에 전원을 공급하는 교류-직류전환 인버터; 전력을 조절하여 공급하고 반사파 발생 시에 전원을 감소하거나 혹은 차단하는 자동제어보드; 외부와 신호를 주고받는 게이트웨이가 구비된 전력공급장치; 상기 전력공급장치 내에 내재하여 반사파전력이 발생하는 경우에 튜너에 의하여 반사파를 최소화하는 알고리즘; 상기 전력공급장치 내에 내재하여 반사파를 회절시켜 고주파반도체 모듈을 보호하는 아이솔레이터; 마이크로파를 도파관-동축(케이블) 전환어댑터를 사용하여 동축케이블 형태로 전환한 후 동축케이블에 의하여 마이크로파를 전달하는 것을 포함하여 구성된다.

대표도 - 도11



명세서

청구범위

청구항 1

마이크로파를 발진시키는 마그네트론 모듈;

입력된 교류전원을 직류로 변환하여 마그네트론에 전원을 공급하는 교류-직류전환 인버터;

전력을 조절하여 공급하고 반사파 발생 시에 전원을 감소하거나 혹은 차단하는 자동제어보드;

외부와 신호를 주고받는 게이트웨이가 구비된 전력공급장치;

상기 전력공급장치 내에 내재하여 반사파전력이 발생하는 경우에 튜너에 의하여 반사파를 최소화하는 알고리즘;

상기 전력공급장치 내에 내재하여 반사파를 회절시켜 고주파반도체 모듈을 보호하는 아이슬레이터 ;

마이크로파를 도파관-동축(케이블) 전환어댑터를 사용하여 동축케이블 형태로 전환한 후 동축케이블에 의하여 마이크로파를 전달하는 것을 포함하는 마이크로파 시스템

청구항 2

제1항에 있어서,

마그네트론과 도파관으로 전달된 마이크로파를 도파관-동축(케이블) 전환어댑터와 동축케이블을 사용하여 각각의 선형안테나의 병렬로 총집합된 동축봉들에 연결하여 처리하는 마이크로파 시스템.

청구항 3

제1항에 있어서,

마그네트론과 도파관으로 전달된 마이크로파를 도파관 혹은 동축케이블 스플리터, 도파관-동축 케이블 전환어댑터와 동축케이블을 사용하여 각각의 선형안테나의 각각의 동축봉 혹은 부분집합된 동축봉들과 개별적으로 연결하여 처리하는 마이크로파 시스템.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 마이크로파 시스템에 관한 것으로서, 더 상세하게는, 마이크로파를 발생하는 고주파 반도체, 이의 부속품인 전송선, 동축전환장치(Co-Axial Transition) 등의 어댑터, 주파수변조를 통한 정합 알고리즘, 및 회로보호 시스템을 포함하는 마이크로파 시스템에 관한 것이다.

배경 기술

[0003] 일반적으로 마이크로파란 전자기파의 일종으로 주파수(f) 대역폭이 300MHz에서 30GHz(파장기준 : 1cm - 1m)까지의 전자파를 의미한다. $1 \text{ MHz} < f \text{ (주파수)} < 300\text{MHz}$ 를 Radio Frequency(라디오 주파수)라 한다. $f \text{ (주파수)} < 1 \text{ MHz}$ 를 저주파(Low Frequency)라 한다. 통상적으로는 마이크로파(초고주파, Microwave)와 라디오파(고주파, Radio-Frequency) 등을 진술한 바와 같이 주파수 대역에 따라 분리하여 명칭하나, 일정 부분에서는 이 주파수들이 대역이 유사한 경우도 존재하므로(예를 들면 300 MHz등 수백MHz 주파수 대역), 본 발명에서는 마이크로파 혹은 고주파로 일반화하여 명칭한다. 반도체소자를 이용하여 마이크로파 혹은 고주파를 발생하는 경우에 이를 Solid State Microwave(SSMW) 혹은 Solid State Radio-Frequency(SSRF)이라 명칭한다.

[0004] 마이크로파는 금속에 닿으면 완전히 반사되는 특성을 가지고 있다. 그러나 비금속인 유전체에 마이크로파가 조사되면 유전체 내부로 침투하여 분자 내에 있는 극성분자들을 회전, 진동시키고 그 내부 마찰에 의해 열을 발생시키게 된다. 이 열로 인해 마이크로파의 피조사체에 가열이 되게 된다. 이를 실생활에 긴밀하게 이용한 대표적인 예가 전자렌지이다.

[0005] 마이크로파를 이용한 장치는 작업시간과 공정비용 그리고 에너지, 인건비 등을 획기적으로 줄일 수 있는 차세대 산업용 기술이다. 마이크로파의 산업적 응용분야는 매우 광범위한데, 식품분야의 응용으로는 가열, 건조, 해동, 살균, 조리가 있다. 특히 마이크로파 에너지를 식품에 조사할 경우 식품의 표면을 투과하여 그 내부를 매우 신속하게 가열할 수 있으므로 식품의 맛, 냄새, 조직감, 영양가 등에 대하여 최소한의 영향을 주게 된다. 기타 산업분야의 응용으로는, 기존 산업군으로는 고무가공, 제지 직물의 염색 정착 및 건조, 목재 건조 등이 있으면 신사업군으로는 군사용, 반도체 및 디스플레이 생산, 전자제품 생산 공정, 의료용 등 실제로 광범위하게 사용되고 있다.

[0006] 마이크로파는 의료기 분야에서도 활용이 가능하다. 고주파 투열치료법(고주파요법 diathermy, 高周波療法)은 마이크로파를 활용한 의료기의 한 형태로서 심부조직 가열에 사용된다. 고주파 전파를 이용한 전기요법의 일종이고 이 가운데서 현재 가장 자주 사용되고 있는 것이 마이크로파(microwave, 파장 1m ~ 1cm의 전자파)요법이다. 이에 따라서 얻어지는 효과로서는 심부조직에 대한 온열효과를 들 수 있다. 적용이 되는 질환으로서는 근골격계의 염증, 측근관증, 견수(肩水)증후군, 타박증 등이 있고 이러한 것에 따른 동통의 경감에 효과적이다. 고주파의 전자방사선이 통과할 때 체조직의 저항에 의한 조직의 가열(加熱)하는 방법으로서 전기투열(電氣透熱)[medical diathermy]에서 조직은 따뜻해지나 파괴되지는 않는다. 한편, 전기응고(電氣凝固) [surgical diathermy]에서는 조직이 파괴된다.

[0007] 마이크로파 에너지의 가열, 건조이외에 가장 많이 활용되는 분야 중의 하나는 플라즈마 발생분야이다. 플라즈마는 제 4상태의 물질(The Fourth State of Matter)로서 이는 전자, 이온, 중성자, 양자 등이 섞여있는 상태를 의미한다. 마이크로파(초고주파) 혹은 고주파 플라즈마 발생장치에서는 전자가 선택적으로 에너지를 얻어 고준위의 에너지 상태가 되며, 원료기체(중성자)와 충돌하여 더욱 더 많은 전자와 음이온, 양이온, 각종 원자, 원분자에서 해리된 분자종등, 각종 분자와 원자 간에 합성된 중성자, 그리고 각 중성자등이 활성화가 된 상태의 활성라디칼 등이 발생된다. 플라즈마 상태에서 어떤 중을 이용하는지에 따라서, 화학반응성 플라즈마, 이온빔 플라즈마, 전자빔 플라즈마, 반응성이온 플라즈마로 불리운다. 이들 활성화라디칼을 이용하면 고온에서나 가능한 반응들을 저온에서도 일어나도록 할 수 있기 때문에 반도체 및 디스플레이 제조, 연소, 조명, 화학 산업등 수많은 산업분야에서 응용되고 있다. 또한, 플라즈마 발생분야와 관련이 있는 분야 중 가장 큰 분야가 조명분야이다. 플라즈마 방전등의 경우에, 백열등, 형광등, 메탈할라이드 등 기존의 다른 조명원과는 달리 무전극이고, 가장 밝은 광원이며, 수명이 길고, 연속 백색광이고, 140 lm/W 강도의 빛을 발생할 수 있다는 장점이 있다. 이러한 반도체소자 플라즈마 광원의 경우에 거의 400~800 nm파장의 연속 스펙트럼을 갖는 광원으로서 거의 태양광과 유사한 자연광원이며, 친환경적이고 수명이 길다. 기존의 다른 광원들은 전극을 사용하기 때문에 에너지 효율성이 떨어지고 오염과 부식이 되어 수명이 짧은 반면에 플라즈마 광원의 경우 무전극이어서 수명이 길다. 예를 들면, 원천 광량의 70%정도가 나오는데 도달하는 시간이 반도체소자 플라즈마 광원의 경우에 50,000시간 정도이나, 기존의 고강도(High Intensity)방전등 조명원의 경우에는 20,000시간에 지나지 않는다. 또 다른 장점은, 1W의 출력당 거의 130 ~140 lm 의 광 플럭스(light flux)를 방출하는 최고 효율의 광원이라는 점이다. 종래의 플라즈마 광원은 저주파(Low Frequency, 250KHz 대역) 발진이 가능한 특수인버터(무전극램프용 전자식 안정기)로부터 에너지를 공급받아서 플라즈마가 발생하고, 이러한 플라즈마 내의 전자가 램프에 봉입된 가스와 반응하여 자외선이 발생하고 이 자외선이 램프내부에 도포된 삼파장 형광물질을 통과하면서 가시광선으로 최종적으로 방출되어 장수명, 고효율의 조명원이 된다. 기존의 여러 다른 조명원들과 교류 반도체소자(저주파/고주파) 플라즈마 조명원의 장단점 비교를 표 1에 정리하여 나타내었다.

표 1

Lighting Types	조명원 타입	수명 (hrs)	광도 (klm)	에너지 효율성 (lm/W)	색도 Rendering	색온도 (K)	점등 시간 (Sec)	재점등 시간 (Sec)
Incandescent	백열등	2,000	1,700	10~17	100	3,200	0.1	0.1
Fluorescent	형광등	10,500	3,000	115	51-76	2,940 ~ 6,430	0.3	0.1

LED	LED	25,000	130	60~100	30	6,000	0.1	0.1
HID (High intensity discharge)	고휘도 방전등	20,000	25,000	65~115	40-94	4,000 ~ 5,400	60	480
AC (LF / RF) Plasma	교류 (저주파 /RF) 플라즈마	50,000	25,000	100~140	70-94	4,000 ~ 5,500	30	25

[0009] 표 1은 마이크로파(초고주파)와 RF(고주파)플라즈마 조명원과 기존 조명원과의 비교 및 플라즈마 조명원의 우수성을 나타낸다. 통상적으로는 마이크로파(초고주파, Microwave)와 라디오파(고주파, Radio-Frequency) 등을 전술한 바와 같이 주파수 대역에 따라 분리하여 명칭하나, 일정 부분에서는 이 주파수들이 대역이 유사한 경우도 존재하므로(예를 들면 300 MHz등 수백MHz 주파수 대역), 본 발명에서는 초고주파 반도체로 일반화하여 명칭한다. 종래의 마이크로파 응용장치의 전체 구성은 마그네트론, 도파관(Waveguide), 서큘레이터(Circulator), 더미로드(Dummy Load), 3-스텝 튜너(3 stub-tuner), 애플리케이터(Applicator ; 응용기), 플런저(Plunger) [이는 슬라이딩 숏서킷(sliding short circuit)으로 불리기도 한다] 및 전력공급기 파워(Power)로 구성된다. 기존의 마이크로파 응용 장치의 각 구성 요소들을 도 1에 예시하였다.

