



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2019년09월26일
 (11) 등록번호 10-2025950
 (24) 등록일자 2019년09월20일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
 H03H 7/40 (2006.01) H01L 21/3065 (2006.01)
 H05H 1/46 (2006.01)
 (21) 출원번호 10-2013-0019481
 (22) 출원일자 2013년02월22일
 심사청구일자 2018년02월20일
 (65) 공개번호 10-2013-0096678
 (43) 공개일자 2013년08월30일
 (30) 우선권주장
 13/531,491 2012년06월22일 미국(US)
 (뒷면에 계속)
 (56) 선행기술조사문헌
 JP2009246091 A
 JP2011172410 A
 US20090294061 A1

(73) 특허권자
램 리써치 코퍼레이션
 미국 94538 캘리포니아주 프레몬트 쿠싱 파크웨이 4650
 (72) 발명자
발코어 주니어 존 씨
 미국 캘리포니아주 버클리
린다커 브래드포드 체이
 미국 캘리포니아주 샌 라몬
 (74) 대리인
특허법인인벤싱크

전체 청구항 수 : 총 30 항

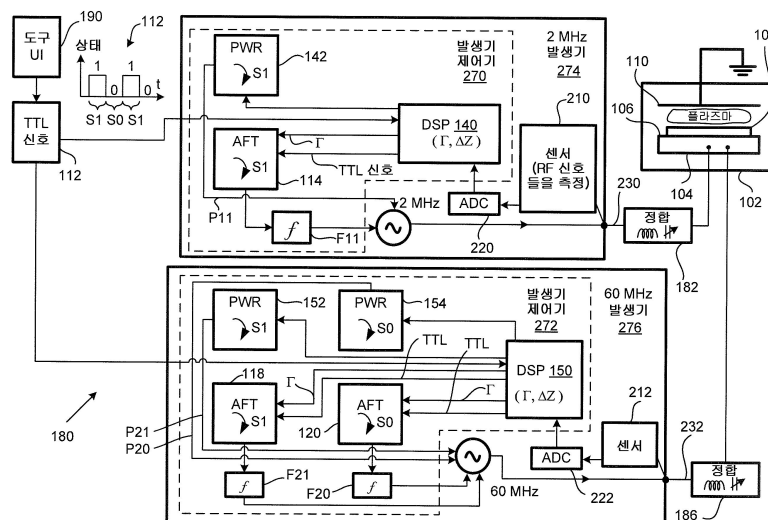
심사관 : 최규돈

(54) 발명의 명칭 **전력 및 주파수의 상태 기반 조절**

(57) 요약

전력 및 주파수의 상태 기반 조절을 위한 시스템들 및 방법들이 설명된다. 시스템의 일차 발생기는 일차 무선 주파수 (RF) 신호를 전극에 공급하는 일차 전원 공급부를 구비한다. 일차 발생기는 펄스형 신호가 제 1 상태에 있는 경우에 일차 전원 공급부에 제 1 주파수 입력을 제공하는 자동 주파수 제어기 (AFC) 를 더 구비한다. 시스템의 이차 발생기는 전극에 이차 RF 신호를 공급하는 이차 전원 공급부를 구비한다. 이차 발생기는 또한 펄스형 신호가 제 1 상태에 있는 경우에 이차 전원 공급부에 제 2 주파수 입력을 제공하는 AFC 를 구비한다. 이차 발생기는 펄스형 신호가 제 2 상태에 있는 경우에 이차 전원 공급부에 제 3 주파수 입력을 제공하는 AFC 를 구비한다. 시스템은 펄스형 신호를 발생하는 디지털 펄싱 소스를 구비한다.

대표도



(30) 우선권주장

13/620,386 2012년09월14일 미국(US)

61/602,040 2012년02월22일 미국(US)

명세서

청구범위

청구항 1

전극에 커플링된 일차 발생기로서, 상기 일차 발생기는 상기 전극에 일차 무선 주파수 (RF) 신호를 공급하는 일차 전원 공급부를 구비하며, 상기 일차 발생기는 펄스형 신호가 제 1 상태에 있는 경우에 상기 일차 전원 공급부에 제 1 주파수 입력을 제공하는 자동 주파수 제어기 (AFC) 를 더 구비하는, 상기 일차 발생기;

상기 전극에 커플링된 이차 발생기로서, 상기 이차 발생기는 상기 전극에 이차 RF 신호를 공급하는 이차 전원 공급부를 구비하며, 상기 이차 발생기는 상기 펄스형 신호가 상기 제 1 상태에 있는 경우에 상기 이차 전원 공급부에 제 2 주파수 입력을 제공하는 AFC 를 구비하며, 상기 이차 발생기는 상기 펄스형 신호가 제 2 상태에 있는 경우에 상기 이차 전원 공급부에 제 3 주파수 입력을 제공하는 AFC 를 구비하는, 상기 이차 발생기; 및

상기 펄스형 신호를 발생하는 디지털 펄싱 소스를 포함하는, 시스템.

청구항 2

제 1 항에 있어서,

상기 이차 발생기는 디지털 신호 프로세서로부터 수신되는 상기 제 2 주파수 입력을 상기 이차 전원 공급부로 또는 상기 디지털 신호 프로세서로부터 수신되는 상기 제 3 주파수 입력을 상기 이차 전원 공급부로 전송하는 선택기를 구비하는, 시스템.

청구항 3

기판을 지지하기 위한 표면을 갖는 하부 전극 및 상기 하부 전극 위에 배치된 상부 전극을 구비하며, 상기 상부 전극은 전기적으로 접지된, 플라즈마 챔버;

상기 하부 전극에 커플링된 일차 발생기로서, 상기 일차 발생기는 상기 하부 전극에 일차 무선 주파수 (RF) 신호를 공급하는 일차 전원 공급부를 구비하는, 상기 일차 발생기;

상기 하부 전극에 커플링된 이차 발생기로서, 상기 이차 발생기는 상기 하부 전극에 이차 RF 신호를 공급하는 이차 전원 공급부를 구비하는, 상기 이차 발생기; 및

펄스형 신호를 발생하는 디지털 펄싱 소스로서, 상기 디지털 펄싱 소스는 상기 일차 발생기 및 상기 이차 발생기에 커플링되며, 상기 펄스형 신호는 2 개의 상태들 간에 전이되는, 상기 디지털 펄싱 소스를 포함하며,

상기 일차 발생기는 상기 펄스형 신호가 상기 2 개의 상태 중 제 1 상태에 있는 경우에 상기 일차 전원 공급부에 제 1 주파수 입력을 제공하는 제 1 자동 주파수 제어기 (AFC) 를 구비하며;

상기 이차 발생기는 상기 펄스형 신호가 상기 제 1 상태에 있는 경우에 상기 이차 전원 공급부에 제 2 주파수 입력을 제공하는 제 2 AFC 를 구비하며;

상기 이차 발생기는 상기 펄스형 신호가 상기 2 개의 상태 중 제 2 상태에 있는 경우에 상기 이차 전원 공급부에 제 3 주파수 입력을 제공하는 제 3 AFC 를 구비하는, 시스템.

청구항 4

제 3 항에 있어서,

상기 디지털 펄싱 소스 및 상기 제 2 및 제 3 AFC들 사이에 커플링되어, 상기 제 2 주파수 입력 또는 상기 제 3 주파수 입력을 상기 이차 전원 공급부에 제공하기 위해 상기 제 2 AFC 및 상기 제 3 AFC 간을 선택하는 선택기를 더 포함하며, 상기 선택기는 상기 펄스형 신호가 상기 제 1 상태에 있는지 아니면 상기 제 2 상태에 있는지에 기초하여 상기 제 2 AFC 및 상기 제 3 AFC 간을 선택하도록 구성된, 시스템.

청구항 5

제 3 항에 있어서,

상기 2 개의 상태들 중 하나는 온 상태이고 상기 2 개의 상태들 중 다른 하나는 오프 상태인, 시스템.

청구항 6

제 3 항에 있어서,

상기 일차 RF 신호는 상기 이차 RF 신호보다 낮은 주파수를 가지는, 시스템.

청구항 7

제 3 항에 있어서,

상기 일차 RF 신호는 상기 펄스형 신호가 상기 제 1 상태에 있는 경우에 제 1 전력 레벨에 있고 상기 펄스형 신호가 상기 제 2 상태에 있는 경우에 제 2 전력 레벨에 있으며, 상기 제 1 전력 레벨은 상기 제 2 전력 레벨보다 크며,

상기 이차 RF 신호는 상기 펄스형 신호가 상기 제 1 상태에 있는 경우에 제 3 전력 레벨에 그리고 상기 펄스형 신호가 상기 제 2 상태에 있는 경우에 제 4 전력 레벨에 있으며, 상기 제 3 전력 레벨은 상기 제 4 전력 레벨보다 낮은, 시스템.

청구항 8

제 7 항에 있어서,

상기 제 3 전력 레벨은 0 또는 양의 전력 값인, 시스템.

청구항 9

제 3 항에 있어서,

상기 일차 RF 신호는 상기 펄스형 신호가 상기 제 1 상태에 있는 경우에 제 1 전력 레벨에 있고 상기 펄스형 신호가 상기 제 2 상태에 있는 경우에 제 2 전력 레벨에 있으며, 상기 제 1 전력 레벨은 상기 제 2 전력 레벨보다 크며,

상기 이차 RF 신호는 상기 펄스형 신호가 상기 제 1 상태에 있는 경우에 제 3 전력 레벨에 그리고 상기 펄스형 신호가 상기 제 2 상태에 있는 경우에 제 4 전력 레벨에 있으며, 상기 제 3 전력 레벨은 상기 제 4 전력 레벨과 동일한, 시스템.

청구항 10

제 9 항에 있어서,

상기 제 3 전력 레벨은 양의 전력 값인, 시스템.

청구항 11

제 3 항에 있어서,

상기 일차 RF 신호는 상기 펄스형 신호가 상기 제 1 상태에 있는 경우에 제 1 전력 레벨에 있고 상기 펄스형 신호가 상기 제 2 상태에 있는 경우에 제 2 전력 레벨에 있으며, 상기 제 1 전력 레벨은 상기 제 2 전력 레벨보다 크며,

상기 이차 RF 신호는 상기 펄스형 신호가 상기 제 1 상태에 있는 경우에 제 3 전력 레벨에 그리고 상기 펄스형 신호가 상기 제 2 상태에 있는 경우에 제 4 전력 레벨에 있으며, 상기 제 3 전력 레벨은 상기 제 4 전력 레벨보다 큰, 시스템.

청구항 12

제 11 항에 있어서,

상기 제 3 전력 레벨은 0 또는 양의 전력 값인, 시스템.

청구항 13

제 3 항에 있어서,
 상기 디지털 펄싱 소스는 클록 발진기 또는 트랜지스터-트랜지스터 로직 (TTL) 을 구비하는, 시스템.

청구항 14

제 3 항에 있어서,
 상기 제 1 주파수 입력은 상기 제 2 주파수 입력 및 상기 제 3 주파수 입력과 상이한, 시스템.

청구항 15

제 4 항에 있어서,
 상기 선택기는 멀티플렉서를 구비하는, 시스템.

청구항 16

펄스형 신호를 발생하는 디지털 펄싱 소스;
 일차 발생기; 및
 이차 발생기를 포함하며,
 상기 일차 발생기는,

전극에 커플링되어 상기 전극에 일차 무선 주파수 (RF) 신호를 공급하는 일차 전원 공급부;

상기 디지털 펄싱 소스에 커플링되어 상기 펄스형 신호를 수신하는 일차 프로세서로서, 상기 일차 프로세서는 상기 펄스형 신호의 2 개의 상태들 중 제 1 상태 및 상기 2 개의 상태들 중 제 2 상태를 식별하는, 상기 일차 프로세서;

상기 일차 프로세서에 커플링되어 상기 펄스형 신호가 상기 제 1 상태에 있는지 또는 상기 제 2 상태에 있는지에 기초하여 상기 일차 전원 공급부에 일차 전력 값을 제공할 지의 여부를 결정하는 전력 제어기; 및

상기 일차 프로세서에 커플링되어 상기 일차 프로세서로부터 상태 식별 (identification) 을 수신하는 자동 주파수 제어기 (AFC) 로서, 상기 AFC 는 상기 펄스형 신호가 상기 제 1 상태에 있는 경우에 상기 일차 RF 신호의 주파수를 제공하도록 구성된, 상기 자동 주파수 제어기 (AFC) 를 구비하고,

상기 이차 발생기는,

상기 전극에 커플링되어 상기 전극에 이차 RF 신호를 공급하는 이차 전원 공급부;

상기 디지털 펄싱 소스에 커플링되어 상기 펄스형 신호가 상기 제 1 상태에 있는지 또는 상기 제 2 상태에 있는지를 식별하기 위해 상기 펄스형 신호를 수신하는 이차 프로세서;

상기 이차 프로세서에 커플링되어 상기 펄스형 신호가 상기 제 1 상태에 있는 경우에 상기 이차 전원 공급부에 제 1 이차 전력 값을 제공하는 제 1 전력 제어기;

상기 이차 프로세서에 커플링되어 상기 펄스형 신호가 상기 제 2 상태에 있는 경우에 상기 이차 전원 공급부에 제 2 이차 전력 값을 제공하는 제 2 전력 제어기;

상기 이차 프로세서에 커플링되어 상기 이차 프로세서로부터 상태 식별을 수신하는 제 1 AFC 로서, 상기 제 1 AFC 는 상기 펄스형 신호가 상기 제 1 상태에 있는 경우에 상기 이차 RF 신호의 제 1 주파수 입력을 제공하도록 구성된, 상기 제 1 AFC; 및

상기 이차 프로세서에 커플링되어 상기 이차 프로세서로부터 상태 식별을 수신하는 제 2 AFC 로서, 상기 제 2 AFC 는 상기 펄스형 신호가 상기 제 2 상태에 있는 경우에 상기 이차 RF 신호의 제 2 주파수 입력을 제공하도록 구성된, 상기 제 2 AFC 를 구비하는, 시스템.

청구항 17

제 16 항에 있어서,

상기 이차 발생기는 상기 이차 프로세서로부터 수신되는 상기 제 1 주파수 입력을 상기 이차 전원 공급부에 또는 상기 이차 프로세서로부터 수신되는 상기 제 2 주파수 입력을 상기 이차 전원 공급부에 전송하는 선택기를 구비하는, 시스템.

