

(12) 특허협력조약에 의하여 공개된 국제출원

(19) 세계지식재산권기구  
국제사무국

(43) 국제공개일  
2018년 7월 12일 (12.07.2018) **WIPO | PCT**

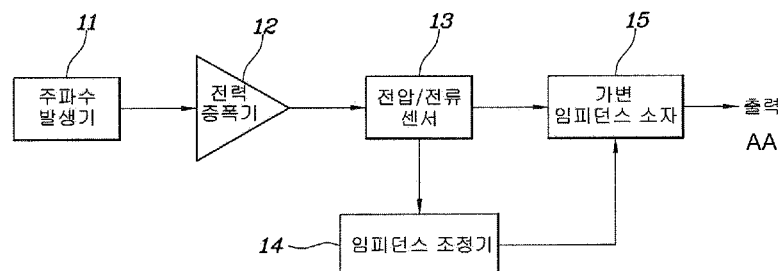


(10) 국제공개번호  
**WO 2018/128236 A1**

- (51) 국제특허분류:  
*H01J 37/32* (2006.01) *H05H 1/46* (2006.01)  
*H03H 7/38* (2006.01)
- (21) 국제출원번호: PCT/KR2017/007908
- (22) 국제출원일: 2017년 7월 21일 (21.07.2017)
- (25) 출원언어: 한국어
- (26) 공개언어: 한국어
- (30) 우선권정보:  
10-2017-0001554 2017년 1월 4일 (04.01.2017) KR
- (71) 출원인: 주식회사 메디플 (MEDIPL CO., LTD.) [KR/KR]; 13558 경기도 성남시 분당구 성남대로331번길 8, 903호 (경자동, 킨스타워), Gyeonggi-do (KR).
- (72) 발명자: 박승진 (PARK, Seung Jin); 18477 경기도 화성시 동탄대로시범길 276, 906동 3203호, Gyeonggi-do (KR). 권순구 (KWON, Soon Ku); 37673 경상북도 포항시 남구 청암로 77, 316호, Gyeongsangbuk-do (KR).
- (74) 대리인: 유미특허법인 (YOU ME PATENT AND LAW FIRM); 06134 서울시 강남구 테헤란로 115, Seoul (KR).
- (81) 지정국 (별도의 표시가 없는 한, 가능한 모든 종류의 국내 권리의 보호를 위하여): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

(54) Title: POWER SUPPLY DEVICE FOR PLASMA GENERATION

(54) 발명의 명칭: 플라즈마 생성을 위한 전력 공급 장치



- 11 ... Frequency generator  
12 ... Power amplifier  
13 ... Voltage/electric current sensor  
14 ... Impedance adjuster  
15 ... Variable impedance element  
AA ... Output

(57) Abstract: Provided is a power supply device for plasma generation which supplies a high frequency signal amplified to have energy for plasma generation, the power supply device comprising: a frequency generator for generating a signal having a frequency of the high frequency signal; a power amplifier for amplifying power of the signal generated from the frequency generator, and providing same to an output terminal of the power supply device; a voltage/electric current sensor for detecting a voltage and an electric current of the high frequency signal outputted from the power amplifier, and a phase difference between the voltage and the electric current; a variable impedance element unit connected between the power amplifier and the output terminal and comprising a plurality of variable passive elements; and an impedance adjuster for deriving the impedance of a load connected the output terminal, on the basis of the voltage, electric current and phase difference detected by the voltage/electric current sensor, and adjusting the impedance of the variable passive elements on the basis of the impedance of the load.

(84) 지정국 (별도의 표시가 없는 한, 가능한 모든 종류의 역내 권리의 보호를 위하여): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), 유라시아 (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), 유럽 (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

공개:

— 국제조사보고서와 함께 (조약 제21조(3))

---

(57) 요약서: 플라즈마를 생성하기 위한 에너지를 갖도록 증폭된 고주파 신호를 공급하는 플라즈마 생성을 위한 전력 공급 장치로서, 상기 고주파 신호의 주파수를 갖는 신호를 생성하는 주파수 발생기; 상기 주파수 발생기에서 생성된 신호의 전력을 증폭하여 상기 전력 공급 장치의 출력단으로 제공하는 전력 증폭기; 상기 전력 증폭기로부터 출력되는 고주파 신호의 전압, 전류 및 상기 전압과 전류 사이의 위상차를 검출하는 전압/전류 센서; 상기 전력 증폭기와 상기 출력단 사이에 연결되며, 복수의 가변 수동소자를 포함하는 가변 임피던스 소자부; 및 상기 전압/전류 센서에서 검출된 상기 전압, 상기 전류 및 상기 위상차에 기반하여 상기 출력단에 연결된 부하의 임피던스를 도출하고, 상기 부하의 임피던스에 기반하여 상기 가변 수동소자의 임피던스를 조정하는 임피던스 조정기를 포함한다.

## 명세서

### 발명의 명칭: 플라즈마 생성을 위한 전력 공급 장치

#### 기술분야

- [1] 본 발명은 플라즈마 생성을 위한 전력 공급 장치에 관한 것으로, 더욱 상세하게는 부하의 크기가 변동되는 경우에도 자동 임피던스 매칭을 통해 반사 전력을 제거하여 최대 전송 전력을 제공할 수 있는 플라즈마 생성을 위한 전력 공급 장치에 관한 것이다.

#### 배경기술

- [2] 최근 플라즈마를 이용한 지혈 및 상처소독, 살균, 치아 미백, 암 치료 등 생의학 분야의 다양한 응용에 대한 관심이 증가하고 있다.
- [3] 이와 같이 플라즈마를 다양한 생의학 분야에 응용하여 사용하기 위해서는, 반도체 공정 등에서 이용되는 플라즈마처럼 진공 챔버(Vacuum chamber)에서 구현될 수 있는 낮은 기압 조건(low pressure)에서 생성하기 보다는 대기압 하에서 동작하여 플라즈마를 생성할 수 있는 플라즈마 발생장치의 개발이 요청되었다.
- [4] 이에 관한 종래기술로는 KR 10-1012345 B 가 있다.
- [5] 한국등록특허 제10-1012345호에는 대기압 하에서 동작하여 플라즈마를 생성할 수 있는 저전력 휴대용 마이크로파 플라즈마 생성기가 소개된 바 있다. 상기 선행문헌에는 동축 케이블로 제공되는 마이크로파의 공진 에너지를 이용하여 플라즈마를 생성하기 위한 장치가 개시된다. 즉, 상기 선행문헌에 개시된 플라즈마 생성장치는 동축 케이블을 구성하는 두 도체 사이의 공간에 가스를 주입하고 주입된 가스가 동축 케이블의 도체들에 제공되는 마이크로파의 공진에너지에 의해 플라즈마 상태가 되도록 구성된다.
- [6] 이와 같은 종래의 플라즈마 생성 장치로 에너지를 갖는 마이크로파를 공급하기 위해서는 전력 공급 장치가 요구된다. 통상, 플라즈마 생성용 전력 공급 장치는 소정 전력을 갖는 마이크로파를 생성하여 출력하는데, 마이크로파가 출력되는 출력단은  $50\ \Omega$ 을 기준으로 원하는 전력을 출력할 수 있도록 설계되고 있다.
- [7] 그러나, 전력 공급 장치가 실제 적용되는 경우에는 다양한 환경 조건에 따라 그 출력단에 연결되는 부하가  $50\ \Omega$ 이 아닌 경우가 빈번하게 발생하게 되며, 이 경우 전송 전력(delivered power)은 부하의 크기에 따라 다양하게 변동됨으로써 원하는 전력을 공급하지 못하게 되는 문제가 발생할 수 있다.
- [8] 상기의 배경기술로서 설명된 사항들은 본 발명의 배경에 대한 이해 증진을 위한 것일 뿐, 이 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자에게 이미 알려진 종래기술에 해당함을 인정하는 것으로 받아들여져서는 안 될 것이다.