[0010] 종래의 마이크로파의 핵심 발생장치는 마그네트론으로서 이는 기본적으로 2극 진공관과 유사하며 음극의 열선에서 열전자가 방출되는 구조이다. 순동의 원통형 외곽 양극과 내부의 음극에 고압 전계가 걸리고, 위아래에 설치된 영구자석에 의해 전계와 수직 방향의 자계가 형성된다. 음극에서 튀어나온 전자는 전계의 영향으로 양극으로 향하고 자계의 영향을 받아 원통 내부를 회전하는 운동을 하게 된다. 전자는 양극 쪽에 형성된 날개(vane)들을 지나가면서 공동 공진기(cavity resonator)에 고주파 전자기장을 형성하게 된다.

[0011] 전력공급기에서 교류 전압인 220V를 4000V 이상의 고전압으로 바꾸어 마그네트론에 전류를 흘리면 마그네트론에서 2.45GHz의 높은 주파수로 진동하는 마이크로파가 만들어진다. 마이크로파가 피조사 물체에 닿으면 물체를 구성하는 쌍극자가 고주파의 전계에 의해 그 축의 배열 방향을 급속히 변화시켜 이때의 마찰열에 의해 발열한다. 따라서 물체 중에 전파가 침투할 필요가 있기 때문에 절연물(유전체)만이 가열된다.

[0012] 전력공급기에서 마그네트론의 필라멘트와 양극에 전원을 공급하면 마그네트론에서 생성된 마이크로파는 도파관을 통하여, 서큘레이터(Circulator), 3-스텝튜너(3 stub-tuner)를 거쳐 애플리케이터(Applicator, 응용기)에 전달된다. 마그네트론에서 발생되는 마이크로파의 에너지가 피조사체에 흡수되는 전력을 순방향 전력(Forward Power ; 順方向電力 혹은 입사파전력 혹은 진행파전력)이라 하며, 흡수되지 않는 전력을 반사파 전력(Reflected Power 혹은 反射波電力)이라 한다. 반사파 전력은 되돌아가서 마그네트론에 피해를 줄 수 있으므로 이를 보호하기 위하여 반사파의 방향을 전환시키는 서큘레이터를 사용하며, 반사파의 에너지는 냉각수가 흐르는 더미로드에 흡수되어 외부로 방출된다. 반사파를 최소화하기 위하여 3-스텝튜너 혹은 플런저를 정합기(matcher)로 사용한다.

[0013] 도 1은 마이크로파를 이용한 플라즈마 발생장치의 예를 도시하였다. 도 1에 예시한 바와 같이 기존의 마이크로파 응용장치는, 구성은 마그네트론에서 발생된 마이크로파가 도파관, 서큘레이터(Circulator), 3-스텝튜너(3 stub-tuner)와 플런저를 통하여 정합과정을 거쳐서 애플리케이터(Applicator, 응용기)에 그 에너지가 전달된다.

[0014] 다른 응용분야도 유사한 구조로 형성된다. 주파수에 맞춰서 파장을 계산하여 이를 기본으로 도파관 길이를 맞추어서 반사파를 최소화한 경우에, 3-스텝튜너, 아이솔레이터(서큘레이터 + 더미로드), 플런저는 생략이 가능하다. 대표적인 예가 가정에서 사용하는 전자레인지이다. 2.45GHz의 마이크로파 경우에는 통상적으로 마그네트론은 1, 2, 3, 6 Kw 출력 방식이 있으며, 냉각방식은 저전력의 경우에는 공냉을 사용하며 고전력의 경우에는 수냉방식으로 냉각한다. 3Kw이상의 에너지가 필요한 경우에는 다수의 마그네트론을 조합하여 구성하여 배치한다. 915MHz의 마이크로파경우에는 5~100 Kw의 고효율급 마그네트론이 존재하며 주로 수냉방식으로 냉각한다.

[0015] 도 1에서 예시한 바와 같이 마이크로파를 사용하는 응용장치는 구조적으로 복잡하고 무겁고 부피가 크다. 따라서 경박단소를 필요로 하는 응용분야에 어려움이 많다. 이런 분야로는 반도체 제조용 플라즈마소스, 조명, 의료분야 등이 있다.

발명의 내용

해결하려는 과제

- [0016] 상술한 바와 같이 종래 마이크로파 응용장치 및 공정 처리 시, 기존의 마이크로파를 생성하는 마그네트론과, 써클레이터, 더미로드, 임피던스 튜닝 목적의 정합기들로 인하여 마이크로파 응용장치의 부피가 커지고 무게가 무거워지며, 또한 장착이 어렵고 시간이 오래 걸리는 문제점이 있어 왔다. 따라서 본 발명은 상기한 바와 같이 무겁고 부피들이 많이 나가는 마이크로파 구성품목들을 제거하여 사용이 용이하도록 하는 것을 목적으로 한다.
- [0017] 또한, 기존에는 1개의 마그네트론 마이크로파에 의하여 마이크로파가 발전하므로 대면적화와 높은 균일도를 달성하는 것이 용이하지 않았다. 또한, 복수개의 다중의 마그네트론, 전력공급장치와 도파관을 이용한 마이크로파 전송장치를 사용하여 적용하는 경우, 상기한 부피가 크고 무게가 무거운 문제점들이 심각해서 다양한 분야에서 마이크로파의 효율적인 적용이 어려웠다. 본 발명에서는 이러한 문제점들을 해결하기 위하여 초고주파 반도체 모듈과 도파관-동축케이블 전환어댑터 이용한 마이크로파 전달장치를 경박단소화하고, 사용자가 원하는 공정목적을 달성할 수 있도록 다양한 방법으로 효율적인 설치가 가능한 마이크로파 시스템을 개시함을 목적으로 한다.

과제의 해결 수단

- [0018] 본 발명에 따른 마이크로파 시스템은, 본 발명에 따른 마이크로파 시스템은, 마이크로파를 발전시키는 마그네트론 모듈; 입력된 교류전원을 직류로 변환하여 마그네트론에 전원을 공급하는 교류-직류전환 인버터; 전력을 조절하여 공급하고 반사파 발생 시에 전원을 감소하거나 혹은 차단하는 자동제어보드; 외부와 신호를 주고받는 게이트웨이가 구비된 전력공급장치; 상기 전력공급장치 내에 내재하여 반사파전력이 발생하는 경우에 튜너에 의하여 반사파를 최소화하는 알고리즘; 상기 전력공급장치 내에 내재하여 반사파를 회절시켜 고주파반도체 모듈을 보호하는 아이슬레이터; 마이크로파를 도파관-동축(케이블) 전환어댑터를 사용하여 동축케이블 형태로 전환한 후 동축케이블에 의하여 마이크로파를 전달하는 것을 포함한다.
- [0019] 바람직하게는, 본 발명에서는 마그네트론과 도파관으로 전달된 마이크로파를 도파관-동축(케이블) 전환어댑터와 동축케이블을 사용하여 각각의 선형안테나의 병렬로 총집합된 동축봉들에 연결하여 처리할 수 있다.
- [0020] 바람직하게는, 본 발명에서는 마그네트론과 도파관으로 전달된 마이크로파를 도파관 혹은 동축케이블 스플리터, 도파관-동축 케이블 전환어댑터와 동축케이블을 사용하여 각각의 선형안테나의 각각의 동축봉 혹은 부분집합된 동축봉들과 개별적으로 연결하여 처리할 수 있다.

발명의 효과

- [0021] 마이크로파를 발생하는 고주파 반도체와 이의 부속품인 전송선, 도파관-동축 전환어댑터 [동축전환장치(Co-Axial Transition)], 주파수 변조를 통한 정합(튜닝) 알고리즘나 동축케이블임피던스 튜너에 의한 임피던스 매칭과 회로보호 시스템에서, 가볍고 부피가 작은 소형의 장치 형태가 가능해지며, 간단하게 마이크로파 공정을 수행할 수 있는 것은 물론이고 이러한 장치의 설치가 용이하여 작업효율을 현저히 개선할 수 있는 마이크로파 처리 시스템을 제공하는 효과가 있다.
- [0022] 또한, 본 발명에 따라서 복수 개의 마이크로파 발전장치를 용이하게 구성하여 설치할 수 있으므로 마이크로파 장치를 대면적화거나 복수 개의 간편한 응용기의 설치 및 조작이 가능하여져서 플라즈마, 조명, 의료, 가열, 추출 등의 다양한 산업분야에서 각각의 산업적용도 처리를 위한 사용자의 효율성, 경제성, 편의성을 극대화할 수 있는 효과가 있다.

도면의 간단한 설명

- [0023] 도 1은 종래의 마이크로파 응용장치인 플라즈마 발생장치를 설명하기 위한 구성 예시도.
- 도 2는 종래의 마이크로파 응용장치인 플라즈마 발생장치를 구성품목을 보여 주는 예시도.
- 도 3은 종래의 마이크로파를 응용한 플라즈마 발생장치에서 각 공정조건이 변화하는 경우에 플라즈마가 발생하는 것을 보여주는 도면.
- 도 4는 종래의 마이크로파를 이용한 전자레인지의 예시도.
- 도 5는 마이크로파 전달을 위한 전송선로(동축케이블)의 구조도.

도 6은 종래의 마이크로파 응용장치인 플라즈마 발생장치의 구성품목 중 마그네트론, 써클레이터, 더미로드를 전력공급기 안에 내재시킨 구성방식을 보여 주는 예시도.

도 7은 종래의 마이크로파 응용장치인 플라즈마 발생장치의 구성품목중 마그네트론, 써클레이터, 더미로드 및 정합기를 전력공급기 안에 내재시킨 구성방식을 보여 주는 예시도.

도 8은 본 발명에 따른 마이크로파 응용장치인 플라즈마 발생장치의 구성품목중 마그네트론, 써클레이터, 더미로드를 전력공급기 안에 내재시킨 후 도파관-동축 (케이블)전환어댑터(Co-Axial Adaptor)와 동축케이블을 애플리케이터(응용기)에 연결하는 구성방식을 보여 주는 예시도.

도 9는 본 발명에 따른 마이크로파 응용장치인 플라즈마 발생장치의 구성품목중 마그네트론, 써클레이터, 더미로드 및 정합기를 전력공급기 안에 내재시킨 후 도파관-동축 (케이블)전환어댑터(Co-Axial Adaptor)과 동축케이블을 애플리케이터(응용기)에 연결하는 구성방식을 보여 주는 예시도.