청구항 18

기판을 지지하기 위한 표면을 갖는 하부 전극 및 상기 하부 전극 위에 배치된 상부 전극을 구비하며, 상기 상부 전극은 전기적으로 접지된, 플라즈마 챔버;

펄스형 신호를 발생하는 디지털 펄싱 소스로서, 상기 펄스형 신호는 2 개의 상태들 간을 전이하는, 상기 디지털 펄싱 소스;

일차 발생기; 및

이차 발생기를 포함하며,

상기 일차 발생기는,

상기 하부 전극에 커플링되어 상기 하부 전극에 일차 무선 주파수 (RF) 신호를 공급하는 일차 전원 공급부;

상기 디지털 펄싱 소스에 커플링되어 상기 펄스형 신호를 수신하는 일차 프로세서로서, 상기 일차 프로세서는 상기 펄스형 신호의 상기 2 개의 상태들 중 제 1 상태 및 상기 2 개의 상태들 중 제 2 상태를 식별하는, 상기 일차 프로세서;

상기 일차 프로세서에 커플링되어 상기 펄스형 신호가 상기 제 1 상태에 있는지 또는 상기 제 2 상태에 있는지에 기초하여 상기 일차 전원 공급부에 일차 전력 값을 제공할 지의 여부를 결정하는 전력 제어기; 및

상기 일차 프로세서에 커플링되어 상기 일차 프로세서로부터 상태 식별을 수신하는 자동 주파수 제어기 (AFC) 로서, 상기 AFC 는 상기 펄스형 신호가 상기 제 1 상태에 있는 경우에 상기 일차 RF 신호의 주파수를 제 공하도록 구성된, 상기 AFC 를 구비하고,

상기 이차 발생기는,

상기 하부 전극에 커플링되어 상기 하부 전극에 이차 RF 신호를 공급하는 이차 전원 공급부;

상기 디지털 펄싱 소스에 커플링되어 상기 펄스형 신호가 상기 제 1 상태에 있는지 또는 상기 제 2 상태에 있는지를 식별하기 위해 상기 펄스형 신호를 수신하는 이차 프로세서;

상기 이차 프로세서에 커플링되어 상기 펄스형 신호가 상기 제 1 상태에 있는 경우에 상기 이차 전원 공급부에 제 1 이차 전력 값을 제공하는 제 1 전력 제어기;

상기 이차 프로세서에 커플링되어 상기 펄스형 신호가 상기 제 2 상태에 있는 경우에 상기 이차 전원 공급부에 제 2 이차 전력 값을 제공하는 제 2 전력 제어기;

상기 이차 프로세서에 커플링되어 상기 이차 프로세서로부터 상태 식별을 수신하는 제 1 AFC 로서, 상기 제 1 AFC 는 상기 펄스형 신호가 상기 제 1 상태에 있는 경우에 상기 이차 RF 신호의 주파수를 제 공하도록 구성된, 상기 제 1 AFC; 및

상기 이차 프로세서에 커플링되어 상기 이차 프로세서로부터 상태 식별을 수신하는 제 2 AFC 로서, 상기 제 2 AFC 는 상기 펄스형 신호가 상기 제 2 상태에 있는 경우에 상기 이차 RF 신호의 주파수를 제 공하도록 구성된, 상기 제 2 AFC 를 구비하는, 시스템.

청구항 19

제 18 항에 있어서,

상기 2 개의 상태들 중 하나는 온 상태이고 상기 2 개의 상태들 중 다른 하나는 오프 상태인, 시스템.

청구항 20

제 18 항에 있어서,

상기 일차 RF 신호는 상기 펄스형 신호가 상기 제 1 상태에 있는 경우에 제 1 전력 레벨에 있고 상기 펄스형 신호가 상기 제 2 상태에 있는 경우에 제 2 전력 레벨에 있으며, 상기 제 1 전력 레벨은 상기 제 2 전력 레벨보다 크며,

상기 제 1 이차 전력 값은 상기 제 2 이차 전력 값보다 낮은, 시스템.

청구항 21

제 18 항에 있어서,

상기 일차 RF 신호는 상기 펄스형 신호가 상기 제 1 상태에 있는 경우에 제 1 전력 레벨에 있고 상기 펄스형 신호가 상기 제 2 상태에 있는 경우에 제 2 전력 레벨에 있으며, 상기 제 1 전력 레벨은 상기 제 2 전력 레벨보다 크며,

상기 제 1 이차 전력 값은 상기 제 2 이차 전력과 동일한, 시스템.

청구항 22

제 18 항에 있어서,

상기 일차 RF 신호는 상기 펄스형 신호가 상기 제 1 상태에 있는 경우에 제 1 전력 레벨에 있고 상기 펄스형 신호가 상기 제 2 상태에 있는 경우에 제 2 전력 레벨에 있으며, 상기 제 1 전력 레벨은 상기 제 2 전력 레벨보다 크며,

상기 제 1 이차 전력 값은 상기 제 2 이차 전력 값보다 큰, 시스템.

청구항 23

제 18 항에 있어서,

상기 일차 전력 값은 상기 펄스형 신호가 상기 제 1 상태에 있는 경우에 양의 전력 값인, 시스템.

청구항 24

제 18 항에 있어서,

상기 제 1 이차 전력 값은 상기 제 2 이차 전력 값보다 낮거나, 상기 제 2 이차 전력 값과 동일하거나, 또는 상기 제 2 이차 전력 값보다 큰, 시스템.

청구항 25

펄스형 신호를 발생하는 디지털 펄싱 소스;

일차 발생기; 및

이차 발생기를 포함하며,

상기 일차 발생기는,

전극에 커플링되어 상기 전극에 일차 무선 주파수 (RF) 신호를 공급하는 일차 전원 공급부;

상기 디지털 펄싱 소스에 커플링되어 상기 펄스형 신호를 수신하는 일차 프로세서로서, 상기 일차 프로세서는 상기 펄스형 신호의 2 개의 상태들 중 제 1 상태 및 상기 2 개의 상태들 중 제 2 상태를 식별하는, 상기 일차 프로세서;

상기 일차 프로세서에 커플링되어 상기 펄스형 신호가 상기 제 1 상태에 있는 경우에 상기 일차 전원 공급부에 제 1 일차 전력 값을 제공하는 제 1 일차 전력 제어기;

상기 일차 프로세서에 커플링되어 상기 펄스형 신호가 상기 제 2 상태에 있는 경우에 상기 일차 전원 공급부에 제 2 일차 전력 값을 제공하는 제 2 일차 전력 제어기;

상기 일차 프로세서에 커플링되어 상기 일차 프로세서로부터 상태 식별을 수신하는 제 1 일차 자동 주

과수 제어기 (AFC) 로서, 상기 제 1 일차 AFC 는 상기 펄스형 신호가 상기 제 1 상태에 있는 경우에 상기 일차 RF 신호의 제 1 일차 주파수 입력을 제공하도록 구성된, 상기 제 1 일차 AFC; 및

상기 일차 프로세서에 커플링되어 상기 일차 프로세서로부터 상태 식별을 수신하는 제 2 일차 AFC 로서, 상기 제 2 일차 AFC 는 상기 펄스형 신호가 상기 제 2 상태에 있는 경우에 상기 일차 RF 신호의 제 2 일차 주파수 입력을 제공하도록 구성된, 상기 제 2 일차 AFC 를 구비하고,

상기 이차 발생기는,

상기 전극에 커플링되어 상기 전극에 이차 RF 신호를 공급하는 이차 전원 공급부;

상기 디지털 펄싱 소스에 커플링되어 상기 펄스형 신호가 상기 제 1 상태에 있는지 또는 상기 제 2 상태에 있는지를 식별하기 위해 상기 펄스형 신호를 수신하는 이차 프로세서;

상기 이차 프로세서에 커플링되어 상기 펄스형 신호가 상기 제 1 상태에 있는 경우에 상기 이차 전원 공급부에 제 1 이차 전력 값을 제공하는 제 1 이차 전력 제어기;

상기 이차 프로세서에 커플링되어 상기 펄스형 신호가 상기 제 2 상태에 있는 경우에 상기 이차 전원 공급부에 제 2 이차 전력 값을 제공하는 제 2 이차 전력 제어기;

상기 이차 프로세서에 커플링되어 상기 이차 프로세서로부터 상태 식별을 수신하는 제 1 이차 AFC 로서, 상기 제 1 이차 AFC 는 상기 펄스형 신호가 상기 제 1 상태에 있는 경우에 상기 이차 RF 신호의 제 1 이차 주파수 입력을 제공하도록 구성된, 상기 제 1 이차 AFC; 및

상기 이차 프로세서에 커플링되어 상기 이차 프로세서로부터 상태 식별을 수신하는 제 2 이차 AFC 로서, 상기 제 2 이차 AFC 는 상기 펄스형 신호가 상기 제 2 상태에 있는 경우에 상기 이차 RF 신호의 제 2 이차 주파수 입력을 제공하도록 구성된, 상기 제 2 이차 AFC 를 구비하는, 시스템.

청구항 26

제 25 항에 있어서,

상기 일차 발생기는 선택기를 구비하며, 상기 선택기는 상기 일차 프로세서로부터 수신되는 상기 제 1 일차 주파수 입력을 상기 일차 전원 공급부에 또는 상기 일차 프로세서로부터 수신되는 상기 제 2 일차 주파수 입력을 상기 일차 전원 공급부에 전송하도록 구성되며,

상기 이차 발생기는 선택기를 구비하며, 상기 선택기는 상기 이차 프로세서로부터 수신되는 상기 제 1 이차 주파수 입력을 상기 이차 전원 공급부에 또는 상기 이차 프로세서로부터 수신되는 상기 제 2 이차 주파수 입력을 상기 이차 전원 공급부에 전송하도록 구성되는, 시스템.

청구항 27

기관을 지지하기 위한 표면을 갖는 하부 전극 및 상기 하부 전극 위에 배치된 상부 전극을 구비하며, 상기 상부 전극은 전기적으로 접지된, 플라즈마 챔버;

펄스형 신호를 발생하는 디지털 펄싱 소스로서, 상기 펄스형 신호는 2 개의 상태들 간을 전이하는, 상기 디지털 펄싱 소스;

일차 발생기; 및

이차 발생기를 포함하며,

상기 일차 발생기는,

상기 하부 전극에 커플링되어 상기 하부 전극에 일차 무선 주파수 (RF) 신호를 공급하는 일차 전원 공급부;

상기 디지털 펄싱 소스에 커플링되어 상기 펄스형 신호를 수신하는 일차 프로세서로서, 상기 일차 프로세서는 상기 펄스형 신호의 상기 2 개의 상태들 중 제 1 상태 및 상기 2 개의 상태들 중 제 2 상태를 식별하는, 상기 일차 프로세서;

상기 일차 프로세서에 커플링되어 상기 펄스형 신호가 상기 제 1 상태에 있는 경우에 상기 일차 전원

공급부에 제 1 일차 전력 값을 제공하는 제 1 일차 전력 제어기;

상기 일차 프로세서에 커플링되어 상기 펄스형 신호가 상기 제 2 상태에 있는 경우에 상기 일차 전원 공급부에 제 2 일차 전력 값을 제공하는 제 2 일차 전력 제어기;

상기 일차 프로세서에 커플링되어 상기 일차 프로세서로부터 상태 식별을 수신하는 제 1 일차 자동 주파수 제어기 (AFC) 로서, 상기 제 1 일차 AFC 는 상기 펄스형 신호가 상기 제 1 상태에 있는 경우에 상기 일차 RF 신호의 주파수를 제공하도록 구성된, 상기 제 1 일차 AFC; 및

상기 일차 프로세서에 커플링되어 상기 일차 프로세서로부터 상태 식별을 수신하는 제 2 일차 AFC 로서, 상기 제 2 일차 AFC 는 상기 펄스형 신호가 상기 제 2 상태에 있는 경우에 상기 일차 RF 신호의 주파수를 제공하도록 구성된, 상기 제 2 일차 AFC 를 구비하고,

상기 이차 발생기는,

상기 하부 전극에 커플링되어 상기 하부 전극에 이차 RF 신호를 공급하는 이차 전원 공급부;

상기 디지털 펄싱 소스에 커플링되어 상기 펄스형 신호가 상기 제 1 상태에 있는지 또는 상기 제 2 상태에 있는지를 식별하기 위해 상기 펄스형 신호를 수신하는 이차 프로세서;

상기 이차 프로세서에 커플링되어 상기 펄스형 신호가 상기 제 1 상태에 있는 경우에 상기 이차 전원 공급부에 제 1 이차 전력 값을 제공하는 제 1 이차 전력 제어기;

상기 이차 프로세서에 커플링되어 상기 펄스형 신호가 상기 제 2 상태에 있는 경우에 상기 이차 전원 공급부에 제 2 이차 전력 값을 제공하는 제 2 이차 전력 제어기;

상기 이차 프로세서에 커플링되어 상기 이차 프로세서로부터 상태 식별을 수신하는 제 1 이차 AFC 로서, 상기 제 1 이차 AFC 는 상기 펄스형 신호가 상기 제 1 상태에 있는 경우에 상기 이차 RF 신호의 주파수를 제공하도록 구성된, 상기 제 1 이차 AFC; 및

상기 이차 프로세서에 커플링되어 상기 이차 프로세서로부터 상태 식별을 수신하는 제 2 이차 AFC 로서, 상기 제 2 이차 AFC 는 상기 펄스형 신호가 상기 제 2 상태에 있는 경우에 상기 이차 RF 신호의 주파수를 제공하도록 구성된, 상기 제 2 이차 AFC 를 구비하는, 시스템.

청구항 28

제 27 항에 있어서,

상기 제 1 일차 전력 값은 상기 제 2 일차 전력 값과 동일하거나, 상기 제 2 일차 전력 값보다 크거나, 또는 상기 제 2 일차 전력 값보다 낮은, 시스템.

청구항 29

디지털 펄싱 신호를 수신하는 단계로서, 상기 디지털 펄싱 신호는 2 개의 상태들을 갖는, 상기 수신하는 단계;

상기 디지털 펄싱 신호가 상기 2 개의 상태들 중 제 1 상태에 있는 경우에 일차 RF 전원 공급부에 제 1 주파수 입력을 인가하는 것에서부터 상기 디지털 펄싱 신호가 상기 2 개의 상태들 중 제 2 상태에 있는 경우에 상기 일차 RF 전원 공급부에 제 2 주파수 입력을 인가하는 것으로 스위칭하는 단계; 및

상기 디지털 펄싱 신호가 상기 제 1 상태에 있는 경우에 이차 RF 전원 공급부에 인가할 제 3 주파수 입력을 결정하는 단계를 포함하는, 방법.