#### 발명의 상세한 설명

#### 기술적 과제

- [9] 이에 본 발명은, 하의 크기가 변동되는 경우에도 자동 임피던스 매칭을 통해 반사 전력을 제거하여 최대 전송 전력을 제공할 수 있는 플라즈마 생성을 위한 전력 공급 장치를 제공하는 것을 해결하고자 하는 기술적 과제로 한다.

### 과제 해결 수단

- [10] 상기 기술적 과제를 해결하기 위한 수단으로서 본 발명은,  
 [11] 플라즈마를 생성하기 위한 에너지를 갖도록 증폭된 고주파 신호를 공급하는 플라즈마 생성을 위한 전력 공급 장치에 있어서,  
 [12] 상기 고주파 신호의 주파수를 갖는 신호를 생성하는 주파수 발생기;  
 [13] 상기 주파수 발생기에서 생성된 신호의 전력을 증폭하여 상기 전력 공급 장치의 출력단으로 제공하는 전력 증폭기;  
 [14] 상기 전력 증폭기로부터 출력되는 고주파 신호의 전압, 전류 및 상기 전압과 전류 사이의 위상차를 검출하는 전압/전류 센서;  
 [15] 상기 전력 증폭기와 상기 출력단 사이에 연결되며, 복수의 가변 수동소자를 포함하는 가변 임피던스 소자부; 및  
 [16] 상기 전압/전류 센서에서 검출된 상기 전압, 상기 전류 및 상기 위상차에 기반하여 상기 출력단에 연결된 부하의 임피던스를 도출하고, 상기 부하의 임피던스에 기반하여 상기 가변 수동소자의 임피던스를 조정하는 임피던스 조정기;  
 [17] 를 포함하는 플라즈마 생성을 위한 전력 공급 장치를 제공한다.  
 [18] 본 발명의 일 실시형태에서, 상기 주파수 발생기는, 발진신호를 출력하는 크리스탈 오실레이터 및 상기 발진 신호의 주파수를 상기 고주파 신호의 주파수로 변경하는 PLL(phase-locked loop)을 포함할 수 있다.  
 [19] 본 발명의 일 실시형태에서, 상기 주파수 발생기는, 제어 전압에 의해 출력 주파수가 조정되어 상기 고주파 신호의 주파수를 출력하는 전압제어발진기를 포함할 수 있다.  
 [20] 본 발명의 일 실시형태에서, 상기 전압/전류 센서는 전압-전류 프로브로 구현될 수 있다.  
 [21] 본 발명의 일 실시형태에서, 상기 임피던스 조정기는,  
 [22] [식]  
 [23] 
$$Z_L = X + j \cdot Y = \frac{V}{I} \cdot \cos \theta + j \cdot \frac{V}{I} \cdot \sin \theta$$
  
 [24] (X: 상기 부하의 임피던스의 실수부, Y: 상기 부하의 임피던스의 허수부, V는 상기 전압/전류 센서에서 검출된 고주파 신호의 전압값, I: 상기 전압/전류 센서에서 검출된 고주파 신호의 전류값,  $\theta$ : 상기 전압/전류 센서에서 검출된 위상차)에 의해 상기 부하의 임피던스를 결정할 수 있다.  
 [25] 본 발명의 일 실시형태에서, 상기 임피던스 조정기는, 상기 부하의 임피던스와 상기 복수의 가변 수동소자의 임피던스의 합성 임피던스가 사전 설정된 기준

임피던스가 되도록 상기 가변 수동소자의 임피던스를 조정할 수 있다.

- [26] 본 발명의 일 실시형태에서, 상기 가변 임피던스 소자부는, 커패시턴스 값을 변경할 수 있는 가변 커패시터 또는 인덕턴스 값을 변경할 수 있는 가변 인덕터를 포함할 수 있다.

- [27] 본 발명의 일 실시형태에서, 상기 가변 커패시터 또는 상기 가변 인덕터는 상기 전력 증폭기와 상기 출력단 사이에 직렬 또는 병렬로 연결될 수 있다.

### 발명의 효과

- [28] 상술한 바와 같은 과제 해결 수단을 갖는 플라즈마 생성을 위한 전력 공급 장치에 따르면, 플라즈마 생성 장치의 동작 상태 혹은 주변 환경에 따라 전력 공급 장치의 부하 임피던스가 기준 임피던스(50)를 유지하지 못하고 변화되는 경우에도 그에 따라 임피던스 매칭을 수행함으로써 반사전력을 제거하여 전력 손실을 줄이고 플라즈마 생성기의 작동에 신뢰성을 확보할 수 있는 효과가 있다.

### 도면의 간단한 설명

- [29] 도 1은 본 발명의 일 실시형태에 따른 플라즈마 생성을 위한 전력 공급 장치가 적용되는 플라즈마 생성 시스템을 간략하게 도시한 도면이다.
- [30] 도 2는 본 발명의 일 실시형태에 따른 플라즈마 생성을 위한 전력 공급 장치를 도시한 블록 구성도이다.
- [31] 도 3은 본 발명의 일 실시형태에 따른 플라즈마 생성을 위한 전력 공급 장치의 임피던스 조정기 및 가변 임피던스 소자의 일 예를 더욱 상세하게 도시한 도면이다.
- [32] 도 4는 도 3에 도시된 본 발명의 일 실시형태에 따른 플라즈마 생성을 위한 전력 공급 장치의 임피던스 조정기 및 가변 임피던스 소자의 일 예에 의한 임피던스 매칭의 과정을 설명하기 위한 스미스차트이다.