도 10은 본 발명에 따른 반도체 마이크로파 발진장치, 전송선, 전송어댑터를 이용하여 플라즈마를 발생하는 마이크로파 응용장치를 보여 주는 예시도.

도 11은 본 발명에 따른 반도체 마이크로파 발진장치, 전송선, 전송어댑터를 이용하여 플라즈마를 발생하는 마이크로파 응용장치와 플라즈마 발생 사진을 보여 주는 예시도.

도 13은 본 발명에 따른 복수 개의 다중 반도체 마이크로파 전력공급기, 전송선, 전송어댑터를 이용하여 대면적 플라즈마 발생이 가능하도록 구성한 장치를 보여 주는 예시도.

도 14는 본 발명에 따른 복수 개의 반도체 마이크로파 발생장치를 배치하여 대면적 플라즈마 구성하는 것을 보여주는 예시도.

도 15는 마그네트론과 도파관으로 전달된 마이크로파를 동축-도파관 전환어댑터를 사용하여 동축케이블 형태로 전환한 후 이를 각 선형플라즈마안테나의 동축봉을 총괄집합하여 병렬로 연결하여 처리하는 방법을 도시한 예시도.

도 16은 마그네트론과 도파관으로 전달된 마이크로파를 도파관 스플리터를 이용하여 마이크로파를 분기한 후, 이를 동축-도파관 전환어댑터를 사용하여 동축케이블 형태로 전환한 후 이를 각 선형플라즈마안테나의 동축봉을 각각 개별적으로 연결하거나 부분집합하여 병렬로 연결하여 처리하는 방법을 도시한 예시도.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0024] 본 발명을 충분히 이해하기 위해서 본 발명의 바람직한 실시예를 첨부 도면을 참조하여 설명한다. 본 발명의 실시예는 여러 가지 형태로 변형될 수 있으며, 본 발명의 범위가 아래에서 상세히 설명하는 실시예로 한정되는 것으로 해석되어서는 안 된다.

[0025] 본 실시예는 당 업계에서 평균적인 지식을 가진 자에게 본 발명을 보다 완전하게 설명하기 위하여 제공되는 것이다. 따라서 도면에서의 요소의 형상 등은 보다 명확한 설명을 강조하기 위해서 과장되어 표현될 수 있다. 각 도면에서 동일한 부재는 동일한 참조부호로 도시한 경우가 있음을 유의하여야 한다. 또한, 본 발명의 요지를 불필요하게 흐릴 수 있다고 판단되는 공지 기능 및 구성에 대한 상세한 기술은 생략한다.

[0026] 도 1은 마이크로파 응용장치의 상면도 및 측면도이다. 마이크로파 응용장치의 전체 구성은 마그네트론(Magnetron ; 111), 도파관(Waveguide ; 112), 서클레이터(Circulator ; 113), 3-스텝튜너 (3stub-tuner ; 115), 애플리케이터 (Applicator ; 117), sliding short circuit (119), 마그네트론에 전원을 조절하여 공급하는 전력공급기 혹은 파워(Power ; 121)로 구성된다. 즉 파워에서 마그네트론(Magnetron ; 111)의 필라멘트와 양극에 전원을 공급하면 마그네트론에서 생성된 마이크로파는 도파관을 통하여, 서클레이터(Circulator ; 113), 3-스텝튜너 (3 stub-tuner ; 115)를 거쳐 애플리케이터(Applicator, 응용기 ; 117)에 전달된다.

[0027] 3-스텝튜너란 도파관 또는 공동(空胴) 공진기 내의 3개의 금속봉이 있는 장치로서 마이크로파가 반사되지 않고 최대한 전달되도록 하는 정합(matching, 整合)장치이다. 플런저(Plunger) 혹은 슬라이딩 쏘써킷(Sliding Short Circuit : SSC) 역시 반사파를 최소화하기 위하여 정합을 위하여 부가적으로 장착하는 장치이다. 때로는 3-스텝 대신에 4-스텝을 사용하기도 한다. 또한, 수동으로 각 스텝을 수동으로 조절하여 정합하기도 (Manual Tuning) 하나 정합 알고리즘에 의한 자동정합 (Automatic Tuning)을 하기도 한다. 자동정합기는 스텝과, 다이오드, 통합 자동제어보드, 모토 드라이브 유니트로 구성되어 있으며 이로서 부하 임피던스를 훑주어 정합한다. 정합에 대하

여 좀 더 자세하게 설명하면 다음과 같다. 일반적으로 두 회로를 결합할 경우 제1 회로의 출력 단자에서 같은 회로의 입력 단자를 본 임피던스를 $Z1=R1+jX1$, 제2 회로의 입력 임피던스를 $Z2=R2+jX2$ 로 했을 경우 두 임피던스 사이에 공역(共役)의 관계, 즉 $R1=R2$, $X1=-X2$ 가 있으면 손실 최소, 출력 최대인 조건이 얻어진다. 여기서 제1회로는 정합기, 제2 회로는 애플리케이션이다. 즉, 정합이란 신호 전송로에서 최대 출력을 전송하기 위한 방법이다. 정합의 원리는 신호원이 내부 저항을 가지고 있고 최대 출력 전송을 위해서 부하는 신호원의 임피던스와 동일해야 한다. 능동 소자가 포함되어 있는 곳에서는 입력 임피던스와 출력 임피던스가 상당히 다르다. 그러나 입력 임피던스는 신호원에 정합될 필요가 있고, 출력 부하는 출력 임피던스에 정합되어야 한다. 전력 증폭기와 많은 능동 소자는 내부 전력 손실과 직선성의 요구 조건에 의해 부과된 제한 때문에 기본적인 원리에서 벗어난다. 출력 부하 임피던스는 이러한 제한 조건에서 최대 출력 전송이 이루어지도록 임피던스가 정합되어 최적으로 선택되어야 한다. 정합을 하는 방식에는 도체 봉에 의한 정합, 도파관내 도체판 창에 의한 정합, 무반사 중단회로에 의한 정합, 테이퍼 도파관에 의한 정합, 변성기(/4 임피던스 변환기)에 의한 정합 등 여러 종류의 정합방법이 있다. 도 2에 예시한 바와 같이 3-스텝튜너의 경우는 도파관의 넓은 면에서 도파관내로 도체봉을 삽입하여 정합을 시키는데, 도파관에 반사파가 존재하는 경우 도체봉에 의한 전자계에 의해 반사파를 상쇄시킨다. 플런저 정합방식은 도파관내 도체판 창에 의한 정합방식으로서 도파관내에서 관측에 직각으로 도체판과 같은 장애물을 간격을 떼어서 삽입하고 부하까지의 거리를 적당히 선정하여 정합을 시키는 방식이다. 도 1과 도 2의 경우는 3-스텝튜너 정합방식과 플런저 정합방식을 혼용한 경우이다.

[0028] 마이크로파가 애플리케이션에서 흡수되지 않고 반사되어 돌아오는 경우, 이 반사 마이크로파는 마그네트론에 치명적인 피해를 줄 수 있는데, 이 경우에 반사파의 방향을 전환시켜 마그네트론을 보호하며, 방향전환이 된 반사파는 더미로드 (Dummy Load ; 123)에서 그 에너지가 흡수된다. 더미로드에는 냉각수가 공급되어 흡수된 열을 외부로 방출한다. 마그네트론에서 발견되는 마이크로파의 진행방향으로 전파되는 전력을 순방향 전력 (Forward Power ; 順方向電力 혹은 입사파전력 혹은 진행파전력) 이라 하며, 애플리케이션에서 흡수되지 않고 돌아가는 전력을 반사파 전력(Reflected Power, 反波射電力) 혹은 역류파 전력이라 한다. 정합이 안 되어 마이크로파가 돌아오는 반사파는 그대로 전달되는 경우 고가품인 마그네트론(111)을 손상시키기 때문에 이러한 반사파를 서큘레이터(113)에 내재된 자석에 의하여 별도로 반사파의 방향을 전환시킨 후 더미로드(123)에 있는 흡수체에 흡수하여 소멸하도록 한다. 열을 흡수하는 더미로드(123), 열이 발생하는 마그네트론(111)과 파워공급모듈 혹은 전력공급기(121)는 온도가 상승되지 않도록 공기 혹은 냉각수를 공급하여 냉각하며, 이 냉각수에 흡수된 반사파 에너지는 외부로 방출된다. 이러한 순방향전력과 반사파전력을 측정하기 위하여 서큘레이터와 3스텝튜너 사이에 방향성결합기 (Directional Coupler)를 설치하기도 한다. 도파관에 2개의 마이크로파를 측정할 수 있는 포트를 만들어서 하나는 포트의 방향이 응용기로 향하게 하여 순방향전력을 측정하고, 다른 한개는 반대방향, 즉 마그네트론쪽으로 위치하여 반사파전력을 측정하는데 사용한다.

[0029] 마이크로파를 이용한 플라즈마 발생장치의 조립도를 도2에 예시하였다. 도3은 이러한 마이크로파를 이용하여 플라즈마를 발생한 사진들을 보여 주고 있다. 중요한 공정변수인 압력을 변화하며 각 압력에서의 플라즈마가 발생한 사진들을 예시하고 있다.

[0030] 마이크로파를 음식을 가열하여 익히거나 해동하는 데 사용하는 가정용 조리기의 예시도를 도 4에 나타내었다. 이 경우에는 로드 임피던스를 계산하여 설계하였고 가열하는 목적의 응용장치이므로 플라즈마의 응용분야에 비하여 장치가 간단하다.

[0031] 마이크로파가 전달되는 관로인 도파관(waveguide)은 파(波)를 가두어 유도시켜 전파하는 임의의 구조체로서. 주로, 전자파가 진행하도록 만든 속이 비어있는(hollow) 도체금속관을 지칭한다. 도파관은 고출력(high-power), 낮은 손실(low-loss), 밀리미터파시스템등에 응용되며, 사용례로는 전술한 바와 같이 레이더, 위성중계기, 방송용 전파 송출 혹은 가열용, 플라즈마 발생 등 전자기파의 전달을 위하여 사용된다. 도파관의 구조 형태는 전자기파 도파 공간을 둘러싸는 금속도체(구리, 황동, 알루미늄등)로서 기계적 강도를 위해 도체 두께를 1~3 mm 정도로 충분히 확보되어야 하며, 또한, 응용 주파수범위에서 표피 침투 깊이의 수 배가 되도록 한다.

[0032] 국제전화협회에서 통신용으로 주로 사용하는 통신주파수 이외의 산업분야, 과학분야, 의료분야를 (Industrial, Scientific, Medical : ISM) 위하여 허용한 마이크로파의 주파수는 2.45GHz와 915MHz(0.915GHz)이다. 2.45GHz 마이크로파의 경우에 사용되는 도파관의 규격은 WR-284(내부크기: 72.14 x 34.04 mm), WR-340 (내부크기: 86.36 x 43.18 mm), WR-430 (내부크기: 109.22 x 54.61 mm)을 주로 사용하며, 915MHz의 경우에는 WR-975 (내부크기: 247.65 x 43.18 mm)도파관을 사용한다. 이와 같이 통상적으로 도파관의 크기는 마이크로파의 주파수에 따라 결정된다. 도파관은 WR-2300(내부크기: 584.2 x 292.1 mm ; 사용주파수 0.32~0.49 GHz) 부터 WR-3 까지 (내부크기: 0.86 x 0.43mm ; 사용주파수 217~333 GHz) 다양하다. 사용주파수가 커질수록 도파관 내부크기가 작아진

다.