청구항 30

제 29 항에 있어서,

상기 방법은 집적회로들을 제조하기 위해 반도체 웨이퍼들을 처리하는데 사용되는, 방법.

발명의 설명

기술 분야

본 실시형태들은 플라즈마 임피던스에서의 변화에 대한 응답 시간을 개선하는 것에 관한 것이고, 더

[0001]

상세하게는, 전력 및 주파수의 상태 기반 조절을 위한 장치, 방법들, 및 컴퓨터 프로그램들에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 일부 플라즈마 프로세싱 시스템들에서, 다수의 무선 주파수 (RF) 신호들은 플라즈마 챔버 내의 하나 이상의 전극들에 제공된다. RF 신호들은 플라즈마 챔버 내에서 플라즈마를 발생하는 것을 돕는다. 플라즈마는 다양한 동작들, 예컨대, 하부 전극 상에 배치된 기판을 세정하는, 기판을 식각하는 등을 위해 이용된다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0003] RF 신호를 발생하는 RF 공급부 및 플라즈마 챔버 사이에는, 임피던스 정합 회로가 보통 배치된다. 임피던스 정합 회로는 부하, 예컨대, 플라즈마 챔버 내의 플라즈마의 임피던스를, 소스, 예컨대, RF 전원 공급부의 임피던스와 정합시킨다. 그러나, 특정 상황들에서, 임피던스 정합은 플라즈마 임피던스에서의 변화를 반영할 만큼 빠르지 않다.

[0004] 이 상황에서 본 개시물에서 설명되는 실시형태들이 생겨난다.

과제의 해결 수단

[0005] 이 개시물의 실시형태들은 전력 및 주파수의 상태 기반 조절을 위한 장치, 방법들 및 컴퓨터 프로그램들을 제공한다. 본 실시형태들은 수많은 방법들, 예컨대, 프로세스, 장치, 시스템, 디바이스, 또는 컴퓨터 관독가능 매체 상의 방법으로 구현될 수 있다는 것이 이해되어야 한다. 여러 실시형태들이 아래에서 설명된다.

[0006] 일 실시형태에서, 디지털 펄싱 (pulsing) 신호의 상태에서의 변화로, 다수의 RF 소스들에 의해 발생된 RF 신호들의 전력 및/또는 주파수들은 변경된다. 예를 들어, 디지털 펄싱 신호의 상태가 S1인 경우, 제 1 RF 소스는 제 1 전력 값 및 제 1 주파수를 갖는 전력 신호를 발생하고 제 2 RF 소스는 제 2 전력 값 및 제 2 주파수를 갖는 전력 신호를 발생한다. 상태 S1의 수신은 제 1 전력 값으로 그리고 제 1 주파수로 전력 신호의 발생을 그리고 제 2 전력 값으로 그리고 제 2 주파수로 전력 신호의 발생을 트리거링한다. 이 예에서, 디지털 펄싱 신호의 상태가 S0인 경우, 제 1 RF 소스는 제 3 전력 값과 제 1 주파수와 동일할 수도 있거나 또는 동일하지 않을 수도 있는 제 3 주파수를 갖는 전력 신호를 발생한다. 더구나, 이 예에서, 디지털 펄싱 신호의 상태가 S0인 경우, 제 2 RF 소스는 제 4 전력 값과 제 2 주파수와 동일할 수도 있거나 또는 동일하지 않을 수도 있는 제 4 주파수를 갖는 전력 신호를 발생한다. 상태 S0의 수신은 제 3 전력 값으로 그리고 제 3 주파수로 전력 신호의 발생을 그리고 제 4 전력 값으로 그리고 제 4 주파수로 전력 신호의 발생을 트리거링한다. 이 트리거링은 플라즈마 챔버 내의 플라즈마 임피던스에서의 변화에 응답하기 위한 응답 시간이 결과적으로 적어지게 한다. 하나의 실시형태에서, 제 2 및 제 4 전력 값들은 동일하다.

[0007] 일 실시형태에서, 시스템은 전극에 커플링된 일차 (primary) 발생기를 구비한다. 일차 발생기는 전극에 일차 무선 주파수 (RF) 신호를 공급하는 일차 전원 공급부를 구비한다. 일차 발생기는 펄스형 (pulsed) 신호가 제 1 상태에 있는 경우에 일차 전원 공급부에 제 1 주파수 입력을 제공하는 자동 주파수 제어기 (AFC) 를 더 구비한다. 시스템은 또한 전극에 커플링되는 이차 (secondary) 발생기를 구비한다. 이차 발생기는 전극에 이차 RF 신호를 공급하는 이차 전원 공급부를 구비한다. 이차 발생기는 또한 펄스형 신호가 제 1 상태에 있는 경우에 이차 전원 공급부에 제 2 주파수 입력을 제공하는 AFC 를 구비한다. 이차 발생기는 펄스형 신호가 제 2 상태에 있는 경우에 이차 전원 공급부에 제 3 주파수 입력을 제공하는 AFC 를 구비한다. 시스템은 펄스형 신호를 발생하는 디지털 펄싱 소스를 구비한다.

[0008] 하나의 실시형태에서, 시스템은 기판을 지지하기 위한 표면을 갖는 하부 전극을 더 구비하는 플라즈마 챔버를 구비한다. 플라즈마 챔버는 하부 전극 위에 배치된 상부 전극을 구비한다. 상부 전극은 전기적으로 접지된다. 시스템은 하부 전극에 커플링된 일차 발생기를 구비한다. 일차 발생기는 하부 전극에 일차 무선 주파수 (RF) 신호를 공급하는 일차 전원 공급부를 구비한다. 시스템은 또한 하부 전극에 커플링된 이차 발생기를 구비한다. 이차 발생기는 하부 전극에 이차 RF 신호를 공급하는 이차 전원 공급부를 구비한다. 시스템은 펄스형 신호를 발생하는 디지털 펄싱 소스를 구비한다. 디지털 펄싱 소스는 일차 발생기 및 이차 발생기에 커플링된다. 일차 발생기는 펄스형 신호가 제 1 상태에 있는 경우에 일차 전원 공급부에 제 1 주파수 입력을 제공하는 제 1 자동 주파수 제어기 (AFC) 를 구비한다. 이차 발생기는 펄스형 신호가 제 1 상태에 있는 경우에 이차 전원 공급부에 제 2 주파수 입력을 제공하는 제 2 AFC 를 구비한다. 더구나, 이차

발생기는 펄스형 신호가 제 2 상태에 있는 경우에 이차 전원 공급부에 제 3 주파수 입력을 제공하는 제 3 AFC를 구비한다.

[0009] 일 실시형태에서, 시스템은 펄스형 신호를 발생하는 디지털 펄싱 소스를 구비한다. 시스템은 일차 발생기를 더 구비한다. 일차 발생기는, 전극에 커플링되어 전극에 일차 무선 주파수 (RF) 신호를 공급하는 일차 전원 공급부를 구비한다. 일차 발생기는 펄싱 소스에 커플링되어 펄스형 신호를 수신하는 일차 프로세서를 구비한다. 일차 프로세서는 펄스형 신호의 2 개의 상태들 중 제 1 상태 및 2 개의 상태들 중 제 2 상태를 식별하는데 사용된다. 일차 발생기는 또한, 일차 프로세서에 커플링되어 펄스형 신호가 제 1 상태에 있는지 또는 제 2 상태에 있는지에 기초하여 일차 전원 공급부에 일차 전력 값을 제공할지의 여부를 결정하는 전력 제어기를 구비한다. 일차 발생기는, 일차 프로세서에 커플링되어 일차 프로세서로부터 상태 식별 (identification) 을 수신하는 자동 주파수 제어기 (AFC) 를 구비한다. AFC는 펄스형 신호가 제 1 상태에 있는 경우에 일차 RF 신호의 주파수를 제공하도록 구성된다.

[0010] 이 실시형태에서, 시스템은 이차 발생기를 더 구비한다. 이차 발생기는, 전극에 커플링되어 전극에 이차 RF 신호를 공급하는 이차 전원 공급부를 구비한다. 이차 발생기는, 펄싱 소스에 커플링되어 펄스형 신호가 제 1 상태에 있는지 또는 제 2 상태에 있는지를 식별하기 위해 펄스형 신호를 수신하는 이차 프로세서를 구비한다. 이차 발생기는 또한, 이차 프로세서에 커플링되어 펄스형 신호가 제 1 상태에 있는 경우에 이차 전원 공급부에 제 1 이차 전력 값을 제공하는 제 1 전력 제어기를 구비한다. 이차 발생기는, 이차 프로세서에 커플링되어 펄스형 신호가 제 2 상태에 있는 경우에 이차 전원 공급부에 제 2 이차 전력 값을 제공하는 제 2 전력 제어기를 구비한다. 이차 발생기는, 이차 프로세서에 커플링되어 이차 프로세서로부터 상태 식별을 수신하는 제 1 AFC 를 더 구비한다. 제 1 AFC는 펄스형 신호가 제 1 상태에 있는 경우에 이차 RF 신호의 제 1 주파수 입력을 제공하도록 구성된다. 이차 발생기는, 이차 프로세서에 커플링되어 이차 프로세서로부터 상태 식별을 수신하는 제 2 AFC 를 구비한다. 제 2 AFC는 펄스형 신호가 제 2 상태에 있는 경우에 이차 RF 신호의 제 2 주파수 입력을 제공하도록 구성된다.

[0011] 일 실시형태에서, 시스템은 기판을 지지하기 위한 표면을 갖는 하부 전극을 더 구비한 플라즈마 챔버를 구비한다. 플라즈마 챔버는 하부 전극 위에 배치된 상부 전극을 구비한다. 상부 전극은 전기적으로 접지된다. 시스템은 2 개의 상태들 간에 전이하는 펄스형 신호를 발생하는 디지털 펄싱 소스를 구비한다. 시스템은 일차 발생기를 더 구비한다. 일차 발생기는, 하부 전극에 커플링되어 하부 전극에 일차 무선 주파수 (RF) 신호를 공급하는 일차 전원 공급부를 구비한다. 일차 발생기는, 펄싱 소스에 커플링되어 펄스형 신호를 수신하는 일차 프로세서를 더 구비한다. 일차 프로세서는 펄스형 신호의 2 개의 상태들 중 제 1 상태 및 2 개의 상태들 중 제 2 상태를 식별하기 위해 사용된다. 일차 발생기는, 또한 일차 프로세서에 커플링되어 펄스형 신호가 제 1 상태에 있는지 또는 제 2 상태에 있는지에 기초하여 일차 전원 공급부에 일차 전력 값을 제공할지의 여부를 결정하는 전력 제어기를 구비한다. 일차 발생기는 일차 프로세서에 커플링되어 일차 프로세서로부터 상태 식별을 수신하는 자동 주파수 제어기 (AFC) 를 구비한다. AFC는 펄스형 신호가 제 1 상태에 있는 경우에 이차 RF 신호의 주파수를 제공하도록 구성된다.

[0012] 이 실시형태에서, 시스템은 하부 전극에 커플링되어 하부 전극에 이차 RF 신호를 공급하는 이차 전원 공급부를 구비한 이차 발생기를 더 구비한다. 이차 발생기는, 펄싱 소스에 커플링되어 펄스형 신호가 제 1 상태에 있는지 또는 제 2 상태에 있는지를 식별하기 위해 펄스형 신호를 수신하는 이차 프로세서를 구비한다. 이차 발생기는, 이차 프로세서에 커플링되어 펄스형 신호가 제 1 상태에 있는 경우에 이차 전원 공급부에 제 1 이차 전력 값을 제공하는 제 1 전력 제어기를 더 구비한다. 이차 발생기는 또한, 이차 프로세서에 커플링되어 펄스형 신호가 제 2 상태에 있는 경우에 이차 전원 공급부에 제 2 이차 전력 값을 제공하는 제 2 전력 제어기를 구비한다. 이차 발생기는, 이차 프로세서에 커플링되어 이차 프로세서로부터 상태 식별을 수신하는 제 1 AFC 를 구비한다. 제 1 AFC는 펄스형 신호가 제 1 상태에 있는 경우에 이차 RF 신호의 주파수를 제공하도록 구성된다. 이차 발생기는, 이차 프로세서에 커플링되어 이차 프로세서로부터 상태 식별을 수신하는 제 2 AFC 를 구비한다. 제 2 AFC는 펄스형 신호가 제 2 상태에 있는 경우에 이차 RF 신호의 주파수를 제공하도록 구성된다.

[0013] 하나의 실시형태에서, 시스템은 펄스형 신호를 발생하는 디지털 펄싱 소스를 구비한다. 시스템은 일차 발생기를 구비한다. 일차 발생기는 또한, 전극에 커플링되어 전극에 일차 무선 주파수 (RF) 신호를 공급하는 일차 전원 공급부를 구비한다. 일차 발생기는, 펄싱 소스에 커플링되어 펄스형 신호를 수신하는 일차 프로세서를 구비한다. 일차 프로세서는 펄스형 신호의 2 개의 상태들 중 제 1 상태 및 2 개의 상태들 중 제 2 상태를 식별하는데 사용된다. 일차 발생기는, 일차 프로세서에 커플링되어 펄스형 신호가 제 1 상태에 있는

경우에 일차 전원 공급부에 제 1 일차 전력 값을 제공하는 제 1 일차 전력 제어기를 구비한다. 일차 발생기는 또한, 일차 프로세서에 커플링되어 펄스형 신호가 제 2 상태에 있는 경우에 일차 전원 공급부에 제 2 일차 전력 값을 제공하는 제 2 일차 전력 제어기를 구비한다. 일차 발생기는, 일차 프로세서에 커플링되어 일차 프로세서로부터 상태 식별을 수신하는 제 1 일차 자동 주파수 제어기 (AFC) 를 구비한다. 제 1 AFC는 펄스형 신호가 제 1 상태에 있는 경우에 일차 RF 신호에 제 1 일차 주파수 입력을 제공하도록 구성된다. 일차 발생기는, 일차 프로세서에 커플링되어 일차 프로세서로부터 상태 식별을 수신하는 제 2 일차 AFC 를 구비한다. 제 2 일차 AFC는 펄스형 신호가 제 2 상태에 있는 경우에 일차 RF 신호에 제 2 일차 주파수 입력을 제공하도록 구성된다.