### 발명의 실시를 위한 형태

- [33] 이하에서는 첨부된 도면을 참조하여 본 발명의 다양한 실시형태에 따른 플라즈마 생성을 위한 전력 공급 장치에 대하여 살펴본다.
- [34] 도 1은 본 발명의 일 실시형태에 따른 플라즈마 생성을 위한 전력 공급 장치가 적용되는 플라즈마 생성 시스템을 간략하게 도시한 도면이다.
- [35] 도 1을 참조하면, 본 발명의 일 실시형태에 따른 플라즈마 생성을 위한 전력 공급 장치가 적용되는 플라즈마 생성 시스템은, 본 발명의 일 실시형태에 따른 전력 공급 장치(10)와, 가스를 공급하는 가스 공급 장치(20) 및 전력 공급 장치(10)에서 공급되는 고주파 신호의 공진 에너지로 가스 공급 장치(20)에서 공급되는 가스를 방전시켜 플라즈마를 생성하는 공진기(30)를 포함하여 구성될 수 있다.
- [36] 선행기술문헌인 한국등록특허 제10-1012345호에는 이러한 플라즈마 생성 시스템 중 공진기(30)의 구성이 상세하게 개시되는 바 공진기(30)에 대한 더 이상의 상세한 설명은 생략하기로 한다.

- [37] 이러한 플라스마 생성 시스템에서, 전력 공급 장치(10)는 가스의 방전을 통해 플라스마를 생성하는 공진기(30)로 소정 전력의 고주파 신호를 제공하기 위해 마련된 것으로 안정적인 플라스마 생성을 위해 사전 설정된 일정한 전력을 갖는 고주파 신호를 공진기(30)로 제공하도록 구성되어야 한다. 하지만, 전력 공급 장치(10)의 신호 출력단은 사전에 일정 임피던스(예를 들어,  $50\ \Omega$ )를 기준으로 전송 전력을 출력하도록 설계되므로, 출력단의 임피던스가 변경되는 경우 반사되어 출력단으로 다시 입력되는 반사 전력이 발생함에 따라 공진기(30)에서 요구되는 충분한 전력의 고주파 신호를 제공하는 것이 불가능 하게 된다.
- [38] 예를 들어, 출력단의 임피던스가 변경되는 경우로는, 공진기(30)에서 생성되는 플라스마 자체가 처리부에 직접 닿는 경우 전기적인 등가 임피던스가 변화되는 경우, 또는 공진기(30)에서 플라스마의 점화 전과 후가 반사 특성의 차이가 매우 심한 경우, 또는 전력 공급 장치(10)와 공진기(30) 사이의 케이블 길이가 변경되는 경우 등이 있을 수 있다.
- [39] 따라서, 전력 공급 장치(10)는 부하의 임피던스가 변경되는 경우에도 반사 전력을 억제함으로써 공진기(30)에서 요구되는 전력을 출력단으로 출력할 수 있도록 구성되어야 하는 것이다.
- [40] 이와 같이, 반사 전력을 제거하여 사전 설정된(공진기(30)에서 요구되는) 전력의 고주파 신호를 출력할 수 있도록 본 발명의 일 실시형태에 따른 플라스마 생성을 위한 전력 공급 장치는 도 2에 도시된 것과 같은 구성을 갖는다.
- [41] 도 2는 본 발명의 일 실시형태에 따른 플라스마 생성을 위한 전력 공급 장치를 도시한 블록 구성도이고, 도 3은 본 발명의 일 실시형태에 따른 플라스마 생성을 위한 전력 공급 장치의 임피던스 조정기 및 가변 임피던스 소자의 일 예를 더욱 상세하게 도시한 도면이다.
- [42] 도 2 및 도 3을 참조하면, 본 발명의 일 실시형태에 따른 플라스마 생성을 위한 전력 공급 장치는, 주파수 발생기(11)와, 전력 증폭기(12)와, 전압/전류 센서(13)와, 임피던스 조정기(14) 및 가변 임피던스 소자부(15)를 포함하여 구성될 수 있다.
- [43] 주파수 발생기(11)는 원하는 주파수의 신호를 생성하여 출력하는 요소이다. 주파수 발생기(11)에서 생성되는 신호의 주파수는 필요에 따라 다양하게 설정될 수 있는데, 저온 플라스마 생성을 위한 시스템에 적용될 수 있는 대략 수백 kHz 내지 수 GHz의 밀리미터파 대역의 신호가 생성될 수 있다.
- [44] 주파수 발생기(11)는 당 기술분야에 알려진 다양한 주파수 발생 장치가 적용될 수 있다. 예를 들어, 주파수 발생기(11)는 발진회로가 내장되어 PLL의 입력이 되는 발진신호를 출력하는 크리스탈 오실레이터와, 발진회로에서 생성된 주파수 신호를 입력 받아 마이크로파 플라스마 발생 시스템에서 요구되는 주파수를 갖는 신호로 주파수 변경하는 PLL(phase-locked loop)로 구현될 수 있다. 다른 예로, 입력되는 제어 전압의 크기에 따라 출력 신호의 주파수를 조정하는 전압제어발진기(VCO: Voltage Controlled Oscillator)로 구현될 수 있다.

- [45] 여기서, 크리스탈 오실레이터와 PLL은 하나의 칩의 형태로 제작될 수 있으며 전압제어발진기 역시 하나의 칩 형태로 제작될 수 있다.
- [46] 전력 증폭기(12)는 주파수 발생기(11)에서 생성된 소정 주파수의 신호를 입력 받아 그 전력(power)를 증폭시키는 요소이다.
- [47] 본 발명의 여러 실시형태에서, 전력 증폭기(12)는 별도의 제어 신호를 입력 받고 제어 신호에 따라 이득(증폭율)이 조정될 수 있는 가변 이득 전력 증폭기가 채용될 수 있다.
- [48] 전압/전류 센서(13)는 전력 증폭기(12)로부터 부하 측으로 전달되는 고주파 신호의 전압, 전류 및 전압과 전류 간의 위상차를 검출한다. 예를 들어, 전압/전류 센서(13)는 당 기술분야에 알려진 고주파 신호의 전압, 전류 및 전압-전류간 위상차를 검출할 수 있는 장비인 전압-전류 프로브(voltage-current probe: VI probe)로 구현될 수 있다.
- [49] 임피던스 조정기(14)는 전압/전류 센서(13)에서 검출된 전압, 전류 및 위상차를 기반으로 전력 공급 장치의 출력단에 연결되는 부하의 임피던스 값을 연산하고, 연산된 부하의 임피던스 값에 기반하여 전력 증폭기(12)의 출력단에서 부하측으로 바라본 임피던스 값이 사전 설정된 기준 임피던스 값이 될 수 있도록 가변 임피던스 소자부(15)의 임피던스 값을 결정할 수 있다.
- [50] 가변 임피던스 소자부(15)은 임피던스 값이 적절하게 변경될 수 있는 복수의 수동 소자들을 포함할 수 있다. 도 3에 도시된 예는 직병렬 관계로 연결된 두 개의 가변 커패시터로 가변 임피던스 소자부(15)를 구현한 것이나, 본 발명은 이에 한정되지 않는다. 예를 들어, 가변 임피던스 소자부(15)는 커패시턴스가 변경될 수 있는 가변 커패시터 및/또는 인덕턴스가 변경될 수 있는 가변 인덕터를 포함할 수 있다. 또한, 가변 임피던스 소자부(15)에 포함되는 수동 소자들은 전력 증폭기(12)와 출력단 사이에 직렬 또는/및 병렬로 연결될 수 있다.
- [51] 이상과 같은 구성을 갖는 본 발명의 일 실시형태에 따른 플라즈마 생성을 위한 전력 공급 장치의 작용 및 효과에 대해 설명한다.
- [52] 주파수 발생기(11)에서 소정 주파수의 고주파 신호를 출력하고, 주파수 발생기(11)에서 출력된 고주파 신호는 전력 증폭기(12)로 입력되어 사전 설정된 이득으로 전력이 증폭되어 출력된다. 전력 증폭기(12)에서 이루어지는 전력 증폭의 이득은 고주파 신호를 입력 받아 플라즈마를 생성하는 공진기(도 1의 '30')에서 요구하는 공진 에너지에 따라 설정될 수 있다.
- [53] 전력 증폭기(12)에서 출력되는 전력 증폭된 고주파 신호는 출력단을 통해 부하로 제공되는데, 이 과정에서 전압/전류 센서(13)는 전력 증폭기(12)에서 부하로 제공되는 고주파 신호의 전압, 전류 및 전압-전류 위상차를 검출하여 임피던스 조정기(14)로 제공한다.
- [54] 임피던스 조정기(14)는 먼저, 전압/전류 센서(13)는 전력 증폭기(12)에서 부하로 제공되는 고주파 신호의 전압, 전류 및 전압-전류 위상차를 검출한 값을 이용하여 현재 부하의 임피던스를 연산한다.