- [0033] 마이크로파 발전기에서 조사부인 마이크로파 에너지의 전송으로, 전선은 마이크로파를 외부로 방사하기 때문에 사용할 수 없으며, 통상 도파관으로 불리는 금속 중공형 파이프가 사용된다. 도파관은 단면형상에 따라 사각형 또는 원형 도파관, 복잡한 형상의 릿지형 도파관이 있다. 일반적으로 이용되는 것은 사각형 도파관이며, 원형, 릿지형 도파관은 특수한 목적으로 사용한다.
- [0034] 통상적으로 마이크로파를 전달하는 도파관은 사각관의 형태이며 퍼지는 특성을 지닌 마이크로파를 사각관에 가두어 전달하며, 보통 전도도가 좋은 황동이나 구리로 제작된다. 따라서 이러한 사각 도파관은 마이크로파를 이용한 공정이나 장치의 설치시 장비가 무거워지고 커지며, 조립이 어려워진다. 특히 저전력의 경우에도 장치가 증후장대하여서 설치의 어려움과 응용이 제한되어 진다. 이러한 마이크로파 전달장치를 (도 1과 도 2 참조) 이용한 플라즈마 발생장치의 예를 도 6에 예시하였다.
- [0035] 마이크로파 전송용에는 도파관 이외에 동축케이블(동축관)이 있다. 주파수가 높아 질수록 파가 외부로 쉽게 빠져 나간다는 것이 문제점이 되는데, 60Hz 이상의 주파수의 경우에 파가 외부로 빠져 나가는 것을 줄이기 위하여 폐쇄도파관을 사용한다. 폐쇄도파관방식으로 동축케이블 (Co-Axial Cable), 금속도파관(Metallic WaveGuide), 스트립라인(Strip Line)방식 등이 있다. 동축케이블은 일반 전력송신라인(Power Transmission Line) 혹은 와이어 (Twisted Wire 2줄의 전선을 꼬아 놓은 케이블) 보다 더 높은 주파수 신호를 보낼 수 있도록 내부도체에 절연체로 둘러싸고 외부 도체를 실딩(shielding)을 하는 형태로 외부도체로 인해 파가 케이블 밖으로 빠져 나가는 것을 줄이기 위한 형태이다.
- [0036] 동축케이블은 도체로 만들어진 파이프 중심축에 폴리에틸렌으로 지지되는 중심도체를 가진 전송선로이며, 파워 모니터의 출력 신호전송에 이용한다. 동축케이블은 가연성이며, 취급이 용이하지만, 마이크로파 전송에너지의 전력허용치가 작다. 임피던스 50ohm을 맞추어서 저손실 동축케이블의 경우에 마이크로파 전송에너지의 최대 전력허용치는 주파수 2.45 GHz의 경우에는, 330 Watt (외경 10mm) ~ 520Watt정도 (외경 15mm)이고 주파수 915 MHz의 경우에는, 330 Watt (외경 10mm) ~ 520Watt정도 (외경 15mm)이고 580 Watt (외경 10mm) ~ 900Watt (외경 15mm)정도이다. 동축케이블은 고주파가열장치에 사용하지만 마이크로파가열 장치에는 300 ~ 500 W 이상의 고전력에서는 이용하지 않는다.
- [0037] 전송선로 및 도파관의 차이는 TEM 모드에 의해 전파하는 전송선로 (동축선로 포함)도 도파관으로 볼 수 있으나, 일반적으로 TEM 모드에 의한 전파 전달은 도파관이라고 하지 않는다. 즉, 주로 TE 모드(Transverse Electric Field/Wave, 횡방향 전계) 및 TM 모드(Transverse Magnetic Field/Wave, 횡방향 자계)에 의한 전파만을 도파관이라는 표현을 쓴다. 전송선로의 모양 형상은 2개 이상의 도체로 구성되는데, 2개의 도체가 유전체에 의해 격리되어있는 구조이다. 에너지 전달 방식은 2개 도체에 흐르는 왕복 전류/전압 파동 형태로 에너지가 전달된다. 전파 형태는 전자기파 형태로 볼 때에는 TEM 파로 전달되며, 전류파, 전압파의 전달에 의한다. 차단 주파수 없기 때문에, 직류부터 매우 높은 주파수까지 동작이 가능하며, 저출력, 다소 낮은 주파수에 응용하나, 초고주파 대역에서는 표피효과 및 유전체 손실로 인해 비효율적이다. 동축케이블은 전송선로의 일종으로 통상적으로 2선식 평행케이블은 표피효과(Skin Effect)로 인해 높은 주파수에서는 도선의 실효 저항이 상승하는 결함이 생기는데 이를 보완하기 위해 개발된 것이 동축케이블이며, 그 형태는 도5와 같다. 상기한 동축케이블 구조를 상세히 살펴 보면, 2개의 원통형 도체 및 유전체가 중심축을 공유하고 내부 도체는, 실제적인 신호전송을 위하여 사용되며 외부 도체는, 알루미늄/구리로 만들어진 그물 모양의 차폐용 실드(Shield)(편조 또는 박지)이며, 그 사이를 유전체/절연체(폴리에틸렌 등)로 채워서 분리하여 만들어진다. 가장 바깥쪽에는 외피 피복에 케이블 재킷(비닐, 폴리에틸렌 등)으로 둘러 쌓인다.
- [0038] 상기한 동축케이블의 장점은 외부적인 간섭이 거의 영향을 미치지 못하는 차폐된 구조를 가진 전송선로이며, 도파관처럼 차단주파수가 없기 때문에 직류 (DC)부터 마이크로파, 밀리미터파까지 사용가능하다. 현재 단거리에서는 약 50 이상 까지도 가능하다. 그러나, 수 GHz 대역이상은 거리에 따라 손실이 커서, 도파관구조를 사용하게 되고, 외경이 작으면 작을수록 더 높은 고주파사용이 가능하나, 운반 가능한 전력이 제한되며, 제작에 어려움이 있다. 전파모드는 일반적으로 TEM 모드에서 동작한다. 용도는 장거리전화망, CATV, 비디오전송, 구내정보통신망 등(통상 1GHz 이하 많이 사용)에서 사용된다.
- [0039] 동축케이블의 커넥터는 BNC, TNC, FT-type, N-type, F-type, 미니어처타입(SMA, SMB, SMC)등을 사용한다. 동축케이블은 보통 UHF이하의 주파수에서 전송선로로 많이 사용되지만 그 이상의 마이크로파 회로에서도 내부도체는 강선에 은도금을 사용하여 신호가 도체표면의 은도금부분을 통하여 흐르도록 하여 마이크로파 대역에서 표피효과 (Skin Effect)로 인한 손실을 낮게 하고, 절연체로는 테프론 같은 재질을 사용하여 유전체 손실을 낮추어 사

용하기도 한다.

- [0040] 저전력의 마이크로파를 사용하는 경우에는 도파관 대신에 동축케이블을 사용하여 부피, 무게 등을 감소하여 설치하는 방법이 있다. 도 6에 예시된 마이크로파를 이용한 플라즈마 발생장치를 예로 들어 설명하면 다음과 같다. 마그네트론('M' 라 칭함), 씨클레이터('C' 라 칭함), 더미로드('D') 라 칭함)등이 외부에 있으면 별도의 공간을 차지하므로 이 마그네트론, 씨클레이터, 더미로드를 전원공급장치에 내부에 설치하여 일체화 및 일원화를 한다. 이와같이 하여 상당한 공간적인 축소가 가능하며 마그네트론에 공급하는 전원을 내부에서 직접 연결하여 공급하고 냉각라인 등을 공유하는 등 동선이 작아지고 설치가 용이한 장점이 있다. 3스텝-튜너(매치 혹은 정합기)는 수동인 경우에는 스텝을 동작하여야 매칭을 하여야 하므로 외부에 위치시킨다. 자동튜너의 경우에는 도 7에 예시한 바와 같이 임피던스를 매칭하기 위하여 스텝들이 자동으로 조절되므로 이 경우에는 튜너가 전력공급기 안으로 위치하는 것이 가능하다.
- [0041] 도 6과 도 7의 경우에는 아이솔레이터(씨클레이터와 더미로드의 합을 아이솔레이터라고 함)부터 애플리케이션까지 도파관을 사용하여 연결하여야 함으로써 불편함이 있다. 이러한 부분을 해소하기 위하여, 본 발명에서는 마이크로파의 도파관 전송방식을 동축케이블 전송방식으로 전환하는 방법을 개시한다. 즉, 도파관을 동축케이블로 전환하는 도파관-동축(케이블) 전환어댑터(Co-Axial Adaptor)를 사용하면 도파관대신에 동축케이블을 사용하여 애플리케이션(117)에 최종적으로 연결하여 마이크로파를 전달할 수 있다.
- [0042] 이 경우에 추가적으로 설치공간이 감소하며 설치를 용이하게 할 수 있다는 장점이 있다. 도 8과 도 9는 각각 튜너가 전력공급기 외부에 있는 경우(도 6)와, 튜너가 전력공급기 내부에 있는 경우(도 7)에 도파관-동축케이블 전환 어댑터를 설치하여 간소화하여 사용하는 경우를 보여주는 예시도이다. 도 8과 도 9에서는 튜너의 도파관 플랜지에 도파관-동축케이블 전환어댑터를 연결하여 동축케이블로 전환하고 다시 도파관-동축케이블 전환어댑터를 사용하여 애플리케이션에 연결하여 사용하는 실시예를 보여준다. 즉, 튜너 -> 도파관-동축케이블 전환어댑터 -> 동축케이블 -> 동축케이블-도파관 전환어댑터를 연결하여 사용하는 방법이다. 도 8과 도 9의 차이는 튜너가 전력공급장치박스에 내재하는 경우(도9)와 전력공급장치박스 밖에 외재하는 경우 (도 8)이다. 상기한 바와 같이 본 발명에서는 도파관-동축케이블 전환 어댑터(Co-Axial Adaptor)와 동축케이블을 사용하여 마이크로파 장치를 간소화하는 것을 특징으로 한다. 또한 본 발명에서는 아이솔레이터와 정합기를 전력공급기 안에 내재하여 동축케이블로 연결하여 설치가 용이하게 하는 방법도 포함한다.
- [0043] 마이크로파가 전달되는 경로에 3-스텝튜너와 아이솔레이터가 필요로 하지 않도록 정확한 임피던스 매칭을 위한 길이를 사전에 설계하여 특정화하는 등의 방법을 사용하여 장치를 구성하는 경우에 마이크로파 응용장치가 훨씬 간소화될 수 있다. 이러한 경우 이외에 , 특히 플라즈마발생등의 경우에는 임피던스 매칭을 위하여 튜너(정합기)를 사용하여야 한다. 종래의 튜너(115)를 사용하지 않는 방법으로는 종래 방식의 3스텝방식의 튜너 대응으로 플런저(119)를 애플리케이션(117)와 융합하여 사용하는 방법이 있다 (도 1~도 2, 도 7~도 9 참조). 본 발명에서는 플런저 형태로 임피던스를 정합하여 사용하는 방법을 포함한다.
- [0044] 또한 종래의 마그네트론과 튜너(정합기)를 사용하지 않고 이러한 종래방식 대응으로 반도체초고주파 발생 모듈을 사용하고, 또한 이의 발생주파수를 변조하여 튜닝하여 (FVTM) 사용하거나, 혹은 동축튜너 혹은 플런저를 애플리케이션과 융합하여, 임피던스를 정합하여 사용하는 경우에 마이크로파 장비를 훨씬 더 간소화하여 사용할 수 있다. 본 발명에서는 이러한 주파수 변조방식 (FVTM) 혹은 플런저 형태의 정합방법이 구비된 애플리케이션 방식을 포함한다. 이에 대한 상세한 방법은 후술한다.
- [0045] 상기한 도 1 내지 도 9의 경우와 같이 종래의 마이크로파를 발진하는 마그네트론을 사용하는 방법을 지양하기 위하여 최근에는 마그네트론 대신에 반도체소자를 이용하여 마이크로파를 발진하며, 이를 반도체 마이크로파 (Solid-State Micro-Wave : SSMW) 방식이라고 한다. 이 때 사용하는 반도체는 실리콘 기반의 황화산 금속산화물 반도체 [Laterally Diffused-Metal Oxide Semiconducotor LDMOS] 전계효과(電界效果) 트랜지스터(Field-Effective Transistor ; FET)이다.
- [0046] 도 10에 반도체 마이크로파 전력 공급기를 사용한 플라즈마 발생장치를 예시하였다. 반도체 마이크로파 발생장치는 기존에 사용한 마그네트론 대신에 반도체를 사용하여 마이크로파를 발진시키는 방식이다. 반도체 마이크로파 발생모듈은 직류전원의 공급이 필요하므로 전력공급기(121)에 공급된 교류입력 전원(231)을 직류로 변환하기 위하여 교류-직류전환 인버터(225)를 포함하며, 인버터는 전력제어보드 (Control Board ; 221)와 반도체 마이크로파 발생모듈(223)에 전력을 공급한다. 또한 공급해야할 마이크로파 전력을 설정 및 제어하기 위하여 전력제어보드는 통신용 게이트웨이(GateWay ; 233)를 통하여 외부와 신호를 주고 받는다. 외부와 통신하는 방식으로는 Analog, Profibus, CanOpen, or Modbus RS232/RS485 등이 있다. 동작시 반도체 마이크로파 모듈에서 정합이