[0014] 이 실시형태에서, 시스템은 이차 발생기를 구비한다. 이차 발생기는, 전극에 커플링되어 전극에 이차 RF 신호를 공급하는 이차 전원 공급부를 구비한다. 이차 발생기는, 펄싱 소스에 커플링되어 펄스형 신호가 제 1 상태에 있는지 또는 제 2 상태에 있는지를 식별하기 위해 펄스형 신호를 수신하는 이차 프로세서를 더 구비한다. 이차 발생기는, 이차 프로세서에 커플링되어 펄스형 신호가 제 1 상태에 있는 경우에 이차 전원 공급부에 제 1 이차 전력 값을 제공하는 제 1 이차 전력 제어기를 구비한다. 이차 발생기는, 이차 프로세서에 커플링되어 펄스형 신호가 제 2 상태에 있는 경우에 이차 전원 공급부에 제 2 이차 전력 값을 제공하는 제 2 이차 전력 제어기를 구비한다. 이차 발생기는, 이차 프로세서에 커플링되어 이차 프로세서로부터 상태 식별을 수신하는 제 1 이차 AFC 를 구비한다. 제 1 이차 AFC는 펄스형 신호가 제 1 상태에 있는 경우에 이차 RF 신호에 제 1 이차 주파수 입력을 제공하도록 구성된다. 이차 발생기는 이차 프로세서에 커플링되어 이차 프로세서로부터 상태 식별을 수신하는 제 2 이차 AFC 를 구비한다. 제 2 이차 AFC는 펄스형 신호가 제 2 상태에 있는 경우에 이차 RF 신호에 제 2 이차 주파수 입력을 제공하도록 구성된다.

[0015] 하나의 실시형태에서, 시스템은 기관을 지지하기 위한 표면을 갖는 하부 전극을 구비하는 플라즈마 챔버를 구비한다. 플라즈마 챔버는 하부 전극 위에 배치된 상부 전극을 구비한다. 상부 전극은 전기적으로 접지된다. 시스템은 펄스형 신호를 발생하는 디지털 펄싱 소스를 구비한다. 펄스형 신호는 2 개의 상태들 간을 전이한다. 시스템은 일차 발생기를 구비한다. 일차 발생기, 하부 전극에 커플링되어 하부 전극에 일차 무선 주파수 (RF) 신호를 공급하는 일차 전원 공급부를 구비한다. 일차 발생기는 펄싱 소스에 커플링되어 펄스형 신호를 수신하는 일차 프로세서를 더 구비한다. 일차 프로세서는 펄스형 신호의 2 개의 상태들 중 제 1 상태 및 2 개의 상태들 중 제 2 상태를 식별하기 위해 사용된다. 일차 발생기는, 일차 프로세서에 커플링되어 펄스형 신호가 제 1 상태에 있는 경우에 일차 전원 공급부에 제 1 일차 전력 값을 제공하는 제 1 일차 전력 제어기를 구비한다. 일차 발생기는, 일차 프로세서에 커플링되어 펄스형 신호가 제 2 상태에 있는 경우에 일차 전원 공급부에 제 2 일차 전력 값을 제공하는 제 2 일차 전력 제어기를 더 구비한다. 일차 발생기는 또한, 일차 프로세서에 커플링되어 일차 프로세서로부터 상태 식별을 수신하는 제 1 일차 자동 주파수 제어기 (AFC) 를 구비한다. 제 1 AFC는 펄스형 신호가 제 1 상태에 있는 경우에 일차 RF 신호의 주파수를 제공하도록 구성된다. 일차 발생기는, 일차 프로세서에 커플링되어 일차 프로세서로부터 상태 식별을 수신하는 제 2 일차 AFC 를 구비한다. 제 2 일차 AFC는 펄스형 신호가 제 2 상태에 있는 경우에 일차 RF 신호의 주파수를 제공하도록 구성된다.

[0016] 이 실시형태에서, 시스템은, 하부 전극에 커플링되어 하부 전극에 이차 RF 신호를 공급하는 이차 전원 공급부를 더 구비한 이차 발생기를 구비한다. 이차 발생기는 펄싱 소스에 커플링되어 펄스형 신호가 제 1 상태에 있는지 또는 제 2 상태에 있는지를 식별하기 위해 펄스형 신호를 수신하는 이차 프로세서를 구비한다. 이차 발생기는, 이차 프로세서에 커플링되어 펄스형 신호가 제 1 상태에 있는 경우에 이차 전원 공급부에 제 1 이차 전력 값을 제공하는 제 1 이차 전력 제어기를 더 구비한다. 이차 발생기는, 이차 프로세서에 커플링되어 펄스형 신호가 제 2 상태에 있는 경우에 이차 전원 공급부에 제 2 이차 전력 값을 제공하는 제 2 이차 전력 제어기를 구비한다. 이차 발생기는, 이차 프로세서에 커플링되어 이차 프로세서로부터 상태 식별을 수신하는 제 1 이차 AFC 를 더 구비한다. 제 1 이차 AFC는 펄스형 신호가 제 1 상태에 있는 경우에 이차 RF 신호의 주파수를 제공하도록 구성된다. 이차 발생기는 이차 프로세서에 커플링되어 이차 프로세서로부터 상태 식별을 수신하는 제 2 이차 AFC로서, 펄스형 신호가 제 2 상태에 있는 경우에 이차 RF 신호의 주파수를 제공하도록 구성된 제 2 이차 AFC 를 구비한다.

[0017] 일 실시형태에서, 방법은 디지털 펄싱 신호를 수신하는 단계를 포함한다. 디지털 펄싱 신호는 2 개의 상태들을 가진다. 이 방법은 디지털 펄싱 신호가 2 개의 상태들 중 제 1 상태에 있는 경우에 일차 RF 전원 공급부에 제 1 주파수 입력을 인가하는 것에서부터 디지털 펄싱 신호가 2 개의 상태들 중 제 2 상태에 있는 경우에 일차 RF 전원 공급부에 제 2 주파수 입력을 인가하는 것으로 스위칭하는 단계를 더 구비한다. 이 방법은 디

지털 펄싱 신호가 제 1 상태에 있는 경우에 이차 RF 전원 공급부에 인가할 제 3 주파수 입력을 결정하는 단계를 포함한다.

발명의 효과

[0018] 위에서 설명된 실시형태들의 일부 이점들은 플라즈마 챔버 내의 플라즈마 임피던스에서의 변화에 응답하는 응답 시간을 줄이는 것을 포함한다. 예를 들어, 상태 신호, 예컨대, 트랜지스터-트랜지스터 로직 (TTL) 신호 등이 다수의 RF 전력 공급부들에 의해 공급된 주파수 및/또는 전력을 제어하는데 이용되는 경우, RF 공급부들 중 제 1 RF 공급부는 RF 공급부들 중 제 2 RF 공급부의 전력 및/또는 주파수에서의 변화에 응답하는 시간을 필요로 하지 않는다. 보통, 제 1 RF 공급부에 입력되는 주파수 및/또는 전력이 변하는 경우, 플라즈마 임피던스에는 변화가 있고 제 1 RF 공급부는 임피던스에서의 변화에 반응한다. 이 반응은 시간이 걸리며, 이는 플라즈마 챔버 내에서 발생하는 프로세스, 예컨대, 에칭, 증착 (deposition), 세정 등에 부정적 영향을 준다. RF 공급부들이 소정의 주파수들 및/또는 소정의 전력을 갖는 상태 신호의 상태의 변화에 반응하는 경우, 플라즈마 임피던스에서의 변화에 반응하는 시간은 감소된다. 이 시간에서의 감소는 결과적으로 프로세스에 부정적 영향을 주는 시간이 감소되게 한다.

[0019] 다른 양태들은 첨부 도면들에 연계하여 취해지는 다음의 상세한 설명으로부터 명백하게 될 것이다.

도면의 간단한 설명

[0020] 실시형태들은 첨부 도면들에 연계하여 취해질 다음의 설명을 참조하여 최상으로 이해될 수도 있다.

도 1은 본 개시물에서 설명되는 실시형태에 따라서, 플라즈마 임피던스에서의 변화에 따라 전력 제어기들 및/또는 주파수 튜너들을 튜닝하는 시간량을 감소시키기 위한 시스템의 블록도이다.

도 2는 본 개시물에서 설명되는 실시형태에 따라서, 트랜지스터-트랜지스터 로직 (TTL) 신호의 상태에서의 변화들과 함께 무선 주파수 (RF) 전력 신호들의 상태에서의 변화들을 보여주고 감마에서의 변화에 기초한 전력 신호들의 주파수들 및/또는 전력 값들에서의 조절을 보여주는 테이블의 실시형태이다.

도 3은 본 개시물에서 설명되는 실시형태에 따라서, 전력 제어기들 및/또는 주파수 튜너들이 0이 아닌 값들을 제공하는 경우의, 플라즈마 임피던스에서의 변화에 따라 전력 제어기들 및/또는 주파수 튜너들을 튜닝하는 시간량을 감소시키기 위한 시스템의 다이어그램이다.

도 4a는 본 개시물에서 설명되는 실시형태에 따라서, RF 신호들 중 하나는 상수 값 또는 가변 값들을 가지는 두 개의 RF 신호들을 갖는 그래프들을 도시한다.

도 4b는 본 개시물에서 설명되는 실시형태에 따라서, RF 신호들 양쪽 모두가 가변 값들을 갖는 두 개의 RF 신호들을 가지는 그래프들을 도시한다.

도 5a는 본 개시물에서 설명되는 실시형태에 따라서, RF 신호들 중 하나는 상수 값을 가지고 RF 신호들 중 다른 하나는 상수 값 또는 가변 값들을 가지는 3 개의 RF 신호들을 갖는 그래프들을 도시한다.

도 5b는 본 개시물에서 설명되는 실시형태에 따라서, RF 신호들 중 하나는 상수 값을 가지고 나머지 2 개의 RF 신호들은 가변 값들을 가지는 3 개의 RF 신호들을 갖는 그래프들을 도시한다.

도 5c는 본 개시물에서 설명되는 실시형태에 따라서, RF 신호들 중 하나는 상수 값 또는 가변 값들을 가지고 나머지 2 개의 RF 신호들은 가변 값들을 가지는 3 개의 RF 신호들을 갖는 그래프들을 도시한다.

도 5d는 본 개시물에서 설명되는 실시형태에 따라서, 모든 3 개의 RF 신호들이 가변 값들을 가지는 그래프들을 도시한다.

도 5e는 본 개시물에서 설명되는 실시형태에 따라서, RF 신호들 중 하나는 상수 값 또는 가변 값들을 가지고 나머지 RF 신호들은 가변 값들을 가지는 3 개의 RF 신호들을 갖는 그래프들을 도시한다.

도 5f는 본 개시물에서 설명되는 실시형태에 따라서, 모든 3 개의 RF 신호들이 가변 값들을 가지는 그래프들을 도시한다.

도 6은 본 개시물에서 설명되는 실시형태에 따라서, TTL 신호의 상태에 기초하여 자동 주파수 튜너들 (AFT들) 간을 선택하기 위한 시스템의 블록도이다.

도 7은 본 개시물에서 설명되는 실시형태에 따라서, 전력 값들의 제 1 세트 및 주파수들의 제 1 세트를 갖는 RF 신호들을 발생할 것인지 또는 전력 값들의 제 2 세트 및 주파수들의 제 2 세트를 갖는 RF 신호들을 발생할 것인지를 결정하기 위한 방법의 흐름도이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0021] 다음의 실시형태들은 전력 및 주파수의 상태 기반 조절을 위한 시스템들 및 방법들을 설명한다. 본 발명은 이러한 특정 세부사항들의 일부 또는 전부 없이도 실용화될 수도 있다는 것이 명백할 것이다. 다른 경우들에서, 주지의 프로세스 동작들은 본 실시형태들을 불필요하게 모호하게 하지 않기 위하여 상세히 설명되고 있지 않다.
- [0022] 도 1은 플라즈마 임피던스에서의 변화에 따라 전력 제어기들 및/또는 주파수 튜너들을 튜닝하는 시간량을 감소시키기 위한 시스템 (180) 의 일 실시형태의 블록도이다. 2 메가헤르츠 (MHz) 무선 주파수 (RF) 전원 공급부는 RF 전력을 임피던스 정합 회로 (182) 를 경유하여 플라즈마 챔버 (102) 의 하부 전극 (104) 에 공급한다. 마찬가지로, 60 MHz 전원 공급부는 RF 전력을 임피던스 정합 회로 (186) 를 경유하여 하부 전극 (104) 에 공급한다. 하나의 실시형태에서, 60 MHz 소스 대신, 27 MHz 소스가 RF 전력을 하부 전극 (104) 에 제공하는데 사용된다는 점에 주의해야 한다. 더구나, 2 MHz, 27 MHz, 및 60 MHz의 값들이 예들로서 제공되고 제한되지 않는다는 점에 주의해야 한다. 예를 들어, 2 MHz 전원 공급부 대신, 2.5 MHz 전원 공급부가 사용될 수도 있고 60 MHz 전원 공급부 대신, 65 MHz 전원 공급부가 사용될 수도 있다. 다른 실시형태에서, 2 MHz 소스 및 60 MHz 소스들 외에도, 27 MHz 소스가 RF 전력을 하부 전극 (104) 에 제공하기 위해 사용된다.
- [0023] 임피던스 정합 회로는 임피던스 정합 회로에 커플링된 전원의 임피던스를 임피던스 정합 회로에 커플링된 부하의 임피던스와 정합시키기 위해 전기 회로 컴포넌트들, 예컨대, 인덕터들, 커패시터들 등을 구비한다. 예를 들어, 임피던스 정합 회로 (182) 는 2 MHz 전원 공급부의 임피던스를 플라즈마 챔버 (102) 내에서 발생된 플라즈마의 임피던스와 일치시킨다. 다른 예로서, 임피던스 정합 회로 (186) 는 60 MHz 전원 공급부의 임피던스를 플라즈마 챔버 (102) 내에서 발생된 플라즈마의 임피던스와 일치시킨다. 또 다른 예로서, 임피던스 정합 회로 (182) 는 2 MHz 전원 공급부의 임피던스를 플라즈마 챔버 (102) 의 일 부분, 예컨대, 플라즈마 및 하부 전극 (104) 의 임피던스와 일치시킨다. 하나의 실시형태에서, 임피던스 정합 회로는 임피던스 정합 회로에 커플링된 RF 전원 공급부의 임피던스 및 제 1 부하의 임피던스 사이의 정합을 용이하게 하기 위해 튜닝된다. 전원 및 부하 사이의 임피던스 정합은 전력이 부하로부터 전원 쪽으로 반사될 기회들을 줄인다.
- [0024] 플라즈마 챔버 (102) 는 하부 전극 (104), 상부 전극 (110), 및 다른 컴포넌트들 (미도시), 예컨대, 상부 전극 (110) 을 둘러싸는 상부 유전체 링, 상부 유전체 링을 둘러싸는 하부 전극 연장부, 하부 전극을 둘러싸는 하부 유전체 링, 하부 유전체 링을 둘러싸는 하부 전극 연장부, 상부 플라즈마 배제 존 (plasma exclusion zone: PEZ) 링, 하부 PEZ 링 등을 구비한다. 상부 전극 (110) 은 하부 전극 (104) 의 반대편에서 마주하게 위치된다. 기판 (108), 예컨대, 반도체 웨이퍼는, 하부 전극 (104) 의 상부 표면 (106) 상에 지지된다. 집적 회로들, 예컨대, 주문형 집적 회로 (ASIC), 프로그램가능 로직 디바이스 (PLD) 등은 기판 (108) 에서 성장되고 집적 회로들은 다양한 디바이스들, 예컨대, 셀 폰들, 테블릿들, 스마트 폰들, 컴퓨터들, 랩톱들, 네트워크 장비 등에서 사용된다. 하부 전극 (104) 은 금속, 예컨대, 양극처리된 (anodized) 알루미늄, 알루미늄 합금 등으로 만들어진다. 또한, 상부 전극 (110) 은 금속, 예컨대, 알루미늄, 알루미늄 합금 등으로 만들어진다.
- [0025] 하나의 실시형태에서, 상부 전극 (110) 은 중앙 가스 피드 (미도시) 에 커플링된 홀을 구비한다. 중앙 가스 피드는 하나 이상의 프로세스 가스들을 가스 공급부 (미도시) 로부터 수신한다. 프로세스 가스들의 예들은 산소 함유 가스, 이를테면 O₂를 포함한다. 프로세스 가스의 다른 예들은 플루오린 함유 가스, 예컨대, 테트라플루오로메탄 (CF₄), 육불화 황 (SF₆), 헥사플루오로에탄 (C₂F₆) 등을 포함한다. 상부 전극 (110) 은 접지된다. 하부 전극 (104) 은 임피던스 정합 회로 (182) 를 경유하여 2MHz RF 전원 공급부에 그리고 임피던스 정합 회로 (186) 를 경유하여 60 MHz RF 전원 공급부에 커플링된다.
- [0026] 프로세스 가스가 상부 전극 (110) 및 하부 전극 (104) 사이에 공급되는 경우 그리고 전원공급부, 예컨대, 2MHz 전원 공급부 및/또는 60 MHz 전원 공급부가 대응하는 임피던스 정합 회로를 경유하여 하부 전극 (104) 에 전력을 공급하는 경우, 프로세스 가스는 플라즈마 챔버 (102) 내에서 플라즈마를 발생하기 위해 점화된다. 예를 들어, 2 MHz 공급부는 프로세스 가스를 점화하여 플라즈마를 발생하기 위해 임피던스 정합 회로 (182) 를 경유하여 전력을 공급한다.