[55] 임피던스 조정기(14)에 의해 이루어지는 임피던스 연산은 다음의 식 1을 통해 이루어질 수 있다.

[56] [식 1]

$$[57] \quad Z_L = X + j \cdot Y = \frac{V}{I} \cdot \cos \theta + j \cdot \frac{V}{I} \cdot \sin \theta$$

[58] 상기 식 1에서  $Z_L$ 은 부하의 임피던스를 나타내며,  $X$ 는 부하의 임피던스의 실수부를 나타내고,  $Y$ 는 부하의 임피던스의 허수부를 나타내며,  $V$ 는 전압/전류 센서(13)에서 검출된 고주파 신호의 전압값,  $I$ 는 전압/전류 센서(13)에서 검출된 고주파 신호의 전류값,  $\theta$ 는 고주파 신호의 전압과 전류 사이의 위상차를 나타낸다.

[59] 임피던스 조정기(14)는 상기 식 1에 의해 도출된 부하의 임피던스를 이용하여 가변 임피던스 소자부(15)에 마련된 가변 수동 소자들의 임피던스 값을 결정한다.

[60] 도 3에 도시된 것과 같이, 전력 증폭기(12)와 출력단 사이에 병렬로 연결된 제1 커패시터(C1)와 전력 증폭기(12)와 출력단 사이에 직렬로 연결된 제2 커패시터(C2)로 가변 임피던스 소자부(15)가 구현된 경우를 예로 설명하면 다음과 같다. 여기서, 참조부호 'C1', 'C2'는 가변 임피던스 소자부(15)에 포함된 커패시터를 의미하기도 하며, 각 커패시터의 커패시턴스를 의미하는 것으로 설명될 것이다.

[61] 임피던스 조정기(14)는 전력 증폭기(12)에서 전력 공급 장치의 출력단으로 바라본 임피던스가 사전 설정된 기준 임피던스(예를 들어,  $50 \Omega$ )이 되도록 각각의 가변 커패시터(C1, C2)의 커패시턴스를 결정한다. 즉, 임피던스 조정기(14)는, 가변 임피던스 소자부(15)에 의한 임피던스와 부하의 임피던스( $X + jY$ )의 합성 임피던스가 기준 임피던스가 되도록 가변 커패시터의 커패시터를 결정하면 된다.

[62] 각각의 커패시터의 임피던스( $Z_{c1}$ ,  $Z_{c2}$ )는 고주파 신호의 주파수가 'f'라고 할 때 다음의 식 2와 같이 결정될 수 있다.

[63] [식 2]

$$[64] \quad Z_{c1} = 1 / (j * 2\pi * f * C1)$$

$$[65] \quad Z_{c2} = 1 / (j * 2\pi * f * C2)$$

[66] 또한, 두 커패시터와 부하의 임피던스의 합성 임피던스는 제1 커패시터(C1)과 상호 직렬 연결된 제2 커패시터(C2) 및 부하 임피던스( $Z_L$ )가 병렬로 연결된 것과 같으며, 합성 임피던스가 기준 임피던스( $50 \Omega$ )가 되도록 다음의 식 3과 같이 결정되어야 한다.

[67] [식 3]

$$[68] \quad Z_{c1} \parallel (Z_{c2} + Z_L) = 50$$

[69] 식 3에 식 1과 식 2를 대입하고, C1과 C2에 대해 정리하면 가변 임피던스

소자부(15)의 가변 커패시터(C1, C2)의 커패시턴스가 결정될 수 있다. 이 과정은 다음의 식 4와 같다.

[70] [식 4]

$$[71] \quad \frac{1}{50} = \frac{1}{Z_{c1} \parallel (Z_{c2} + Z_L)} = j \cdot X_{c1} + \frac{1}{X + j \cdot (X_{c2} + Y)}$$

$$[72] \quad X + j \cdot (X_{c2} + Y) = j \cdot 50 \cdot X_{c1} \cdot \{X + j \cdot (X_{c2} + Y)\} + 50$$

$$= 50 \cdot (1 - X_{c1} \cdot X_{c2} - X_{c1} \cdot Y) + j \cdot 50 \cdot X_{c1} \cdot X$$

$$[73] \quad X_{c1} \cdot (X_{c2} + Y) = 50 - X$$

$$[74] \quad X_{c2} + Y = 50 \cdot X_{c1} \cdot X$$

$$[75] \quad X_{c1} = \frac{\sqrt{X \cdot (50 - X)} - Y}{X}$$

$$[76] \quad X_{c2} = \frac{\sqrt{\frac{50 - X}{X}}}{50}$$

$$[77] \quad C1 = \frac{\sqrt{X \cdot (50 - X)} - Y}{2\pi \cdot f}$$

$$[78] \quad C2 = \frac{\sqrt{\frac{50 - X}{X}}}{2\pi \cdot f \cdot 50}$$

[79]

[80] 식 4에서,  $X_{c1}$ 은 ' $2\pi \cdot f \cdot C1$ '이며,  $X_{c2}$ 는 ' $2\pi \cdot f \cdot C2$ '이다.