제대로 이루어지지 않는 경우 반사파등이 발생하여 이를 냉각하기 위하여 냉각라인(131)을 설치한다. 냉각방식은 공랭의 경우에 냉각수를 공급할 필요 없이 팬만 설치하고 팬에서 공급된 공기가 열을 품고 전력공급기 외부로 방출되면 되므로 상대적으로 설치등이 간편하다. 그러나 반사파 전력이 큰 경우, 열 발생이 많고 마이크로파 반도체소자에게 치명적일 수 있으므로, 냉각수 라인을 설치하는 것이 안전하다.

[0047] 도 10에 냉각수 라인까지 내재된 고주파반도체 모듈에 의한 마이크로파 발생하여 애플리케이션에 전달하는 방법을 예시하였다. 도 10에 예시한 바와 같이 고주파반도체 모듈에 의해서 발생된 마이크로파는 전력공급장치단에 부착된 커넥터, 동축케이블, 동축케이블-도파관 전환어댑터를 거쳐서 애플리케이션에 전달된다. 마이크로파 전력공급기(121) 내부에 소형의 아이솔레이터(227)의 내재가 가능하며 반사파 발생하는 경우, 공급되는 파워의 즉각적인 자동감소와 중단을 통하여 반도체 마이크로파 발생장치 모듈(223)을 보호한다. 도 10에서 아이솔레이터의 냉각라인은 예시하지 않았으나 반도체 마이크로파 발생장치 모듈(223)에 공급되는 냉각라인(131)을 공유하거나 개별적으로 설치하여 사용할 수 있다. 도 11은 반도체 마이크로파 발생장치를 이용한 한 개의 선형안테나에 의한플라즈마발생을 예시한다. 반도체 마이크로파 발생 전력공급기(121)로부터 마이크로파를 발생하여 커넥터(동축) -> 동축케이블 -> 커넥터(동축)를 거쳐 선형플라즈마 안테나와 연결하여 전송하고 있다. 도 11에서 마이크로파의 에너지가 전달되어 플라즈마가 발생되고 있음을 보여준다.

[0048] 도 11은 반도체 마이크로파 발생장치를 이용한 한 개의 선형안테나에 의한 플라즈마발생을 예시한다. 반도체 마이크로파 발생 전력공급기(121)로부터 마이크로파를 발생하여 커넥터(동축) -> 동축케이블 -> 커넥터(동축)를 거쳐 선형플라즈마 안테나와 연결하여 전송하고 있다. 이러한 방법에 의하여 마이크로파의 에너지가 전달되어 플라즈마가 발생되고 있음을 도 11에서 보여준다. 도 11에 예시된 바와 같이 종래의 마그네트론으로부터 발생된 마이크로파를 도파관플랜지로 연결하여, 아이솔레이터, 튜너 등을 연결하여 사용하는 방법에 비교하여 반도체 초고주파 발생모듈과 주파수변조튜닝방식을 사용하는 경우, 응용장치가 훨씬 경박단소화 되고 설치가 간편함을 볼 수 있다.

[0049] 이러한 반도체소자를 이용한 마이크로파 발생장치는 다음과 같은 장점이 있다. (1) 1 ~ 최대허용출력(예를 들면 최대 허용전력은 임피던스가 정해진 동축케이블의 외경에 따라 300 ~ 500Watt 정도 크기임) 1W 단위로 정확한 전력조정이 가능하다. (2)주파수는 2450MHz의 상하로 50MHz, 즉, 2450MHz 50MHz (2400 ~ 2500 MHz 범위)의 주파수 변조가 가능하다. (3) 마그네트론 방식보다 수명이 길다. (4)전력공급기 내부에 소형의 아이솔레이터의 내재가 가능하며 반사파 발생하는 경우, 공급되는 파워의 즉각적인 자동감소와 중단을 통하여 발생장치 회로를 보호한다. (5) 부피가 작고 경량이다. (6) 입사파 전력과 반사파 전력 정확하게 측정이 가능하다. (6) 리플(Ripple)이 적고 파워 전달효율성이 높다. (7) (대면적을 커버해야할 필요성이 있는 등) 복수 개의 애플리케이션이 필요한 산업적 응용의 경우 이를 경박단소화하여 다양한 방법으로 최적화하여 설치하여 사용자의 목적을 달성할 수 있다.

[0050] 동축케이블을 사용하는 경우, 300 ~ 500 Watt 이하의 저전력 영역에서 적용되기는 하지만 이러한 점은 개선되는 방안이 나올 예정이며, 보다 높은 전력에서도 마이크로파의 전달이 가능하다. 또한 최대 전력 허용치가 높은 동축케이블이 나오거나 다른 전달 방식이 나오기 전이라도 응용분야에 따라, 각각의 고주파 반도체모듈에서 발진되는 마이크로파 전달장치를 복수개로 분리하여 설치함으로써(도 13, 도 14 참조) 응용장치가 필요로 하는 적절한 전력(에너지)의 마이크로파를 분배하여 전송함은 물론 각 고주파 반도체 전력 모듈을 개별적으로 조절함으로써 응용장치의 미세 조절이 가능하다. 따라서 본 발명은 이러한 복수개의 마이크로파 전력공급기와 전송라인과 어댑터 등을 이용한 전송방식과 장치를 특징으로 하며 이를 포함한다.

[0051] 마이크로파는 주파수(진동수) 300MHz ~ 30GHz, 파장으로 보면 1cm ~ 1m인 전자기파의 한 영역을 말한다. 전자기파의 영역은 진동수에 의해 임의로 구분되어지는데 진동수는 1초 동안 파동이 진동하는 횟수이다. 진동수의 단위는 Hz로 나타내며 1Hz는 1초에 파동이 1번 진동한 것을 나타낸다. 진동수(f), 파장, 빛의 속도(C)의 관계는 다음과 같다.

[0052]
$$= C / f \quad (1)$$

[0053] 즉, 파장이 짧을수록 진동수가 크고 파장이 긴 전자기파는 진동수가 작다. 여기서 빛의 속도 C 는 2.99792458×10^8 m/s 이다 .

[0054] 이렇게 파장에 따라 전자기파는 가장 짧은 영역부터 감마선, x선, 자외선, 가시광선, 적외선, 마이크로파, 라디오파 등으로 구분되며, 통상 적외선 이상은 빛, 그 이하는 전파라고 한다. 즉, 마이크로파는 빛 보다는 진동수가 낮고 파장이 긴 전파지만, 전파 중에서는 진동수가 크고 파장이 짧은 편으로, 전술한 바와 같이 레이더, 내

비게이션, 통신과 가열, 플라즈마 등 각종 산업분야등에 이용된다. 임피던스 매칭을 위한 전송(transmission) 길이 L_i 는 다음과 같다.

[0055]
$$L_i = \frac{\lambda}{4} \quad (2)$$

[0056] 상기한 전송길이에 의해서 마이크로파 전달 어댑터를 제작한다. 마이크로파를 발진하기 위하여 반도체소자를 이용하는 경우에도 임피던스의 부정합으로 반사파가 발생할 수 있다. 반도체소자를 이용한 마이크로파 장치에서는 반도체소자의 주파수를 변화가 일부 범위에서 가능하기 때문에 (식 1)과 (식 2)에 의하여 주파수를 변조하여 임피던스 매칭을 할 수 있으며, 본 발명에서는 이러한 주파수 변조에 의한 임피던스 매칭방법을 포함한다. 즉, 본 발명에서는 애플리케이션과 임피던스가 매칭이 안되거나 L_i 가 맞지 않아서 부정합이 되는 경우에 주파수를 조절 및 튜닝하여 정합하는 알고리즘에 의하여 반사파를 최소화 하는 것을 특징으로 한다. 즉, 반도체 모듈로부터 발생되어 출력되는 경우, 주파수를 변조하는 것이 가능하므로 이러한 주파수 변조를 통하여 정합하는 것이 가능하며 이를 주파수변조 튜닝방법(Frequency Variation Tuning Method - FVMM) 이라한다. 요약하면, 본 발명에서는 종래의 튜너(정합기)를 사용하지 않는 방법으로서 주파수 변조방식(FVTM) 형태의 임피던스 정합방법이 구비된 마이크로파 시스템을 개시한다, 이러한 경우에 마이크로파 장비를 훨씬 더 간소화하여 용이하게 사용할 수 있다.