- [0027] 컴퓨터 (미도시) 상의 도구 사용자 인터페이스 (UI) (190) 는 디지털 펄싱 신호인 트랜지스터-트랜지스터 로직 (TTL) 신호 (112) 를 발생하는데 사용된다. 하나의 실시형태에서, 컴퓨터는 TTL 회로를 구비한다. 본원에서 사용되는 바와 같이, 컴퓨터 대신, 프로세서, 제어기, ASIC, 또는 PLD가 사용되고, 이들 용어들은 본원에서 교환적으로 이용된다. TTL 신호 (112) 는 상태들인 S1 및 S0을 포함한다. TTL 신호 (112) 는 50% 듀티 사이클을 가진다. 하나의 실시형태에서, TTL 신호 (112) 는 5%부터 95%까지에 이르는 듀티 사이클을 가진다. 상태 S1의 일 예는 온 상태, 1의 값을 갖는 상태, 또는 하이 상태를 포함한다. 상태 S0의 일 예는 오프 상태, 0의 값을 갖는 상태, 또는 로우 상태를 포함한다. 하이 값은 로우 값보다 크다.
- [0028] 다른 실시형태에서, 컴퓨터 대신, 클럭 발진기, 예컨대, 수정 발진기가 아날로그 클럭 신호를 발생하는데 사용되며, 그 아날로그 클럭 신호는 아날로그-디지털 변환기에 의해 TTL 신호 (112) 에 유사한 디지털 신호로 변환된다. 예를 들어, 수정 발진기는 수정 발진기에 가까운 또는 그것 상의 전극에 전압을 인가함으로써 전기장에서 발진하도록 만들어진다.
- [0029] TTL 신호 (112) 는 디지털 신호 프로세서 (DSP) (140) 및 다른 DSP (150) 에 보내진다. 각각의 DSP (140 및 150) 는 TTL 신호 (112) 를 수신하고 TTL 신호 (112) 의 상태들 (S0 및 S1) 을 식별한다. 예를 들어, DSP (140) 는 상태 S0 및 상태 S1 간을 구별한다. 다른 예로서, DSP (140) 는 TTL 신호 (112) 가 기간들의 제 1 세트 동안에 제 1 크기를 가지고 기간들의 제 2 세트 동안에 제 2 크기를 가진다고 결정한다. DSP (140) 는 TTL 신호 (112) 가 기간들의 제 1 세트 동안에 상태 S1을 가지고 기간들의 제 2 세트 동안에 상태 S0을 가진다고 결정한다. 또 다른 예로서, DSP (140) 는 TTL 신호 (112) 의 크기를 사전저장된 값과 비교하여 TTL 신호 (112) 의 크기가 기간들의 제 1 세트 동안에 사전저장된 값보다 크다는 것과 TTL 신호 (112) 의 상태 S0 동안의 크기가 기간들의 제 2 세트 동안에 사전저장된 값보다 크지 않다고 결정한다. 클럭 발진기가 사용되는 실시형태에서, 각각의 DSP (140 및 150) 는 클럭 발진기로부터 아날로그 클럭 신호를 수신하며, 그 아날로그 신호를 디지털 형태로 변환한 다음, 2 개의 상태 S0 및 S1을 식별한다.
- [0030] 각각의 DSP (140 및 150) 는 DSP 내의 하나 이상의 메모리 디바이스들의 메모리 로케이션들에 상태들 S0 및 S1을 저장한다. 멤버 디바이스의 예들은 랜덤 액세스 메모리 (RAM) 및 판독 전용 메모리 (ROM) 를 포함한다. 메모리 디바이스는 플래시 메모리, 하드 디스크, 저장 디바이스, 컴퓨터 판독가능 매체 등일 수도 있다.
- [0031] 각각의 DSP (140 및 150) 는 식별된 상태들 S0 및 S1을 대응하는 메모리 로케이션들로부터 대응하는 자동 주파수 튜너들 (AFT들) (114, 118, 및 120) 로, 그리고 대응하는 전력 제어기들 (142, 152, 및 154) 로 제공한다. 예를 들어, DSP (140) 는 TTL 신호 (112) 가 듀티 사이클의 시간들 (t1 및 t2) 사이에서 상태 S1에 있다는 것을 AFT (114) 및 전력 제어기 (142) 에 표시한다. 다른 예로서, DSP (150) 는 TTL 신호 (112) 가 듀티 사이클의 시간들 (t1 및 t2) 사이에서 상태 S1에 있다는 것을 AFT (118) 및 전력 제어기 (152) 에 표시한다. 또 다른 예로서, DSP (150) 는 TTL 신호 (112) 가 듀티 사이클의 시간들 (t2 및 t3) 사이에서 상태 S0에 있다는 것을 AFT (120) 및 전력 제어기 (154) 에 표시한다. 용어 튜너 및 제어기는 본원에서 교환적으로 이용된다. AFT의 일 예는 미국특허 제6,020,794호에서 제공되며, 그 미국특허는 그것의 전체가 참조로 본원에 통합된다.
- [0032] 각각의 AFT (114, 118, 및 120) 는 TTL 신호 (112) 의 상태에 기초하여 주파수 값을 결정하고 각각의 전력 제어기 (142, 152, 및 154) 는 TTL 신호 (112) 의 상태에 기초하여 전력 값을 결정한다. 예를 들어, AFT (114) 는 TTL 신호 (112) 의 상태가 S1인 경우에 주파수 값 F11이 2 MHz 전원 공급부에 제공되는 것이라고 결정하고 전력 제어기 (142) 는 TTL 신호 (112) 의 상태가 S1인 경우에 전력 값 P11이 2 MHz 전원 공급부에 제공되는 것이라고 결정한다. 다른 예로서, AFT (118) 는 TTL 신호 (112) 의 상태가 S1인 경우에 주파수 값 F21이 60 MHz 전원 공급부에 제공되는 것이라고 그리고 TTL 신호 (112) 의 상태가 S0인 경우에 주파수 값 F20이 60 MHz 전원 공급부에 제공되는 것이라고 결정한다. 또 다른 예로서, 전력 제어기 (150) 는 TTL 신호 (112) 의 상태가 S0인 경우에 전력 값 P20이 60 MHz 전원 공급부에 제공되는 것이라고 TTL 신호 (112) 의 상태가 S1인 경우에 전력 값 P21이 60 MHz 전원 공급부에 제공되는 것이라고 결정한다.
- [0033] 하나의 실시형태에서, 주파수 값 F21 및 전력 값 P21은 훈련 루틴에 기초하여 발생된다. 훈련 루틴 동안, 2 MHz 전원 공급부가 그것의 RF 전력 신호를 로우 전력 값에서부터 하이 전력 값으로 변경하는 경우, 플라즈마 챔버 (102) 및 60 MHz 전원 공급부 내의 하나 이상의 부분들 사이에는 임피던스 부정합이 존재한다. 하이 전력 값은 로우 전력 값보다 높다. 2 MHz 전원 공급부는 그것의 RF 전력 신호를 TTL 신호 (112) 또는 2 MHz RF 전원 공급부에 공급되는 클럭 신호의 상태가 S0에서 S1로 변경되는 경우에 변경시킨다. 이 경우, 60 MHz 전원 공급부는 2 MHz 전원 공급부가 하이 전력 값에서 전력을 공급하는 것을 시작하는 경우에 튜닝되는 그것의

주파수 및 전력을 가진다. 임피던스 부정합을 감소시키기 위해, 60 MHz 전원 공급부는 주파수 값에 대한 그리고 전력 값에 대한 튜닝, 예컨대, 수렴화를 시작한다. 수렴 (convergence) 은 DSP (150) 에 의해 표준 편차 또는 다른 테크닉에 기초하여 결정될 수도 있다. 주파수 값 및 전력 값으로 수렴하기 위한 더 많은 시간을 60 MHz 전원 공급부에 허용하기 위해, 2 MHz 전원 공급부는 통상의 기간보다 연장된 기간 동안 하이 전력 값으로 유지된다. 통상의 기간은 임피던스 부정합이 감소되지, 예컨대, 제거되지 않는 시간량이다. 통상의 기간의 일 예는 TTL 신호 (112) 의 절반 사이클과 동일하다. 60 MHz 전원 공급부가 주파수 값 및 전력 값으로 수렴하는 경우, 수렴된 주파수 값은 AFT (118) 내에 주파수 값 F21로서 저장되고 수렴된 전력 값은 전력 제어기 (152) 내에 전력 값 P21로서 저장된다. 마찬가지로, 혼련 루틴 동안, 주파수 값들 F20 및 F11과 전력 값들 P11 및 P20은 발생된다. 주파수 값 F20은 AFT (120) 에 저장되며, 주파수 값 F11은 AFT (114) 에 저장되며, 전력 값 P11은 전력 제어기 (142) 에 저장되고, 전력 값 P20은 전력 제어기 (154) 에 저장된다.

- [0034] TTL 신호 (112) 의 상태가 S1인 경우, 전력 제어기 (142) 는 P11의 전력 값을 2 MHz 전원 공급부에 제공하고 전력 제어기 (152) 는 P21의 전력 값을 60 MHz 제어기에 제공한다. 상태 S1 동안, AFT (114) 는 F11의 주파수 값을 2 MHz 전원 공급부에 제공하고 AFT (118) 는 F21의 주파수 값을 60 MHz 전원 공급부에 제공한다.
- [0035] 더구나, 하나의 실시형태에서, TTL 신호 (112) 의 상태가 S1인 경우, 전력 제어기 (154) 는 P20의 전력 값을 60 MHz 전원 공급부에 공급하는 것으로부터 자신을 제한한다. 또한, 이 실시형태에서, AFT (120) 는 F20의 주파수 값을 60 MHz 전원 공급부에 제공하는 것으로부터 자신을 제한한다.
- [0036] 일 실시형태에서, 상태 S1 동안, P11의 전력 값 및 F11의 주파수 값은 P21의 전력 값 및 F21의 주파수 값의 60 MHz 전원 공급부로의 제공과 동시에 2 MHz 전원 공급부에 제공된다. 예를 들어, 상태 S1에서, P11의 전력 값 및 F11의 주파수 값은 P21의 전력 값 및 F21의 주파수 값이 60 MHz 전원 공급부에 제공되는 동안인 TTL 신호 (112) 의 클록 에지와 동일한 클록 에지 동안 2 MHz 전원 공급부에 제공된다.
- [0037] 하나의 실시형태에서, 상태 S1 동안, P11의 전력 값 및 F11의 주파수 값은 P21의 전력 값 및 F21의 주파수 값의 60 MHz 전원 공급부로의 제공의 시간과 거의 동일한 시간에 2 MHz 전원 공급부에 제공된다. 예를 들어, 상태 S1에서, P11의 전력 값 및 F11의 주파수 값은 TTL 신호 (112) 의 클록 에지의 발생 전 또는 후의 1초의 몇분의 1 내에, 예컨대, 수 마이크로초, 밀리초, 나노초 등의 후에, 2 MHz 전원 공급부에 제공된다. 이 예에서, P21의 전력 값 및 F21의 주파수 값은 클록 에지의 발생 동안 60 MHz 전원 공급부에 제공된다.
- [0038] 2 MHz 전원 공급부는 상태 S1 동안 F11의 주파수 값 및 P11의 전력 값을 수신한다. 값들 F11 및 P11을 수신 시, 2 MHz 전원 공급부는 주파수 F11에서 RF 전력을 발생하고 그 RF 전력은 P11의 전력 값을 가진다. 더구나, 60 MHz 전원 공급부는 상태 S1 동안에 F21의 주파수 값 및 P21의 전력 값을 수신한다. 값들 F21 및 P21을 수신 시, 60 MHz 전원 공급부는 주파수 F21에서 RF 전력을 발생하고 그 RF 전력은 P21의 전력 값을 가진다.
- [0039] 하나의 실시형태에서, RF 전원 공급부는 드라이버와 그 뒤의 증폭기를 구비한다. 증폭기는 순방향 전력을 송신 라인을 경유하여 플라즈마 챔버 (102) 에 공급한다. 예를 들어, 2 MHz 전원 공급부의 증폭기는, 전력 값 P11에 비례하는, 예컨대 그것과 동일한, 그것의 배수인 등의 전력 값을 가지고 주파수 값 F11을 가지는 순방향 전력을 송신 라인 (230) 및 임피던스 정합 회로 (182) 를 경유하여 플라즈마 챔버 (102) 에 공급한다. 다른 예로서, 60 MHz 전원 공급부의 증폭기는, P21의 전력 값에 비례하는 전력 값을 가지고 주파수 값 F21을 가지는 순방향 전력을 송신 라인 (232) 및 임피던스 정합 회로 (186) 를 경유하여 플라즈마 챔버 (102) 에 공급한다.
- [0040] TTL 신호 (112) 의 상태가 S0인 경우, 전력 값은 2 MHz 전원 공급부에 제공되지 않고 전력 제어기 (154) 는 P20의 전력 값을 60 MHz 제어기에 제공한다. 상태 S0 동안, 주파수 값은 2 MHz 전원 공급부에 제공되지 않고 AFT (120) 는 F20의 주파수 값을 60 MHz 전원 공급부에 제공한다.
- [0041] 더구나, 하나의 실시형태에서, TTL 신호 (112) 의 상태가 S0인 경우, 전력 제어기 (142) 는 P11의 전력 값을 2 MHz 전원 공급부에 제공하는 것으로부터 자신을 제한하고 전력 제어기 (152) 는 P21의 전력 값을 60 MHz 전원 공급부에 제공하는 것으로부터 자신을 제한한다. 또한, 이 실시형태에서, AFT (114) 는 F11의 주파수 값을 2 MHz 전원 공급부에 제공하는 것으로부터 자신을 제한하고 AFT (118) 는 F21의 주파수 값을 60 MHz 전원 공급부에 제공하는 것으로부터 자신을 제한한다.
- [0042] 하나의 실시형태에서, 상태 S0 동안, 전력 및 주파수 값들의 2 MHz 전원 공급부로의 제공의 결과는 P20의 전력 값 및 F20의 주파수 값의 60 MHz 전원 공급부로의 제공과 동시에 수행된다. 예를 들어, 상태 S1에서, 0의 전력 값 및 0의 주파수 값은 P20의 전력 값 및 F20의 주파수 값이 60 MHz 전원 공급부에 제공되는 동안의 클록