[81] 상기 식 4에 나타난 것과 같이, 본 발명의 일 실시형태에 따른 플라즈마 생성을 위한 전력 공급 장치는 가변 임피던스 소자부(15)에 포함된 가변 임피던스 소자의 임피던스 값을, 전압/전류 센서(13)에서 검출된 증폭된 고주파 신호의 전압, 전류 및 위상차로 결정되는 X와 Y를 이용하여 표현할 수 있다. 즉, 본 발명의 일 실시형태에 따른 플라즈마 생성을 위한 전력 공급 장치는 실시간으로 검출되는 증폭된 고주파 신호의 전압, 전류 및 위상차를 이용하여 가변 임피던스 소자부(15)의 가변 임피던스 소자의 임피던스 값을 즉각 연산하여 적용할 수 있으므로 가변하는 부하의 임피던스에 대응하여 신속하게 임피던스 매칭을 수행함으로써 전력 전달의 손실을 최소화할 수 있게 된다.

[82] 도 4는 도 3에 도시된 본 발명의 일 실시형태에 따른 플라즈마 생성을 위한 전력 공급 장치의 임피던스 조정기 및 가변 임피던스 소자의 일 예에 의한 임피던스 매칭의 과정을 설명하기 위한 스미스차트이다.

[83] 임피던스 조정기(14)가, 가변 임피던스 소자부(15)의 제2 커패시터(C2)의

커패시턴스를 결정함에 따라 전력 증폭기(12)에서 출력단으로 바라본 임피던스는 부하 임피던스( $X + jY$ )에서 도 4에서 'C2'로 표시된 화살표를 따라 이동하게 되고, 가변 임피던스 소자부(15)의 제1 커패시터(C1)의 커패시턴스를 결정함에 따라 전력 증폭기(12)에서 출력단으로 바라본 임피던스는 다시 도 4에서 'C1'로 표시된 화살표를 따라 이동하게 되어 스미스차트의 중심점으로 이동하게 되어 원하는 기준 임피던스( $50\ \Omega$ )가 될 수 있다.

- [84] 이와 같이, 임피던스 조정기(14)는, 증폭된 고주파 신호의 전압, 전류 및 전압-전류 위상차를 검출한 값에 기반하여 전압/전류 센서(13)가 부하의 임피던스를 도출하고, 부하의 임피던스와 가변 임피던스 소자의 합성 임피던스를 원하는 기준 임피던스( $50\ \Omega$ )가 되도록 가변 임피던스 소자부(15)의 임피던스를 조정함으로써 임피던스 매칭을 수행하게 된다.
- [85] 이상에서 설명한 바와 같이, 본 발명의 여러 실시형태에 따른 플라즈마 생성을 위한 전력 공급 장치는, 플라즈마 생성 장치의 동작 상태 혹은 주변 환경에 따라 전력 공급 장치의 부하 임피던스가 기준 임피던스( $50\ \Omega$ )를 유지하지 못하고 변화되는 경우에도 그에 따라 임피던스 매칭을 수행함으로써 반사전력을 제거하여 전력 손실을 줄이고 플라즈마 생성기의 작동에 신뢰성을 확보할 수 있다.
- [86] 본 발명은 특정한 실시형태에 관련하여 도시하고 설명하였지만, 이하의 특허청구범위에 의해 제공되는 본 발명의 기술적 사상을 벗어나지 않는 한도 내에서, 본 발명이 다양하게 개량 및 변화될 수 있다는 것은 당 업계에서 통상의 지식을 가진 자에게 있어서 자명할 것이다.
- [87] [부호의 설명]
- [88] 11: 주파수 발생기 12: 전력 증폭기
- [89] 13: 전압/전류 센서 14: 임피던스 조정기
- [90] 15: 가변 임피던스 소자부

## 청구범위

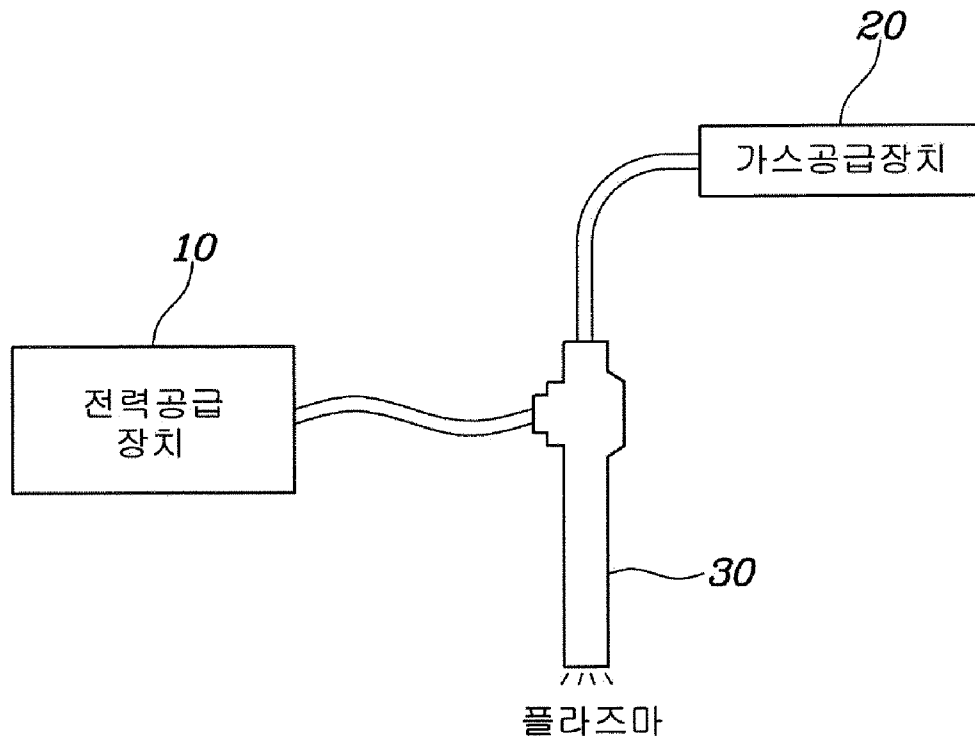
- [청구항 1] 플라즈마를 생성하기 위한 에너지를 갖도록 증폭된 고주파 신호를 공급하는 플라즈마 생성을 위한 전력 공급 장치에 있어서,  
 상기 고주파 신호의 주파수를 갖는 신호를 생성하는 주파수 발생기;  
 상기 주파수 발생기에서 생성된 신호의 전력을 증폭하여 상기 전력 공급 장치의 출력단으로 제공하는 전력 증폭기;  
 상기 전력 증폭기로부터 출력되는 고주파 신호의 전압, 전류 및 상기 전압과 전류 사이의 위상차를 검출하는 전압/전류 센서;  
 상기 전력 증폭기와 상기 출력단 사이에 연결되며, 복수의 가변 수동소자를 포함하는 가변 임피던스 소자부; 및  
 상기 전압/전류 센서에서 검출된 상기 전압, 상기 전류 및 상기 위상차에 기반하여 상기 출력단에 연결된 부하의 임피던스를 도출하고, 상기 부하의 임피던스에 기반하여 상기 가변 수동소자의 임피던스를 조정하는 임피던스 조정기;  
 를 포함하는 플라즈마 생성을 위한 전력 공급 장치.
- [청구항 2] 청구항 1에 있어서,  
 상기 주파수 발생기는, 발진신호를 출력하는 크리스탈 오실레이터 및 상기 발진 신호의 주파수를 상기 고주파 신호의 주파수로 변경하는 PLL(phase-locked loop)을 포함하는 것을 특징으로 하는 플라즈마 생성을 위한 전력 공급 장치.
- [청구항 3] 청구항 1에 있어서,  
 상기 주파수 발생기는, 제어 전압에 의해 출력 주파수가 조정되어 상기 고주파 신호의 주파수를 출력하는 전압제어발진기를 포함하는 것을 특징으로 하는 플라즈마 생성을 위한 전력 공급 장치.
- [청구항 4] 청구항 1에 있어서,  
 상기 전압/전류 센서는 전압-전류 프로브인 것을 특징으로 하는 플라즈마 생성을 위한 전력 공급 장치.
- [청구항 5] 청구항 1에 있어서,  
 상기 임피던스 조정기는,  
 [식]