[0057] 이외에도, 반도체 마이크로파 전력공급장치와 애플리케이션 사이를 동축케이블로 연결하는 경우에 그 사이에 동축 임피던스 조정장치를 사용하여 추가로 튜닝(정합)을 할 수 있으며, 이를 동축 혹은 동축 임피던스 튜너방법(Co-Axial Impedance Tuning Method) 라 한다. 이러한 방법을 사용하는 동축 임피던스튜너(228)의 설치예를 도 12에 예시한다. 이는 반도체마이크로파 발생장치(121)와 애플리케이션 (117)사이에 설치되며 동축케이블로 연결한다. 동축 임피던스 튜너(228)에는 임피던스를 변화시킬 수 있도록 구성되어 있으며, 이는 수동 혹은 자동으로 조절이 가능하다. 즉, 마이크로파 검출센서에 의하여 측정된 반사파의 크기를 전력공급장치(121)에 디스플레이 하고 이에 의하여 동축 임피던스 튜너(228)의 임피던스를 자동 혹은 수동으로 조절하여 반사파를 최소화하는 방향으로 조절하여 튜닝한다. 자동으로 튜닝하는 경우에는 마이크로파 전력공급장치(121) 내에 내재하도록 설치가능함을 밝힌다. 본 발명에서는 주파수변조 튜닝방법 이외에도 동축 임피던스 튜닝방법도 포함한다.

[0058] 또한, 본 발명에서는 3-스텝튜너(혹은 4-스텝튜너)등 종래의 방식이나 상기한 주파수변조 등의 새로운 정합방법 등과는 별도로 또 다른 정합방법으로서 애플리케이션에 플런저(Plunger)를 복합적으로 결합하여 수동 혹은 자동으로 정합이 이루어질 수 있는 방법을 개시한다. 애플리케이션(117)는 도파관 혹은 동축케이블 형태로 연결이 가능한데, 애플리케이션(117) 배후에 플런저(119)를 설치하여 튜닝하여 사용할 수 있다. 플런저(119)도 도파관 형식 혹은 동축케이블 방식이 다 가능하다

[0059] 종합하면, 본 발명에서는 주파수변조튜닝, 동축 임피던스튜너(228) 혹은 플런저(119) 사용하여 임피던스 매칭하여 반사파를 최소화시켜 사용하는 방법을 포함한다.

[0060] 또한, 본 발명에서는 순간적인 반사파가 발생하는 경우, 이로부터 마이크로파 발생장치를 보호하기 위하여 반사파를 회절시켜 고주파반도체모듈을 보호하는 냉각라인이 구비된 아이솔레이터를 소형화하여 상기한 고주파 반도체 전력공급장치 내에 내재하는 것을 특징으로 한다.

[0061] 복수 개의 반도체 마이크로파발생장치에 대한 개념을 도 13에 도시하였다. 복수 개의 파워모듈(전력공급기, Power Module, PoM로 표기; 121)가 설치되고, 각 모듈별로 애플리케이션(응용기)가 적용이 된다. 각 애플리케이션은 전체 애플리케이션의 한 부분별 애플리케이션이거나 완전 별개의 독립적인 애플리케이션일 수 있다. 도 10에 예시된 바와 같이 각 파워공급모듈에는 각 제어보드가 있고, 외부등과 통신할 수 있는 통신시스템이 존재한다. 따라서 중앙제어컴퓨터(Personal Computer PC; 501) 시스템 혹은 PLC(Programmable Logic Controller; 501)에서 각 파워모듈에 대하여 중앙에서 제어가 가능하다. 외부와 통신하는 방식으로는 PC를 사용하는 경우 Modbus RS232 / RS485 방식이 있고, PLC를 사용하는 경우에는 Profibus 혹은 CanOpen, 방식 등이 있다. 중앙제어 컴퓨터 시스템(501)이 각 파워모듈(121)에 대하여 원하는 전력값을 셋팅하고, 이 셋팅값의 전력을 최적화하여 찾아 들어가는 것은 각 파워모듈이 실행한다. 각 모듈이 실행후 측정된 순방향전력과 반사파전력을 통신게이트웨이(233)를 통하여 중앙제어 컴퓨터 시스템(501)에 전달한다. 중앙제어 컴퓨터 시스템(501)은 이 데이터 값을 받아 셋팅값과 디스플레이하며 비교 분석하여 응용장치의 원하는 스펙을 맞는지 파악하여 최적화 알고리즘에 따라 다음 명령을 지시한다. 통상적으로 마이크로 응용장치 옆에 설치되는 중앙제어 컴퓨터 시스템(501) 자체에 HMI (Human Machine Display) 디스플레이(505)를 설치하여 현장에서 각 파워모듈(121)의 작동상태를 모니터링 한다. 누설 문제로 위험할 수 있는 마이크로 응용장치가 격리된 공간에 설치된 경우, 리모트 인터페이스장치를 통하여 별도의 제어룸(Control Room)에서 다중 모니터(Multi-Monitor; 507)를 이용하여 복수개의 파워모듈의

각 순방향전력과 반사파전력, 정합과정 궤적 곡선을 스미스차트(Smith Chart)상에서 모니터링한다. 상기한 방법을 통하여 마이크로파 응용장치를 보다 경박단소화 할 수 있을 뿐더러 마이크로파를 분기하여 사용할 수 있으므로 동시에 사용자의 여러 목적에 최적합하게 다양한 방법으로 적용이 가능하다는 큰 장점이 있다.

[0062] 상기한 복수개의 반도체 마이크로 파워모듈을 이용한 마이크로파를 전달하는 장치예를 도 14에 대표적으로 예시한다. 균일도를 유지하기 위하여 대면적 플라즈마를 발생하는 것은 매우 어려운 분야이다. 특히 12인치 이상의 웨이퍼나 5 ~ 8세대 이상의 LCD를 처리하기 위한 대면적 플라즈마 소스가 절대적으로 필요하다. 1개의 마이크로파 전력공급기와 1개의 애플리케이션을 이용하여 대면적 플라즈마를 균일하게 만드는 것은 매우 어려운 일이다. 또한, 각 반응 챔버의 형상, 기체의 흐름패턴, 기체의 주입구, 라디칼을 생성하여 사용하는 경우, 라디칼 디스트리뷰터의 형상등 공정 처리 조건에 맞춰 플라즈마를 제어하여 공급하는 것이 필요하며, 1개의 대면적 소스로 원하는 균일도와 쓰루풋(throughput, 반응속도) 맞춘다는 것이 거의 불가능하다. 따라서 이를 다중 소스로 분할하여 구성하여 하나의 큰 소스를 만드는 방법이 필요하다. 도 14에 보는 바와 같이 각 절연체에 감싸진 동축봉에 각 파워모듈의 전력을 공급하여 선형플라즈마(Line Plasma)를 형성하되, 이러한 선형플라즈마 안테나를 복수개로 설치하여 플라즈마 소스를 조합 및 구성하여 대면적 플라즈마(Large Area Plasma)를 구성한다. 이러한 경우에는 다수개의 전력공급장치를 연결하여 사용하여야 하기 때문에 전체 장치를 구성하는 것이 복잡하고 비용이 많이 든다는 단점이 있다. 이를 개선하기 위한 방법으로 선형플라즈마안테나를 병렬로 집합처리하여 한 개로 동축봉에 연결하는 방법(도 15참조) 혹은 소수개로 분할병렬처리하여 연결하는 방법(도 16참조) 으로 마이크로파를 전달하는 것이 가능하다.

[0063] 본 발명에서는 반도체 마이크로파 발생방법과 장치에 대한 새로운 방법과 일부 예만을 개시한 것으로서 플라즈마등 개별적인 응용에 대한 것은 별도의 발명으로 보다 상세하게 구체화하여 별도로 출원하고자 한다.

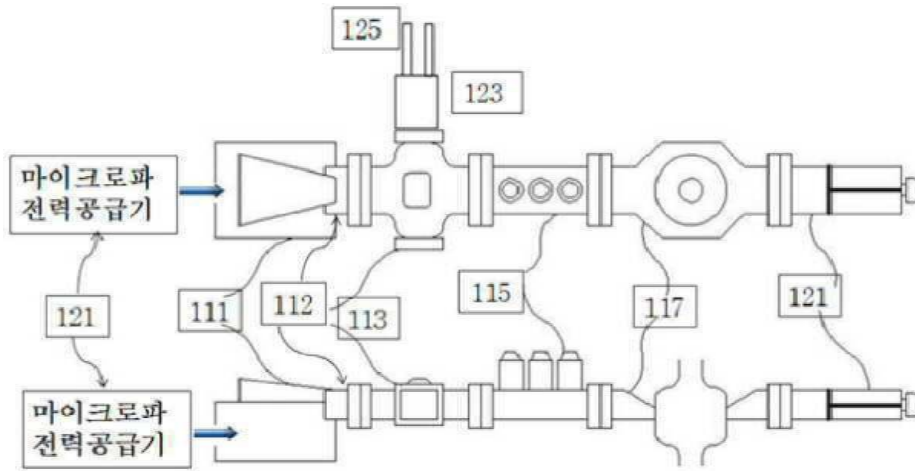
[0064] 상기한 도 14의 예시의 경우처럼 복수개의 고주파반도체 전력모듈을 사용하는 방법 이외에 종래의 마그네트론을 사용하여 마이크로파를 발전하여 전달하는 별도의 방법도 가능하다. 각각의 여러 개의 동축안테나로 구성된 다중 선형플라즈마소스(도 14참조)의 경우에는 각각의 동축봉에 각각의 마이크로파 장치를 개별적으로 연결도 가능하다. 즉, 이러한 경우에는 도 9에 예시된 바와 같이 마그네트론, 아이솔레이터, 튜너 (양단이 도파관 형태임), 도파관-동축케이블 전환어댑터가 내재된 여러 개의 각각의 마이크로웨이브 전력공급장치에 최종 도파관-동축케이블 전환어댑터의 커넥터를 통하여 각각의 동축케이블로 연결하여 선형플라즈마소스의 각각의 동축봉에 일대일로 연결하여 사용하는 방법이다. 따라서 이 경우에는 각각의 동축봉에 각각의 마그네트론, 아이솔레이터, 튜너, 도파관-동축케이블 전환어댑터가 내재된 다수개의 전력공급장치를 연결하여 사용하여야 하기 때문에 전체 장치를 구성하는 것이 복잡하고 비용이 많이 든다는 단점이 있다.