에지와 동일한 TTL 신호 (112) 의 동일한 클록 에지 동안 2 MHz 전원 공급부에 제공된다.

- [0043] 2 MHz 전원 공급부는 임의의 주파수 및 전력 값들을 수신하지 않는다, 예컨대, 0의 주파수 값 및 0의 전력 값을, 상태 S0 동안 수신한다. 전력 및 주파수 값들을 수신하지 않을 시, 2 MHz 전력 공급부는 0의 주파수의 RF 전력 및 0의 전력 값을 갖는 RF 전력을 발생한다. 더구나, 60 MHz 전원 공급부는 상태 S0 동안 F20의 주파수 값 및 P20의 전력 값을 수신한다. 값들 F20 및 P20을 수신 시, 60 MHz 전원 공급부는 주파수 F20의 RF 전력을 발생하고 그 RF 전력은 P20의 전력 값을 가진다.
- [0044] 2 MHz 전원 공급부의 증폭기는 순방향 전력을 공급하지 않는다, 예컨대, 0의 전력 값을 가지고 0의 주파수 값을 가지는 순방향 전력을 송신 라인 (230) 및 임피던스 정합 회로 (182) 를 경유하여 플라즈마 챔버 (102) 에 공급한다. 60 MHz 전원 공급부의 증폭기는, P20의 전력 값에 비례하는 전력 값을 가지고 주파수 값 F20을 가지는 순방향 전력을 송신 라인 (232) 및 임피던스 정합 회로 (186) 를 경유하여 플라즈마 챔버 (102) 에 공급한다.
- [0045] 하나의 실시형태에서, 하나 또는 양쪽 모두의 상태들 S1 및 S0 동안, 센서 (210) 는 플라즈마 챔버 (102) 의 플라즈마로부터 반사된 RF 전력인 반사된 전력을 송신 라인 (230) 상에서 감지한다. 더구나, 하나 또는 양쪽 모두의 상태들 S1 및 S0 동안, 순방향 전력이 2 MHz RF 전원 공급부로부터 송신 라인 (230) 을 경유하여 플라즈마 챔버 (102) 로 전송되는 경우에 센서 (210) 는 송신 라인 (230) 상에서 순방향 전력을 감지한다. 마찬가지로, 하나 또는 양쪽 모두의 상태들 S1 및 S0 동안, 센서 (212) 는 플라즈마 챔버 (102) 의 플라즈마로부터 반사된 전력을 감지한다. 센서 (212) 에 의해 감지된 반사된 전력은 플라즈마 챔버 (102) 의 플라즈마로부터 송신 라인 (232) 상에서 반사된다. 더구나, 하나 또는 양쪽 모두의 상태들 S1 및 S0 동안, 순방향 전력이 60 MHz RF 전원 공급부로부터 송신 라인 (232) 을 경유하여 플라즈마 챔버 (102) 로 전송되는 경우에 센서 (212) 는 송신 라인 (232) 상에서 순방향 전력을 감지한다.
- [0046] 아날로그-디지털 변환기 (ADC) (220) 는 반사된 전력 신호들 및 센서 (210) 에 의해 감지된 순방향 전력 신호들을 아날로그 형태로부터 디지털 형태로 변환하고 ADC (222) 는 반사된 전력 신호들 및 센서 (212) 에 의해 감지된 순방향 전력 신호들을 아날로그로부터 디지털 형태로 변환한다. 하나 또는 양쪽 모두의 상태들 S1 및 S0 동안, DSP (140) 는 반사된 전력 신호 및 센서 (210) 에 의해 감지된 순방향 전력 신호의 디지털 값들을 수신하고 DSP (150) 는 반사된 전력 신호 및 센서 (212) 에 의해 감지된 순방향 전력 신호의 디지털 값들을 수신한다. DSP (140) 는 하나 또는 양쪽 모두의 상태들 S1 및 S0 동안, 디지털 반사된 전력 신호 및 디지털 순방향 전력 신호의 관계, 예컨대, 비율, 전압 정재파 비율 (voltage standing wave ratio; VSWR) 등을 계산하여 감마의 값들을 발생한다. 1의 감마 값은 소스 및 부하의 임피던스들 사이의 높은 부정합도를 나타내고 0의 감마 값은 소스 및 부하의 임피던스들 사이의 낮은 부정합도를 나타낸다. 마찬가지로, DSP (150) 는 하나 또는 양쪽 모두의 상태들 S1 및 S0 동안에 디지털 반사된 전력 신호 및 디지털 순방향 전력 신호 사이의 관계를 계산하여 감마의 값들을 발생한다. VSWR은 RC-1 및 RC+1의 비율과 동일한 것으로서 계산되며, 여기서 RC는 반사 계수이다.
- [0047] 감마 값은 상태 S1 동안에 DSP (140) 로부터 AFT (114) 로 전송되고 감마 값은 상태 S1 동안에 DSP (150) 로부터 AFT (118) 로 전송된다. 상태 S1 동안, AFT (114) 는 DSP (140) 로부터 수신된 감마의 값에 기초하여 주파수 값을 결정하고 AFT (118) 는 DSP (150) 로부터 수신된 감마의 값에 기초하여 주파수 값을 결정한다. 상태 S1 동안, AFT (114) 는 감마 값에 기초하여 발생된 주파수 값에 기초하여 F11의 주파수 값을 조절하고 조절된 주파수 값을 2 MHz 전원 공급부에 제공한다. 더구나, 상태 S1 동안, AFT (118) 는 감마 값에 기초하여 발생된 주파수 값에 기초하여 F21의 주파수 값을 조절하고 조절된 주파수 값을 60 MHz 전원 공급부에 제공한다.
- [0048] 더구나, 상태 S1 동안, 전력 제어기 (142) 는 DSP (140) 로부터 수신된 감마의 값에 기초하여 전력 값을 결정하고 전력 제어기 (152) 는 DSP (150) 로부터 수신된 감마의 값에 기초하여 전력 값을 결정한다. 상태 S1 동안, 전력 제어기 (142) 는 감마 값에 기초하여 발생된 전력 값에 기초하여 P11의 전력 값을 조절하고 조절된 전력 값을 2 MHz 전원 공급부에 제공한다. 더구나, 상태 S1 동안, 전력 제어기 (152) 는 감마 값에 기초하여 발생된 전력 값에 기초하여 P21의 전력 값을 조절하고 조절된 전력 값을 60 MHz 전원 공급부에 제공한다.
- [0049] 상태 S1 동안, 2 MHz 전원 공급부는 AFT (114) 로부터 수신된 조절된 주파수 값을 가지고 전력 제어기 (142) 로부터 수신된 조절된 전력 값을 가지는 전력 신호를 발생하고, 그 전력 신호를 임피던스 정합 회로 (182) 를 경유하여 플라즈마 챔버 (102) 에 공급한다. 마찬가지로, 상태 S1 동안, 60 MHz 전원 공급부는 AFT (118) 로부터 수신된 조절된 주파수 값을 가지고 전력 제어기 (152) 로부터 수신된 조절된 전력 값을 가지는 전력 신호를 발생하고, 그 전력 신호를 임피던스 정합 회로 (186) 를 경유하여 플라즈마 챔버 (102) 에 공급한다.

- [0050] 더욱이, 상태 S0 동안, 전력 및 주파수 값들의 2 MHz 전원 공급부로의 제공은 없고 및 2 MHz 전원 공급부의 0의 주파수 및 전력 값들을 조절하기 위한 상태 S0 동안 발생된 감마 값의 사용은 없다. 상태 S0 동안, AFT (120) 는 DSP (150) 로부터 수신된 감마의 값에 기초하여 주파수 값을 결정한다. 상태 S0 동안, AFT (120) 는 감마 값으로부터 발생된 주파수 값에 기초하여 F20의 주파수 값을 조절하고 조절된 주파수 값을 60 MHz 전원 공급부에 제공한다. 더구나, 상태 S0 동안, 전력 제어기 (154) 는 DSP (150) 로부터 수신된 감마의 값에 기초하여 전력 값을 결정한다. 상태 S0 동안, 전력 제어기 (154) 는 감마 값에 기초하여 발생된 전력 값에 기초하여 P20의 전력 값을 조절하고 조절된 전력 값을 60 MHz 전원 공급부에 제공한다. 상태 S0 동안, 60 MHz 전원 공급부는, AFT (120) 로부터 수신된 조절된 주파수 값을 가지고 전력 제어기 (154) 로부터 수신된 조절된 전력 값을 가지는 전력 신호를 발생하고, 그 전력 신호를 임피던스 정합 회로 (186) 를 경유하여 플라즈마 챔버 (102) 에 공급한다.
- [0051] 전력 제어기 (142), AFT (114), 및 DSP (140) 는 발생기 제어기 (270) 의 부분들이다. 발생기 제어기 (270), ADC (220), 센서 (210), 및 2 MHz 전원 공급부는 2 MHz 발생기 (274) 의 부분들이다. 마찬가지로, 전력 제어기 (152), 전력 제어기 (154), AFT들 (118 및 120), 및 DSP (150) 는 발생기 제어기 (272) 의 부분들이다. 발생기 제어기 (272), ADC (222), 센서 (212), 및 60 MHz 전원 공급부는 60 MHz 발생기 (276) 의 부분들이다.
- [0052] 하나의 실시형태에서, 시스템 (180) 은 임피던스 정합 회로들 (182 및/또는 186) 을 제외한다. 일 실시형태에서, 단일 제어기가 전력 제어기 (142) 및 AFT (114) 대신 사용되며, 단일 제어기가 전력 제어기 (152) 및 AFT (118) 대신 사용되고, 단일 제어기가 전력 제어기 (154) 및 AFT (120) 대신 사용된다.
- [0053] 2 및 60 MHz 전력 공급부들을 사용하는 것에 더하여 27 MHz 전원 공급부가 사용되는 실시형태에서, 27 MHz 발생기는 27 MHz 발생기가 60 MHz 전원 공급부 대신 27 MHz 전원 공급부를 구비한다는 것을 제외하면 60 MHz 발생기 (276) 와 유사하다. 27 MHz 발생기는 임피던스 정합 회로 (미도시) 및 송신 라인 (미도시) 을 경유하여 플라즈마 챔버 (102) 의 하부 전극 (104) 에 커플링된다. 더구나, 27 MHz 전원 공급부는 도구 UI (190) 와 커플링되어 TTL 신호 (112) 를 수신한다. 27 MHz 발생기는 2 개의 전력 제어기들, 2 개의 AFT들, DSP, ADC, 센서, 및 27 MHz 전원 공급부를 구비한다.
- [0054] 도 2는 TTL 신호 (112) 의 상태들에서의 변화와 함께 RF 전력 신호들의 상태들에서의 변화를 보여주고 감마에서의 변화에 기초하여 전력 신호들의 주파수들 및/또는 전력 값들에서의 조절을 보여주는 테이블 (250) 의 실시형태이다. TTL 신호 (112) 가 상태 S1에 있는 경우, 2 및 60 MHz 전력 공급부들에 의해 공급된 전력 신호들은 또한 상태 S1을 가진다. 예를 들어, 2 MHz 전원 공급부에 의해 공급된 전력 신호는 TTL 신호 (112) 의 상태에서의 변화와 동시에 그것의 상태를 S1에서 S0으로 또는 S0에서 S1으로 바꾼다. 또한, 이 예에서, 60 MHz 전원 공급부에 의해 공급된 전력 신호는 TTL 신호 (112) 의 상태에서의 변화와 동시에 그것의 상태를 S1에서 S0으로 또는 S0에서 S1로 바꾼다. 다른 예로서, 2 MHz 전원 공급부에 의해 공급된 전력 신호는 TTL 신호 (112) 의 상태에서의 변화가 일어나는 동안의 시간과 거의 동일한 시간에 그것의 상태를 S1에서 S0으로 또는 S0에서 S1으로 바꾼다. 또한, 이 예에서, 60 MHz 전원 공급부에 의해 공급된 전력 신호는 TTL 신호 (112) 의 상태에서의 변화가 일어나는 것과 거의 동일한 시간에 그것의 상태를 S1에서 S0으로 또는 S0에서 S1으로 바꾼다.
- [0055] 더구나, 도 2에 보인 바와 같이, 상태 S1 동안, 주파수 값들 F11 및 F21과 전력 값 P21은 상태 S1 동안에 발생된 감마 값에 기초하여 조절되고, 상태 S0 동안, 주파수 값 F20 및 전력 값 P20은 상태 S0 동안 발생된 감마 값에 기초하여 조절된다.
- [0056] 도 3은 전력 제어기들 및/또는 주파수 튜너들이 0이 아닌 값들을 제공하는 경우의, 플라즈마 임피던스에서의 변화에 따라 전력 제어기들 및/또는 주파수 튜너들을 튜닝하는 시간량을 감소시키기 위한 시스템 (262) 의 일 실시형태의 다이어그램이다. 이 시스템 (262) 은, 시스템 (262) 이 전력 제어기 (172) 및 AFT (264) 를 구비하며 전력 제어기 및 AFT의 각각은 0이 아닌 값들을 제공한다는 것을 제외하면, 도 1의 시스템 (180) 과 유사하다.
- [0057] DSP (140) 는 식별된 상태 S0를 대응하는 메모리 로케이션으로부터 AFT (264) 에 그리고 전력 제어기 (172) 에 제공한다. 일 예로, DSP (140) 는 TTL 신호 (112) 가 듀티 사이클의 시간들 t2 및 t3 사이에서 상태 S0에 있다는 것을 AFT (264) 및 전력 제어기 (172) 에 표시한다. AFT (264) 는 TTL 신호 (112) 의 상태에 기초하여 주파수 값을 결정하고 전력 제어기 (172) 는 TTL 신호 (112) 의 상태에 기초하여 전력 값을 결정한다. 예를 들어, AFT (264) 는 TTL 신호 (112) 의 상태가 S0인 경우에 주파수 값 F10이 2 MHz 전원 공급부에 제공