$$Z_L = X + j \cdot Y = \frac{V}{I} \cdot \cos \theta + j \cdot \frac{V}{I} \cdot \sin \theta$$

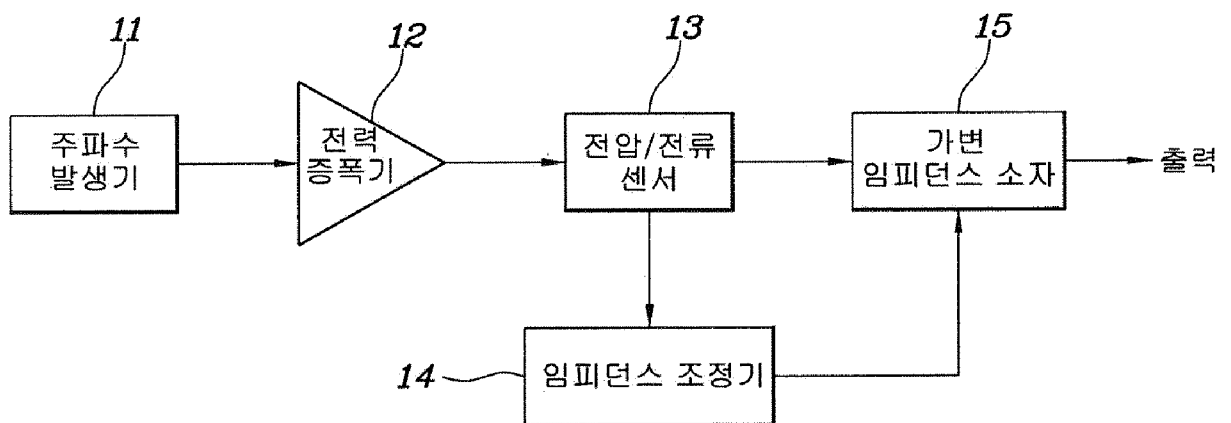
(X: 상기 부하의 임피던스의 실수부, Y: 상기 부하의 임피던스의 허수부, V는 상기 전압/전류 센서에서 검출된 고주파 신호의 전압값, I: 상기 전압/전류 센서에서 검출된 고주파 신호의 전류값,  $\theta$ : 상기 전압/전류 센서에서 검출된 위상차)에 의해 상기 부하의 임피던스를 결정하는 것을

- 특징으로 하는 플라즈마 생성을 위한 전력 공급 장치.
- [청구항 6] 청구항 1 또는 청구항 5에 있어서,  
상기 임피던스 조정기는, 상기 부하의 임피던스와 상기 복수의 가변 수동소자의 임피던스의 합성 임피던스가 사전 설정된 기준 임피던스가 되도록 상기 가변 수동소자의 임피던스를 조정하는 것을 특징으로 하는 플라즈마 생성을 위한 전력 공급 장치.
- [청구항 7] 청구항 5에 있어서,  
상기 가변 임피던스 소자부는, 커패시턴스 값을 변경할 수 있는 가변 커패시터 또는 인덕턴스 값을 변경할 수 있는 가변 인덕터를 포함하는 것을 특징으로 하는 플라즈마 생성을 위한 전력 공급 장치.
- [청구항 8] 청구항 7에 있어서,  
상기 가변 커패시터 또는 상기 가변 인덕터는 상기 전력 증폭기와 상기 출력단 사이에 직렬 또는 병렬로 연결되는 것을 특징으로 하는 플라즈마 생성을 위한 전력 공급 장치.

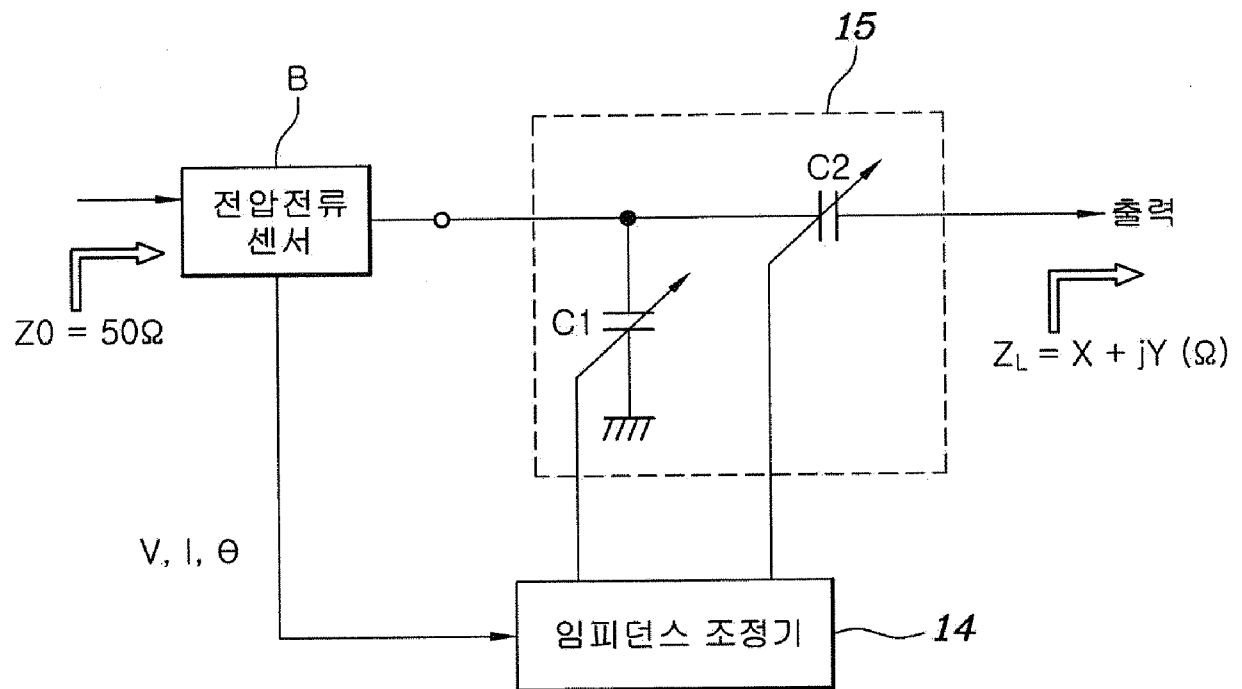
[도1]