[0065] 상기한 문제점을 개선하기 위하여 1개의 전력공급장치, 마그네트론과 도파관을 이용하되 마이크로파를 전달받을 선형플라즈마의 동축안테나들을 병렬로 묶어서 처리하는 것이 가능하다. 이 경우에는 마그네트론과 도파관으로 전달된 마이크로파를 동축(케이블)-도파관 전환어댑터를 사용하여 동축케이블 혹은 동축봉 형태로 전환한 후 이를 각 선형플라즈마의 동축봉을 병렬로 연결하여 처리하는 방법이다. 이러한 방법을 도 15에 예시하였다. 플라즈마를 발생시키기 위하여 진공이 필요한 경우에는 상기한 동축봉 배열판 표면에 진공을 위한 오링 혹은 메탈 가스킷 등을 배치하는 구조로 구성하여 진공상태를 유지하도록 한다. 또한, 금속봉이 응용공정에 미치는 영향(공정오염물질발생등)을 최소화하기 위하여 금속봉 주변을 절연체이면서 마이크로파가 투과할 수 있는 석영 혹은 사파이어등의 재료로 감싼다. 또한, 필요한 경우에는 금속봉과 이러한 절연체등의 양단에 진공이 유지 되도록 진공실링 어댑터 등을 설치한다.

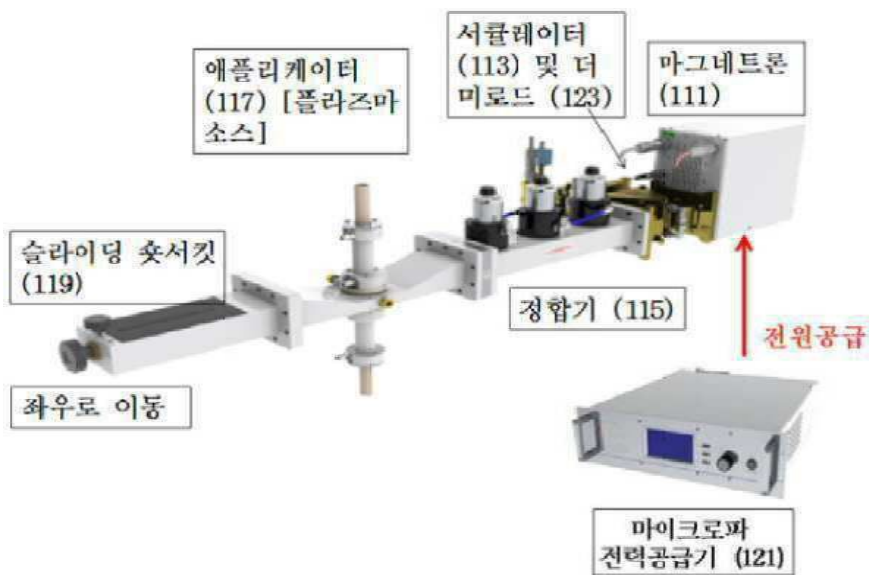
[0066] 상기한 방법은 한 개의 마그네트론에서 발생된 마이크로파를 도파관 -> 도파관-동축케이블 전환어댑터 -> 동축케이블 -> 동축봉안테나의 순서로 연결하여 선형플라즈마소스의 다수개의 안테나를 집합하여 병렬로 연결된 최종 동축봉에 연결하여 전달하는 방법이다. 이러한 방법과는 별도로 도파관에 도파관스플리터(Splitter)를 이용하여 분기한 후 이를 각각의 선형플라즈마안테나의 동축봉에 개별적으로 연결하거나 혹은 부분적으로 병렬집합된 동축봉에 연결하는 방법이 가능하다. 즉, 이 경우에는 도파관 -> 도파관 스플리터 -> 다수개의 도파관-동축케이블 전환어댑터 -> 다수개의 동축케이블 -> 다수개의 동축봉안테나와 연결하는 방식이다. 병렬집합된 동축봉에 연결하는 경우를 도 16에 예시하였다. 다만, 이 경우에는 한 개의 파워만을 사용하므로 각각의 선형플라즈마에 공급되는 전력과 이에 따른 각 선형플라즈마 전자온도, 전자밀도 등을 개별적으로 조절 및 제어하는 것은 어렵다. 상기한 방법과는 별도의 방법 중의 하나로 도파관 스플리터를 사용하는 방법 대신에 동축케이블 스플리터를 사용하는 것이 가능하다. 즉, 한 개의 마그네트론에서 발생된 마이크로파를 도파관 -> 도파관-동축케이블 전환어댑터 -> 동축케이블 -> 동축케이블 스플리터 -> 다수개의 동축케이블 -> 다수개의 동축봉안테나와 연결하는 방식이며, 본 발명에서는 상기한 바와 같이 다양하게 변형되거나 및 균등한 타 실시예가 가능하다는 점을 밝힌