되는 것이라고 결정하고 전력 제어기 (172) 는 TTL 신호 (112) 의 상태가 S0인 경우에 전력 값 P10이 2 MHz 전원 공급부에 제공되는 것이라고 결정한다. 하나의 실시형태에서, 값들 F10 및 P10은 양의 값들이다.

- [0058] 혼련 루틴 동안, 주파수 값 F10 및 전력 값 P10은 위에서 설명된 것과 유사한 방식으로 발생된다. 주파수 값 F10은 AFT (264) 에 저장되고 전력 값 P10은 전력 제어기 (172) 에 저장된다. TTL 신호 (112) 의 상태가 S0인 경우, 전력 제어기 (172) 는 P10의 전력 값을 2 MHz 전원 공급부에 제공하고 AFT (264) 는 F10의 주파수 값을 2 MHz 전원 공급부에 제공한다.
- [0059] 더구나, 하나의 실시형태에서, TTL 신호 (112) 의 상태가 S1인 경우, 전력 제어기 (172) P10의 전력 값을 2 MHz 전원 공급부에 제공하는 것으로부터 자신을 제한한다. 또한, 이 실시형태에서, AFT (264) 는 F10의 주파수 값을 2 MHz 전원 공급부에 제공하는 것으로부터 자신을 제한한다.
- [0060] 일 실시형태에서, 상태 S0 동안, P10의 전력 값 및 F10의 주파수 값은 P20의 전력 값 및 F20의 주파수 값의 60 MHz 전원 공급부로의 제공과 동시에 2 MHz 전원 공급부에 제공된다. 예를 들어, 상태 S0에서, P10의 전력 값 및 F10의 주파수 값은 P20의 전력 값 및 F20의 주파수 값이 60 MHz 전원 공급부에 제공되는 동안의 클록 에지와 동일한 TTL 신호 (112) 의 동일한 클록 에지 동안 2 MHz 전원 공급부에 제공된다.
- [0061] 하나의 실시형태에서, 상태 S0 동안, P10의 전력 값 및 F10의 주파수 값은 P20의 전력 값 및 F20의 주파수 값의 60 MHz 전원 공급부로의 제공의 시간과 거의 동일한 시간에 2 MHz 전원 공급부에 제공된다. 예를 들어, 상태 S0에서, P10의 전력 값 및 F10의 주파수 값은 TTL 신호 (112) 의 클록 에지의 발생 전 또는 후 1초의 몇 분의 1 내에 2 MHz 전원 공급부에 제공된다. 이 예에서, P20의 전력 값 및 F20의 주파수 값은 클록 에지의 발생 동안에 60 MHz 전원 공급부에 제공된다.
- [0062] 2 MHz 전원 공급부는 상태 S0 동안에 F10의 주파수 값 및 P10의 전력 값을 수신한다. 값들 F10 및 P10을 수신 시, 2 MHz 전원 공급부는 주파수 F10의 RF 전력을 발생하고 그 RF 전력은 P10의 전력 값을 가진다. 2 MHz 전원 공급부의 증폭기는, P10의 전력 값에 비례하는 전력 값을 가지고 주파수 값 F10을 가지는 순방향 전력을 송신 라인 (230) 및 임피던스 정합 회로 (182) 를 경유하여 플라즈마 챔버 (102) 에 공급한다.
- [0063] 일 실시형태에서, 상태 S0 동안, AFT (264) 는 DSP (140) 로부터 수신된 감마의 값에 기초하여 주파수 값을 결정한다. 상태 S0 동안, AFT (264) 는 감마 값으로부터 발생된 주파수 값에 기초하여 F10의 주파수 값을 조절하고 조절된 주파수 값을 2 MHz 전원 공급부에 제공한다. 더구나, 상태 S0 동안, 전력 제어기 (172) 는 DSP (140) 로부터 수신된 감마의 값에 기초하여 전력 값을 결정한다. 상태 S0 동안, 전력 제어기 (172) 는 감마 값에 기초하여 발생된 전력 값에 기초하여 P10의 전력 값을 조절하고 조절된 전력 값을 2 MHz 전원 공급부에 제공한다. 또한, 상태 S0 동안, 2 MHz 전원 공급부는, AFT (264) 로부터 수신된 조절된 주파수 값을 가지고 전력 제어기 (172) 로부터 수신된 조절된 전력 값을 가지는 전력 신호를 발생하고, 그 전력 신호를 임피던스 정합 회로 (182) 를 경유하여 플라즈마 챔버 (102) 에 공급한다.
- [0064] 전력 제어기들 (142 및 172), AFT들 (114 및 264), 및 DSP (140) 는 발생기 제어기 (290) 의 부분들이다. 발생기 제어기 (290), ADC (220), 센서 (210), 및 2 MHz 전원 공급부는 2 MHz 발생기 (292) 의 부분들이다.
- [0065] 도 4a는 그래프들 (302, 304, 306, 및 308) 의 실시형태들을 도시한다. 각각의 그래프 (302, 304, 306, 및 308) 는 킬로와트 (kW) 의 전력 값들을 시간의 함수 t로 그리고 있다. 그래프 302에서 나타낸 바와 같이, 2 MHz 전원 공급부에 의해 공급된 전력 신호인 2 MHz 전력 신호는, 상태 S1 동안에 a1의 전력 값을 가지고 상태 S0 동안에 0의 전력 값을 가진다. 전력 값 a1은 전력 값 P11의 일 예이다. 또한, 60 MHz 전원 공급부에 의해 공급된 전력 신호인 60 MHz 전력 신호는, 상태 S1 동안에 a2의 전력 값을 가지고 상태 S0 동안에 a3의 전력 값을 가진다. a2의 전력 값은 전력 값 P21의 일 예이고 a3의 전력 값은 전력 값 P20의 일 예이다.
- [0066] 그래프 304에 나타낸 바와 같이, 60 MHz 전력 신호는 상태들 S1 및 S0 동안에 전력 값 a2를 가진다. 더구나, 그래프 306에 나타낸 바와 같이, 2 MHz 신호는 상태 S0 동안에 a4의 전력 값을 가진다. 전력 값 a4는 the 전력 값 P10의 일 예이다. 그래프 308에 나타낸 바와 같이, 60 MHz 신호는 2 MHz 신호가 a4의 전력 값을 가지는 경우에 a2의 전력 값을 가진다.
- [0067] 도 4b는 그래프들 (310, 312, 314, 및 316) 의 실시형태들을 도시한다. 각각의 그래프 (310, 312, 314, 및 316) 는 킬로와트의 전력 값들을 시간의 함수 t로 그리고 있다. 그래프 310에 도시된 바와 같이, 60 MHz 신호가 a2의 전력 값으로부터 a3의 전력 값으로 전이하는 (도 4a) 대신, 60 MHz 신호는 a2의 전력 값으로부터 0의 전력 값으로 전이한다.

- [0068] 더구나, 그래프 312에 도시된 바와 같이, 60 MHz 신호는 a2의 전력 값으로부터 전력 값 P20의 일 예인 a5의 전력 값으로 전이한다. 그래프 314에 도시된 바와 같이, 60 MHz 신호는 2 MHz 신호가 a4의 0이 아닌 전력 값을 가지는 경우에 상태 S0 동안 0의 전력 값을 가진다. 그래프 316에 도시된 바와 같이, 60 MHz 전력 신호는 2 MHz 신호가 a4의 0이 아닌 전력 값을 가지는 경우에 상태 S0 동안 a5의 영이 아닌 전력 값을 가진다.
- [0069] 도 5a는 그래프들 (318, 320, 322, 및 324)의 실시형태들을 도시한다. 각각의 그래프 (318, 320, 322, 및 324)는 킬로와트의 전력 값들을 시간의 함수 t로 그리고 있다. 그래프들 (318, 320, 322, 및 324)이 27 MHz 신호의 선도를 포함한다는 것을 제외하면, 그래프 318은 그래프 302 (도 4a)와 유사하며, 그래프 320은 그래프 304 (도 4a)와 유사하며, 그래프 320은 그래프 306 (도 4a)과 유사하고, 그래프 322는 그래프 308 (도 4a)과 유사하다. 27 MHz 신호는 27 MHz 발생기의 27 MHz 전원 공급부 (미도시)로부터 발생된다. 27 MHz 신호는 양쪽 모두의 상태들 S1 및 S0 동안 a6의 전력 값을 갖는 RF 신호이다.
- [0070] 도 5b는 그래프들 (326, 328, 330, 및 332)의 실시형태들을 도시한다. 각각의 그래프 (326, 328, 330, 및 332)는 킬로와트의 전력 값들을 시간의 함수 t로 그리고 있다. 그래프들 (326, 328, 330, 및 332)이 a6의 전력 값을 가지는 27 MHz 신호의 선도를 포함한다는 것을 제외하면, 그래프 326은 그래프 310 (도 4b)과 유사하며, 그래프 328은 그래프 312 (도 4b)와 유사하며, 그래프 330은 그래프 314 (도 4b)와 유사하고, 그래프 332는 그래프 316 (도 4b)과 유사하다.
- [0071] 도 5c는 그래프들 (334, 336, 338, 및 340)의 실시형태들을 도시한다. 각각의 그래프 (334, 336, 338, 및 340)는 킬로와트의 전력 값들을 시간의 함수 t로 그리고 있다. 그래프들 (334, 336, 338, 및 340)이 27 MHz 신호의 선도를 포함한다는 것을 제외하면, 그래프 334는 그래프 302 (도 4a)와 유사하며, 그래프 336은 그래프 304 (도 4a)와 유사하며, 그래프 338은 그래프 306 (도 4a)과 유사하고, 그래프 340은 그래프 308 (도 4a)과 유사하다. 27 MHz 신호는 상태 S1 동안에 a7의 전력 값을 갖는 것에서부터 상태 S0 동안에 a8의 전력 값을 갖는 것으로 전이한다. 전력 값 a7은 전력 값 a8 미만이다.
- [0072] 도 5d는 그래프들 (342, 344, 346, 및 348)의 실시형태들을 도시한다. 각각의 그래프 (342, 344, 346, 및 348)는 킬로와트의 전력 값들을 시간의 함수 t로 그리고 있다. 그래프들 (342, 344, 346, 및 348)이 a7 및 a8의 전력 값들을 가지는 27 MHz 신호의 선도를 포함한다는 것을 제외하면, 그래프 342는 그래프 310 (도 4b)과 유사하며, 그래프 344는 그래프 312 (도 4b)와 유사하며, 그래프 346은 그래프 314 (도 4b)와 유사하고, 그래프 348는 그래프 316 (도 4b)과 유사하다.
- [0073] 도 5e는 그래프들 (350, 352, 354, 및 356)의 실시형태들을 도시한다. 각각의 그래프 (350, 352, 354, 및 356)는 킬로와트의 전력 값들을 시간의 함수 t로 그리고 있다. 그래프들 (350, 352, 354, 및 356)이 27 MHz 신호의 선도를 포함한다는 것을 제외하면, 그래프 350은 그래프 302 (도 4a)와 유사하며, 그래프 352은 그래프 304 (도 4a)와 유사하며, 그래프 354는 그래프 306 (도 4a)과 유사하고, 그래프 356은 그래프 308 (도 4a)과 유사하다. 27 MHz 신호는 상태 S1 동안에 a9의 전력 값을 갖는 것에서부터 상태 S0 동안에 a10의 전력 값을 갖는 것으로 전이한다. 전력 값 a9은 전력 값 a10보다 크다.
- [0074] 도 5f는 그래프들 (358, 360, 362, 및 364)의 실시형태들을 도시한다. 각각의 그래프 (358, 360, 362, 및 364)는 킬로와트의 전력 값들을 시간의 함수 t로 그리고 있다. 그래프들 (358, 360, 362, 및 364)이 a9 및 a10의 전력 값들을 가지는 27 MHz 신호의 선도를 포함한다는 것을 제외하면, 그래프 358은 그래프 310 (도 4b)과 유사하며, 그래프 360은 그래프 312 (도 4b)와 유사하며, 그래프 362는 그래프 314 (도 4b)와 유사하고, 그래프 364는 그래프 316 (도 4b)과 유사하다.
- [0075] 위에서 도시된 그래프들 (302, 304, 306, 308, 310, 312, 314, 316, 318, 320, 322, 324, 326, 328, 330, 332, 334, 336, 338, 340, 342, 344, 346, 348, 350, 352, 354, 356, 및 358)에서, 2 MHz 신호는 실선으로 도시되며, 60 MHz 신호는 쇄선으로 도시되고, 27 MHz 신호는 점선으로 도시된다는 것에 주의해야 한다.
- [0076] 하나의 실시형태에서, 2 MHz 신호, 27 MHz 신호, 및 60 MHz 신호의 상태들, 예컨대, 하이, 로우 등을 TTL 신호 (112)의 상태들과 동기화하는 대신, 하나의 실시형태에서, RF 신호, 예컨대, 27 MHz 신호, 60 MHz 신호 등의 상태는, 다른 RF 신호, 예컨대, 2 MHz 신호 등의 상태와 동기화된다는 것에 주의한다.
- [0077] 도 6은 TTL 신호 (112)의 상태에 기초하여 AFT들 (114 및 264)간을 선택하기 위한 시스템 (311)의 실시형태의 블록도이다. TTL 신호 (112)가 상태 S1에 있는 경우, 시스템 (311)의 선택 로직 (128)은 AFT (114)를 선택하고 TTL 신호 (112)가 상태 S0에 있는 경우, 선택 로직 (128)은 AFT (264)를 선택한다. 선택 로직 (128)의 예들은 멀티플렉서를 구비한다. 선택 로직 (128)이 멀티플렉서를 구비하는 경우, TTL 신호

(112)는 멀티플렉서의 선택 입력들을 수신한다. 예를 들어, TTL 신호의 로우 상태는 멀티플렉서의 제 1 선택 입력에서 수신되고 및 TTL 신호의 하이 상태는 멀티플렉서의 제 2 선택 입력에서 수신된다. 하나의 실시형태에서, 선택 로직 (128)은 프로세서를 구비한다. 일 실시형태에서, 선택 로직 (128)은 DSP (140) 내에 구현된다.