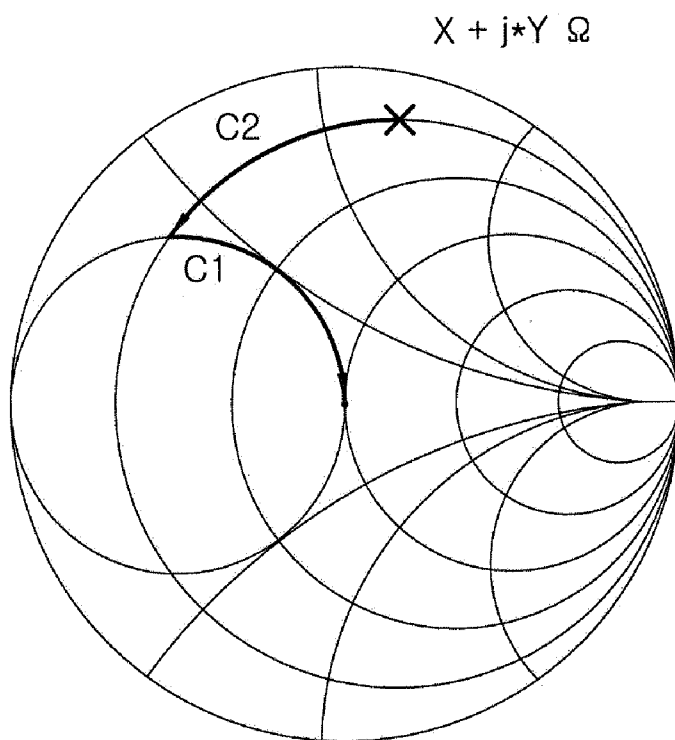
[도2]



[도3]



[도4]



## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/KR2017/007908

## A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

*H01J 37/32(2006.01)i, H03H 7/38(2006.01)i, H05H 1/46(2006.01)i*

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

## B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

H01J 37/32; H05H 1/46; H05H 1/30; H05H 1/24; H01J 7/24; H01L 21/00; H03H 7/38

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Korean Utility models and applications for Utility models: IPC as above

Japanese Utility models and applications for Utility models: IPC as above

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

eKOMPASS (KIPO internal) & Keywords: plasma, high frequency, impedance, sensor, load

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

| Category* | Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages                                           | Relevant to claim No. |
|-----------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|
| Y         | KR 10-2016-0044428 A (YOUNG SIN RF CO., LTD.) 25 April 2016<br>See paragraphs [0091]-[0103]; claims 1, 8; and figures 9a-10. | 1-8                   |
| Y         | KR 10-2002-0047229 A (TOKYO ELECTRON LIMITED et al.) 21 June 2002<br>See pages 4-6; claims 1, 11; and figure 2.              | 1-8                   |
| A         | US 2004-0007984 A1 (COUMOU, David J. et al.) 15 January 2004<br>See paragraphs [0016]-[0025]; and figures 1-3.               | 1-8                   |
| A         | KR 10-0907438 B1 (JEHARA) 14 July 2009<br>See paragraphs [0138]-[0144]; and figures 3-6.                                     | 1-8                   |
| A         | KR 10-2016-0012085 A (LAM RESEARCH CORPORATION) 02 February 2016<br>See paragraphs [0035]-[0045]; and figures 4-7.           | 1-8                   |



Further documents are listed in the continuation of Box C.



See patent family annex.

\* Special categories of cited documents:

“A” document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

“E” earlier application or patent but published on or after the international filing date

“L” document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

“O” document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

“P” document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

“T” later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

“X” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

“Y” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

“&amp;” document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

29 SEPTEMBER 2017 (29.09.2017)

Date of mailing of the international search report

29 SEPTEMBER 2017 (29.09.2017)

Name and mailing address of the ISA/KR



Korean Intellectual Property Office  
Government Complex-Daejeon, 189 Sconsa-ro, Daejeon 302-701,  
Republic of Korea

Facsimile No. +82-42-481-8578

Authorized officer

Telephone No.

**INTERNATIONAL SEARCH REPORT**  
Information on patent family members

International application No.

**PCT/KR2017/007908**

| Patent document<br>cited in search report | Publication<br>date | Patent family<br>member | Publication<br>date |
|-------------------------------------------|---------------------|-------------------------|---------------------|
| KR 10-2016-0044428 A                      | 25/04/2016          | CN 106851956 A          | 13/06/2017          |
| KR 10-2002-0047229 A                      | 21/06/2002          | EP 1225794 A1           | 24/07/2002          |
|                                           |                     | EP 1225794 B1           | 20/08/2008          |
|                                           |                     | JP 04286404 B2          | 01/07/2009          |
|                                           |                     | JP 2001-118700 A        | 27/04/2001          |
|                                           |                     | TW 494490 A             | 11/07/2002          |
|                                           |                     | US 2002-0134508 A1      | 26/09/2002          |
|                                           |                     | US 7112926 B2           | 26/09/2006          |
|                                           |                     | WO 01-28300 A1          | 19/04/2001          |
| US 2004-0007984 A1                        | 15/01/2004          | AU 2003-224937 A1       | 02/02/2004          |
|                                           |                     | CN 100339943 C          | 26/09/2007          |
|                                           |                     | CN 1647237 A            | 27/07/2005          |
|                                           |                     | EP 1520288 A2           | 06/04/2005          |
|                                           |                     | JP 05631628 B2          | 26/11/2014          |
|                                           |                     | JP 2005-532668 A        | 27/10/2005          |
|                                           |                     | JP 2010-212252 A        | 24/09/2010          |
|                                           |                     | KR 10-0738990 B1        | 13/07/2007          |
|                                           |                     | KR 10-2005-0039751 A    | 29/04/2005          |
|                                           |                     | US 6707255 B2           | 16/03/2004          |
|                                           |                     | WO 2004-008502 A2       | 22/01/2004          |
| KR 10-0907438 B1                          | 14/07/2009          | TW 200830941 A          | 16/07/2008          |
|                                           |                     | TW 200845829 A          | 16/11/2008          |
|                                           |                     | US 2008-0168945 A1      | 17/07/2008          |
|                                           |                     | US 2011-0005683 A1      | 13/01/2011          |
|                                           |                     | US 2011-0284164 A1      | 24/11/2011          |
|                                           |                     | WO 2008-088110 A1       | 24/07/2008          |
| KR 10-2016-0012085 A                      | 02/02/2016          | TW 201620248 A          | 01/06/2016          |
|                                           |                     | US 2016-0028362 A1      | 28/01/2016          |
|                                           |                     | US 9312832 B2           | 12/04/2016          |