도면

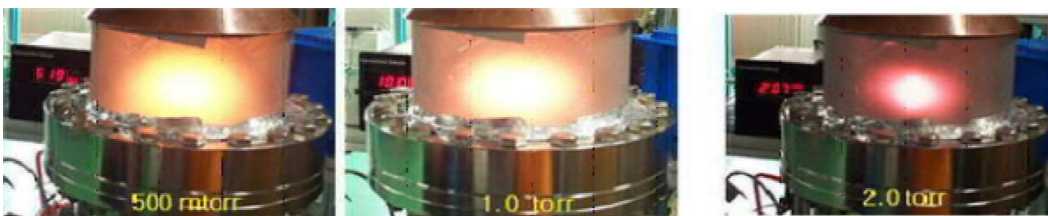
도면1



도면2

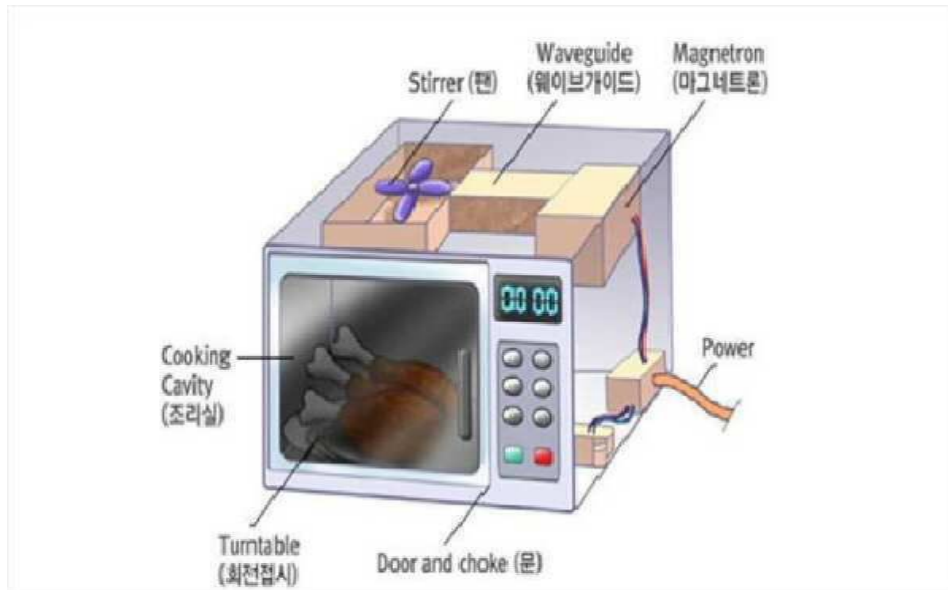


도면3

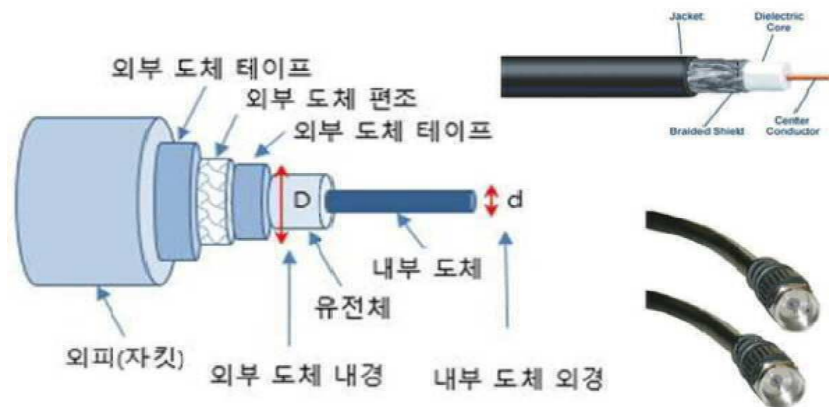


압력 변화에 따른 플라즈마의 변화

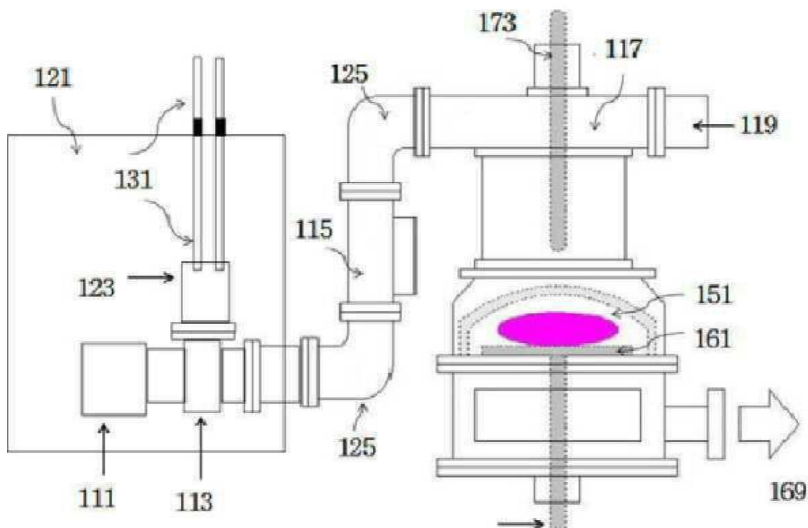
도면4



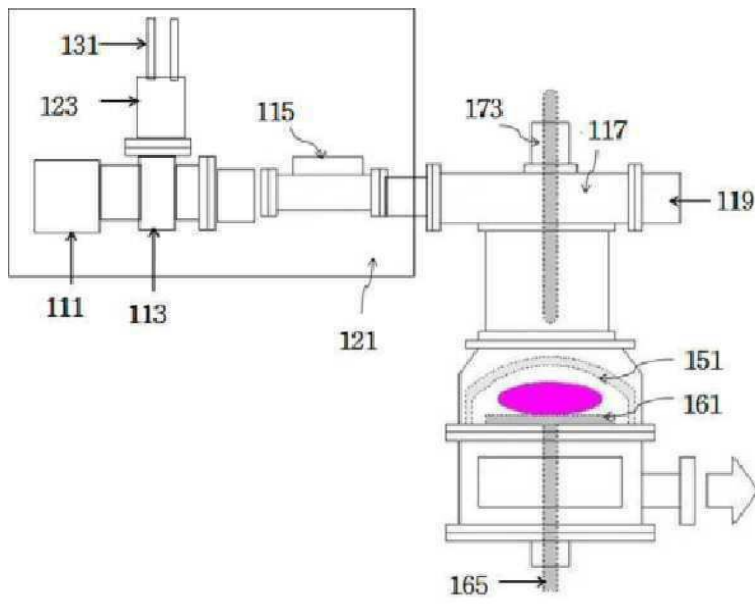
도면5



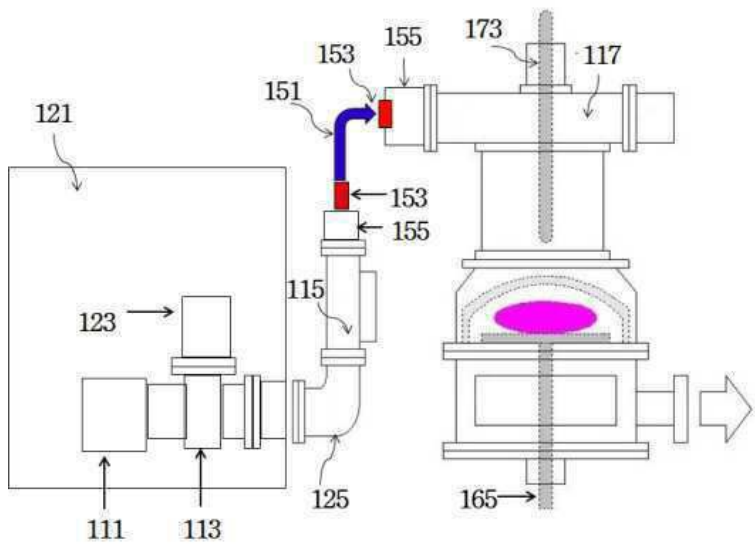
도면6



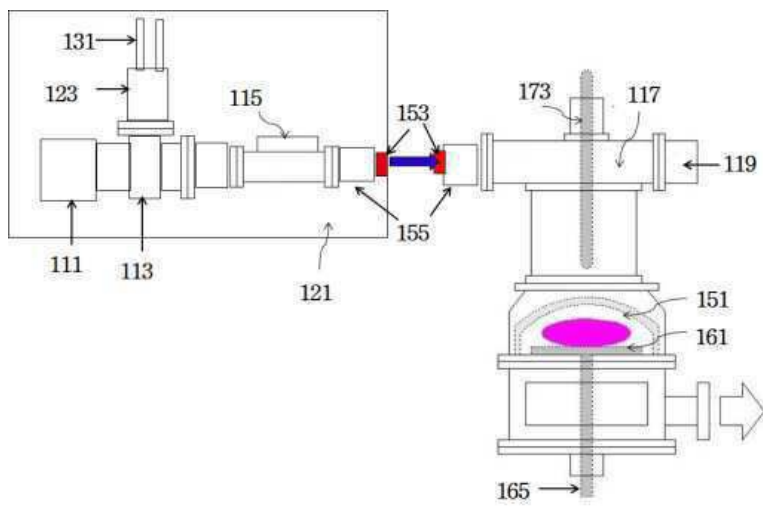
도면7



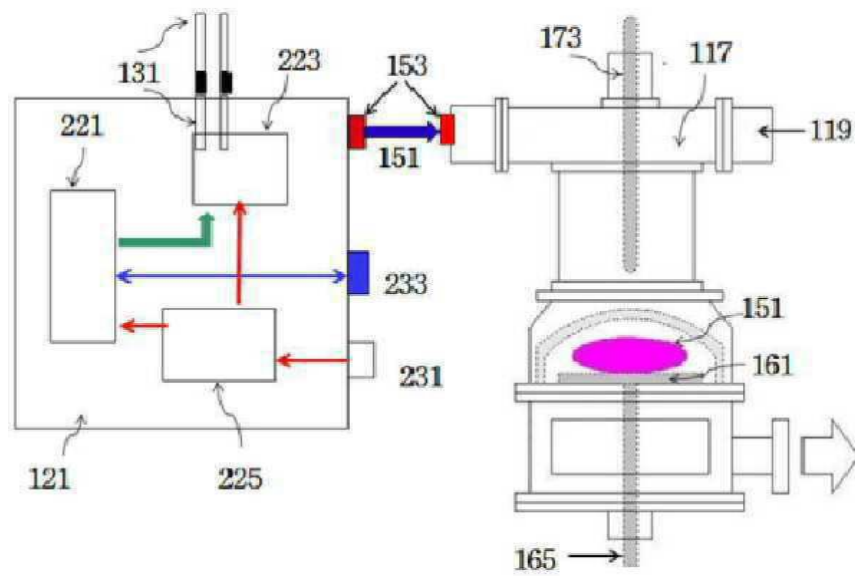
도면8



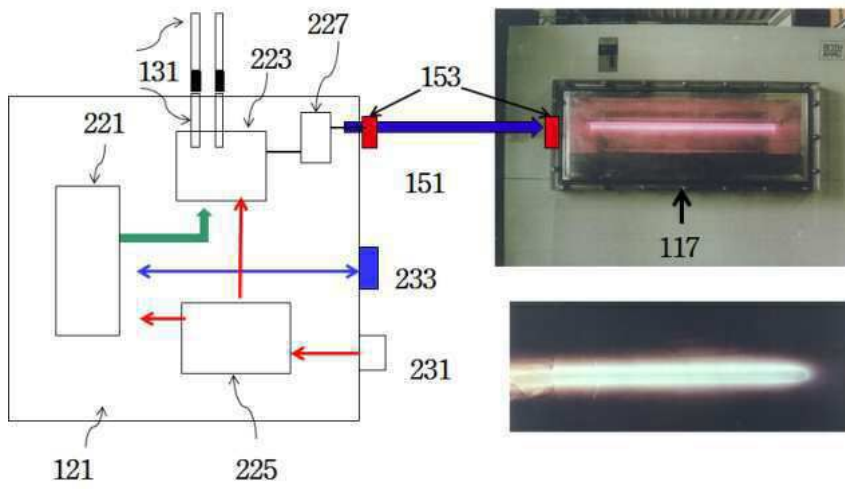
도면9



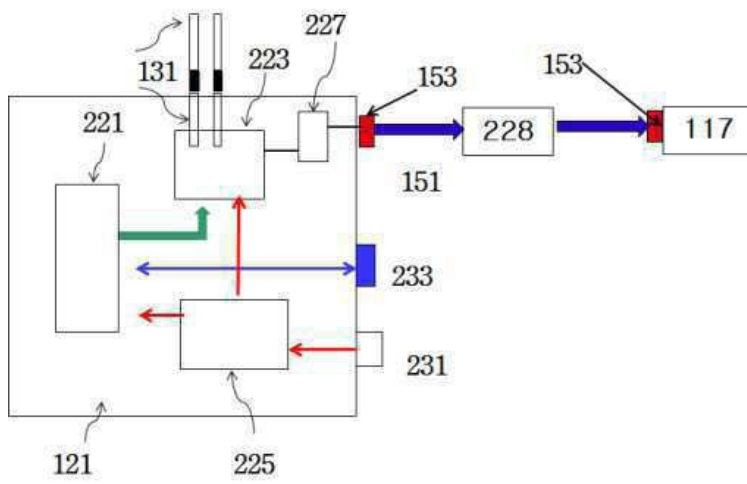
도면10



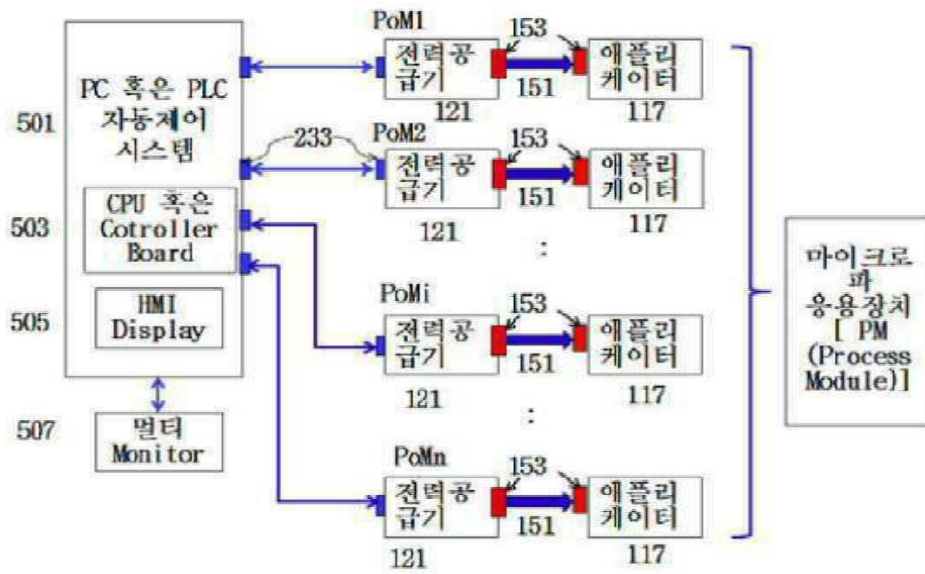
도면11



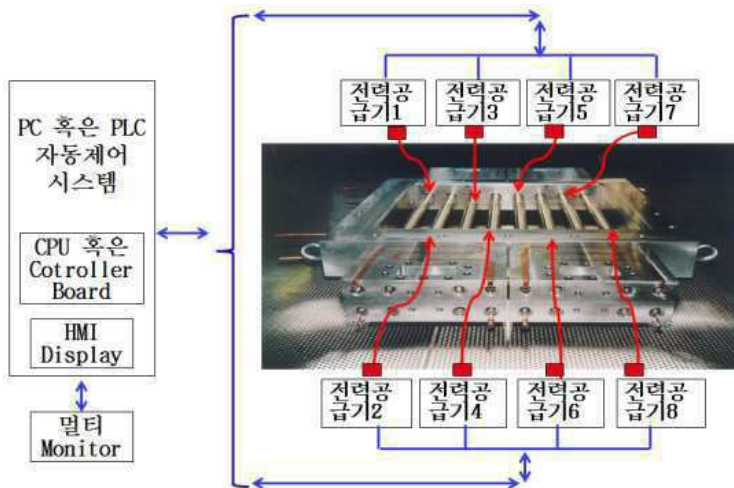
도면12



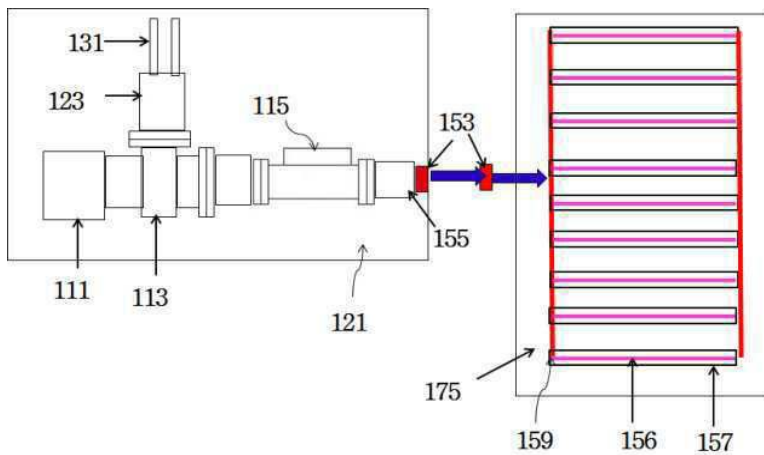
도면13



도면14



도면15



도면16