**A. 발명이 속하는 기술분류(국제특허분류(IPC))**

H01J 37/32(2006.01)i, H03H 7/38(2006.01)i, H05H 1/46(2006.01)i

**B. 조사된 분야**

조사된 최소문헌(국제특허분류를 기재)

H01J 37/32; H05H 1/46; H05H 1/30; H05H 1/24; H01J 7/24; H01L 21/00; H03H 7/38

조사된 기술분야에 속하는 최소문헌 이외의 문헌

한국등록실용신안공보 및 한국공개실용신안공보: 조사된 최소문헌란에 기재된 IPC

일본등록실용신안공보 및 일본공개실용신안공보: 조사된 최소문헌란에 기재된 IPC

국제조사에 이용된 전산 데이터베이스(데이터베이스의 명칭 및 검색어(해당하는 경우))

eKOMPASS(특허청 내부 검색시스템) & 키워드: 플라즈마, 고주파, 인피던스, 센서, 부하

**C. 관련 문헌**

| 카테고리* | 인용문헌명 및 관련 구절(해당하는 경우)의 기재                                                                 | 관련 청구항 |
|-------|--------------------------------------------------------------------------------------------|--------|
| Y     | KR 10-2016-0044428 A (주식회사 영신알에프) 2016.04.25<br>단락 [0091]-[0103]; 청구항 1, 8; 및 도면 9a-10 참조. | 1-8    |
| Y     | KR 10-2002-0047229 A (동경 엘렉트론 주식회사 등) 2002.06.21<br>페이지 4-6; 청구항 1, 11; 및 도면 2 참조.         | 1-8    |
| A     | US 2004-0007984 A1 (DAVID J. COUMOU 등) 2004.01.15<br>단락 [0016]-[0025]; 및 도면 1-3 참조.        | 1-8    |
| A     | KR 10-0907438 B1 ((주)제이하라) 2009.07.14<br>단락 [0138]-[0144]; 및 도면 3-6 참조.                    | 1-8    |
| A     | KR 10-2016-0012085 A (램 리써치 코포레이션) 2016.02.02<br>단락 [0035]-[0045]; 및 도면 4-7 참조.            | 1-8    |

☐ 추가 문헌이 C(계속)에 기재되어 있습니다.

☒ 대응특허에 관한 별지를 참조하십시오.

\* 인용된 문헌의 특별 카테고리:

“A” 특별히 관련이 없는 것으로 보이는 일반적인 기술수준을 정의한 문헌

“T” 국제출원일 또는 우선일 후에 공개된 문헌으로, 출원과 상충하지 않으며 발명의 기초가 되는 원리나 이론을 이해하기 위해 인용된 문헌

“E” 국제출원일보다 빠른 출원일 또는 우선일을 가지나 국제출원일 이후에 공개된 선출원 또는 특허 문헌

“X” 특별한 관련이 있는 문헌. 해당 문헌 하나만으로 청구된 발명의 신규성 또는 진보성이 없는 것으로 본다.

“L” 우선권 주장에 의문을 제기하는 문헌 또는 다른 인용문헌의 공개일 또는 다른 특별한 이유(이유를 명시)를 밝히기 위하여 인용된 문헌

“Y” 특별한 관련이 있는 문헌. 해당 문헌이 하나 이상의 다른 문헌과 조합하는 경우로 그 조합이 당업자에게 자명한 경우 청구된 발명은 진보성이 없는 것으로 본다.

“O” 구두 개시, 사용, 전시 또는 기타 수단을 언급하고 있는 문헌

“&” 동일한 대응특허문헌에 속하는 문헌

“P” 우선일 이후에 공개되었으나 국제출원일 이전에 공개된 문헌

국제조사의 실제 완료일

2017년 09월 29일 (29.09.2017)

국제조사보고서 발송일

2017년 09월 29일 (29.09.2017)

ISA/KR의 명칭 및 우편주소



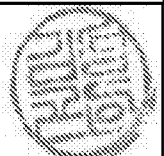
대한민국 특허청  
(35208) 대전광역시 서구 청사로 189,  
4동 (둔산동, 정부대전청사)

팩스 번호 +82-42-481-8578

심사관

김성곤

전화번호 +82-42-481-8746



| 국제조사보고서에서<br>인용된 특허문헌 | 공개일        | 대응특허문헌               | 공개일        |
|-----------------------|------------|----------------------|------------|
| KR 10-2016-0044428 A  | 2016/04/25 | CN 106851956 A       | 2017/06/13 |
| KR 10-2002-0047229 A  | 2002/06/21 | EP 1225794 A1        | 2002/07/24 |
|                       |            | EP 1225794 B1        | 2008/08/20 |
|                       |            | JP 04286404 B2       | 2009/07/01 |
|                       |            | JP 2001-118700 A     | 2001/04/27 |
|                       |            | TW 494490 A          | 2002/07/11 |
|                       |            | US 2002-0134508 A1   | 2002/09/26 |
|                       |            | US 7112926 B2        | 2006/09/26 |
|                       |            | WO 01-28300 A1       | 2001/04/19 |
| US 2004-0007984 A1    | 2004/01/15 | AU 2003-224937 A1    | 2004/02/02 |
|                       |            | CN 100339943 C       | 2007/09/26 |
|                       |            | CN 1647237 A         | 2005/07/27 |
|                       |            | EP 1520288 A2        | 2005/04/06 |
|                       |            | JP 05631628 B2       | 2014/11/26 |
|                       |            | JP 2005-532668 A     | 2005/10/27 |
|                       |            | JP 2010-212252 A     | 2010/09/24 |
|                       |            | KR 10-0738990 B1     | 2007/07/13 |
|                       |            | KR 10-2005-0039751 A | 2005/04/29 |
|                       |            | US 6707255 B2        | 2004/03/16 |
|                       |            | WO 2004-008502 A2    | 2004/01/22 |
| KR 10-0907438 B1      | 2009/07/14 | TW 200830941 A       | 2008/07/16 |
|                       |            | TW 200845829 A       | 2008/11/16 |
|                       |            | US 2008-0168945 A1   | 2008/07/17 |
|                       |            | US 2011-0005683 A1   | 2011/01/13 |
|                       |            | US 2011-0284164 A1   | 2011/11/24 |
|                       |            | WO 2008-088110 A1    | 2008/07/24 |
| KR 10-2016-0012085 A  | 2016/02/02 | TW 201620248 A       | 2016/06/01 |
|                       |            | US 2016-0028362 A1   | 2016/01/28 |
|                       |            | US 9312832 B2        | 2016/04/12 |