- [0078] AFT (114)가 선택되는 경우, AFT (114)는 주파수 값 F11을 2 MHz 전원 공급부에 제공한다. 마찬가지로, AFT (264)가 선택되는 경우, AFT (264)는 주파수 값 F10을 2 MHz 전원 공급부에 제공한다.
- [0079] 2 MHz 전원 공급부는 클록 소스 (313)로부터 수신되는 클록 신호와 동기하여 2 MHz 신호를 발생한다. 하나의 실시형태에서, 클록 소스 (313)의 클록 신호는 TTL 신호 (112)와 동기된다. 일 실시형태에서, 클록 소스 (313)의 클록 신호는 TTL 신호 (112)의 위상과 거의 동일한 위상을 가진다. 예를 들어, 클록 소스 (313)의 클록 신호의 리딩 에지는 TTL 신호 (112)의 리딩 에지 일 초의 일부 후 또는 전이다. 하나의 실시형태에서, 클록 소스 (313)로부터의 클록 신호 대신, TTL 신호 (112)는 2 MHz 전원 공급부에 제공된다.
- [0080] 도 1을 이용하여 예시된 실시형태에서, AFT들 (114 및 264)간의 선택 대신, 상태 S1 동안, AFT (114)이 선택되고 상태 S0 동안, AFT가 선택되지 않는다. 예를 들어, 상태 S0 동안, 선택 로직 (128)은 임의의 AFT를 선택하지 않는다.
- [0081] 하나의 실시형태에서, 선택 로직 (128)은 AFT들 (114 및 264)대신 전력 제어기들 (142 및 172) (도 3)간을 선택한다. 전력 제어기 (142)가 상태 S1 동안에 선택되는 경우, 전력 제어기 (142)는 전력 값 P11을 2 MHz 전원 공급부에 제공하고 전력 제어기 (172)가 상태 S0 동안에 선택되는 경우, 전력 제어기 (172)는 전력 값 P10을 2 MHz 전원 공급부에 제공한다.
- [0082] 더구나, 도 1을 이용하여 예시된 실시형태에서, 전력 제어기들 (142 및 172)간의 선택 대신, 상태 S1 동안, 전력 제어기 (142)가 선택되고 상태 S0 동안, 전력 제어기가 선택되지 않는다.
- [0083] 일 실시형태에서, 선택 로직 (128)은 60 MHz 발생기 (276) (도 1)내에 구현된다. 이 실시형태는, AFT들 (114 및 264)간을 선택하는 대신, 선택 로직 (128)이 AFT들 (118 및 120) (도 1)간을 선택한다는 것을 제외하면, 도 6을 이용하여 설명된 실시형태와 유사하다. AFT (118)가 상태 S1 동안에 선택되는 경우, AFT (118)는 주파수 값 F21을 60 MHz 전원 공급부에 제공하고 AFT (120)가 상태 S0 동안에 선택되는 경우, AFT (120)는 주파수 값 F20을 60 MHz 전원 공급부에 제공한다. 더구나, 이 실시형태에서, 선택 로직 (128)은 전력 제어기들 (152 및 154)간을 선택하기 위해 구현된다. 전력 제어기 (152)가 상태 S1 동안에 선택되는 경우, 전력 제어기 (152)는 전력 값 P21을 60 MHz 전원 공급부에 제공하고 전력 제어기 (154)가 상태 S0 동안에 선택되는 경우, 전력 제어기 (154)는 전력 값 P20을 60 MHz 전원 공급부에 제공한다.
- [0084] 하나의 실시형태에서, 선택 로직 (128)은 선택 로직 (128)이 2 MHz 발생기 (274) (도 1) 또는 292 (도 3) 또는 60 MHz 발생기 (276) (도 1 및 3)내에 구현되는 유사한 방식으로 27 MHz 발생기 내에 구현된다.
- [0085] 감마의 임의의 값은 선택 로직 (128)에 의해 상태 S1 또는 S0에 기초하여 AFT (114 또는 264)로 전송된다. 예를 들어, 상태가 S1인 경우, DSP (140)는 제 1 감마 값을 선택 로직 (128)에 제공하고 제 1 감마 값은 상태 S1 동안에 측정되는 반사된 및 순방향 전력들에 기초하여 결정된다. 이 예에서, 상태 S1 동안에 AFT (114)를 선택하는 선택 로직 (128)은 DSP (140)로부터 수신된 제 1 감마 값을 AFT (114)에 전송한다. 다른 예로서, 상태가 S0인 경우, DSP (140)는 제 2 감마 값을 선택 로직 (128)에 제공하고 제 2 감마 값은 상태 S0 동안에 측정되는 반사된 및 순방향 전력들에 기초하여 결정된다. 이 예에서, 상태 S0 동안에 AFT (264)를 선택하는 선택 로직 (128)은 DSP (140)로부터 수신된 제 2 감마 값을 AFT (264)에 전송한다.
- [0086] 마찬가지로, 전력 제어기들 (142 및 172) (도 3)이 사용되는 실시형태들에서, 선택 로직 (128)은 상태 S1 동안 DSP (140)로부터 수신된 제 1 감마 값을 전력 제어기 (142)에 전송하고 DSP (140)로부터 수신된 제 2 감마 값을 전력 제어기 (172)에 전송한다. 더구나, AFT (114)가 AFT (264)사용 없이 사용되는 실시형태에서, 선택 로직 (128)은 상태 S0 동안에 제 2 감마 값을 전송하는 것으로부터 자신을 제한한다.
- [0087] 더욱이, 선택 로직 (128)이 60 MHz 발생기 (276) (도 1)내에 구현되고 전력 제어기들 (152 및 154)에 커플링되는 실시형태에서, 선택 로직 (128)은 상태 S1 동안에 DSP (150)로부터 수신된 제 3 감마 값을 전력 제어기 (152)에 전송하고 DSP (150)로부터 수신된 제 4 감마 값을 전력 제어기 (154)에 전송한다. 이 실시형태에서, 제 3 감마 값은 상태 S1 동안에 송신 라인 (232) 상에서 순방향 및 반사된 전력들에 기초하여 발생된다. 또한, 이 실시형태에서, 순방향 및 전력들 양쪽 모두는 센서 (212)에 의해 감지된다. 이 실시형태에서, 제 4 감마 값은 상태 S0 동안에 송신 라인 (232) 상에서 순방향 및 반사된 전력들에 기초하여 발생

된다.

- [0088] 더욱이, 선택 로직 (128) 이 60 MHz 발생기 내에 구현되고 AFT들 (118 및 120) 에 커플링되는 실시형태에서, 선택 로직 (128) 은 상태 S1 동안에 DSP (150) 로부터 수신된 제 3 감마 값을 AFT (118) 에 전송하고 상태 S1 동안에 DSP (150) 로부터 수신된 제 4 감마 값을 AFT (120) 에 전송한다.
- [0089] 도 7은 전력 값들의 제 1 세트 및 주파수들의 제 1 세트를 갖는 RF 신호들을 발생할 것인지 또는 전력 값들의 제 2 세트 및 주파수들의 제 2 세트를 갖는 RF 신호들을 발생할 것인지를 결정하기 위한 방법 (321) 의 실시형태의 흐름도이다. 동작 323에서, 플라즈마는 플라즈마 챔버 (102) (도 1) 내에서 때려진다, 예컨대, 발생된다. 또한, 동작 325에서, TTL 신호 (112) 는 2 MHz 발생기, 예컨대, 발생기 (274) (도 1), 발생기 (292) (도 3) 등에 의해 수신되고, 60 MHz 발생기 (276) (도 1 및 3) 에 의해 수신된다. 예를 들어, DSP (140) (도 1) 는 도구 UI (190) 로부터 TTL 신호 (112) 를 수신하고 DSP (150) (도 1) 는 도구 UI (190) 로부터 TTL 신호 (112) 를 수신한다.
- [0090] 동작 327에서, DSP, 예컨대, DSP (140), DSP (150) 등은, TTL 신호 (112) 의 상태가 S1인지 또는 S0인지를 결정한다. 예를 들어, DSP (140) 는 TTL 신호 (112) 의 상태가 하이인지 또는 로우인지를 결정한다. 다른 예로서, DSP (150) 는 TTL 신호 (112) 의 상태가 1인지 또는 0인지를 결정한다.
- [0091] TTL 신호 (112) 의 상태가 S1이라는 결정에 응답하여, 동작 329에서, TTL 신호 (112) 는 DSP, 예컨대, DSP (140), DSP (150) 등에 의해, 대응하는 AFT 또는 전력 제어기, 예컨대, AFT (114), AFT (118), 전력 제어기 (142), 전력 제어기 (152) 등에 상태 S1을 달성하기 위해 전송된다. 예를 들어, 상태 S1의 식별은 DSP (140) 로부터 AFT (114) 에 그리고 전력 제어기 (142) 에 전력 값 P11 및 주파수 값 F11을 달성하여 추가로 상태 S1을 달성하기 위해 전송된다. 이 예에서, AFT (114) 는 주파수 값 F11에 대응하는 상태 S1을 포함하는 제 1 룩업 테이블에 기초하여 주파수 값 F11을 제공한다. 더구나, 이 예에서, 전력 제어기 (142) 는 전력 값 P11에 대응하는 상태 S1을 포함하는 제 2 룩업 테이블에 기초하여 전력 값 P11을 제공한다. 이 예에서, 제 1 룩업 테이블은 AFT (114) 내에 저장되고 제 2 룩업 테이블은 전력 제어기 (142) 내에 제공된다.
- [0092] 다른 예로서, 상태 S1은 DSP (150) 로부터 AFT (118) 에 그리고 전력 제어기 (152) 에 전력 값 P21 및 주파수 값 F21을 달성하여 상태 S1을 달성하기 위해 전송된다. 이 예에서, AFT (118) 는 주파수 값 F21에 대응하는 상태 S1을 포함하는 제 3 룩업 테이블에 기초하여 주파수 값 F21을 제공한다. 더구나, 이 예에서, 전력 제어기 (152) 는 전력 값 P21에 대응하는 상태 S1을 포함하는 제 4 룩업 테이블에 기초하여 전력 값 P21을 제공한다. 이 예에서, 제 3 룩업 테이블은 AFT (118) 내에 저장되고 제 4 룩업 테이블은 전력 제어기 (152) 내에 저장된다.
- [0093] 동작 331에서, 플라즈마 챔버 (102) 내에서 플라즈마로부터 반사된 RF 전력인 반사된 전력과, 순방향 전력은 송신 라인 (230) (도 1) 상에서 측정된다. 반사된 및 순방향 전력들은 센서 (210) (도 1) 에 의해 측정된다. 순방향 전력 및 반사된 전력의 측정된 아날로그 값들은 센서 (210) 에 의해 ADC (220) 에 제공되고, 그 DAC 는 아날로그 값들을 디지털 값들로 변환한다. 더구나, 동작 331에서, 반사된 전력 및 순방향 전력은 송신 라인 (232) (도 1) 상에서 측정된다. 반사된 및 순방향 전력들은 센서 (212) (도 1) 에 의해 측정된다. 순방향 전력 및 반사된 전력의 측정된 아날로그 값들은 센서 (212) 에 의해 ADC (222) 에 제공되고, 그 DAC 는 아날로그 값들을 디지털 값들로 변환한다.
- [0094] 동작 333에서, DSP (140) 는 센서 (210) 에 의해 측정된 순방향 및 반사된 전력들의 디지털 값들을 수신하고 그 값들로부터 감마를 결정한다. 또한, 동작 333에서, DSP (150) 는 센서 (212) 에 의해 측정된 순방향 및 반사된 전력들의 디지털 값들을 수신하고 그 값들로부터 감마를 결정한다.
- [0095] 동작 335에서, 감마는 주파수 값 F11을 조절하기 위해 DSP (140) 에 의해 AFT (114) 에 제공되고 전력 값 P11을 조절하기 위해 DSP (140) 에 의해 전력 제어기 (142) 에 제공된다. 일 예로, AFT (114) 는 상태 S1에 대해 송신 라인 (230) 상의 신호들에 기초하여 측정된 감마에 대응하는 룩업 테이블로부터, 주파수 값 F11 과는 다른, 주파수 값을 취출하고 그 다른 주파수 값을 2 MHz 전원 공급부에 제공한다. 2 MHz 전원 공급부는 그 다른 주파수 값을 갖는 RF 신호를 발생한다. 더구나, 동작 335에서, 감마는 전력 값 P11을 조절하기 위해 DSP (140) 에 의해 전력 제어기 (142) 에 제공된다. 일 예로, 전력 제어기 (142) 는 상태 S1에 대해 송신 라인 (230) 상의 신호들에 기초하여 측정된 감마에 대응하는 룩업 테이블로부터, 전력 값 P11과는 다른, 전력 값을 취출하고 그 다른 전력 값을 2 MHz 전원 공급부에 제공한다. 2 MHz 전원 공급부는 그 다른 전력 값을 갖는 RF 신호를 발생한다.

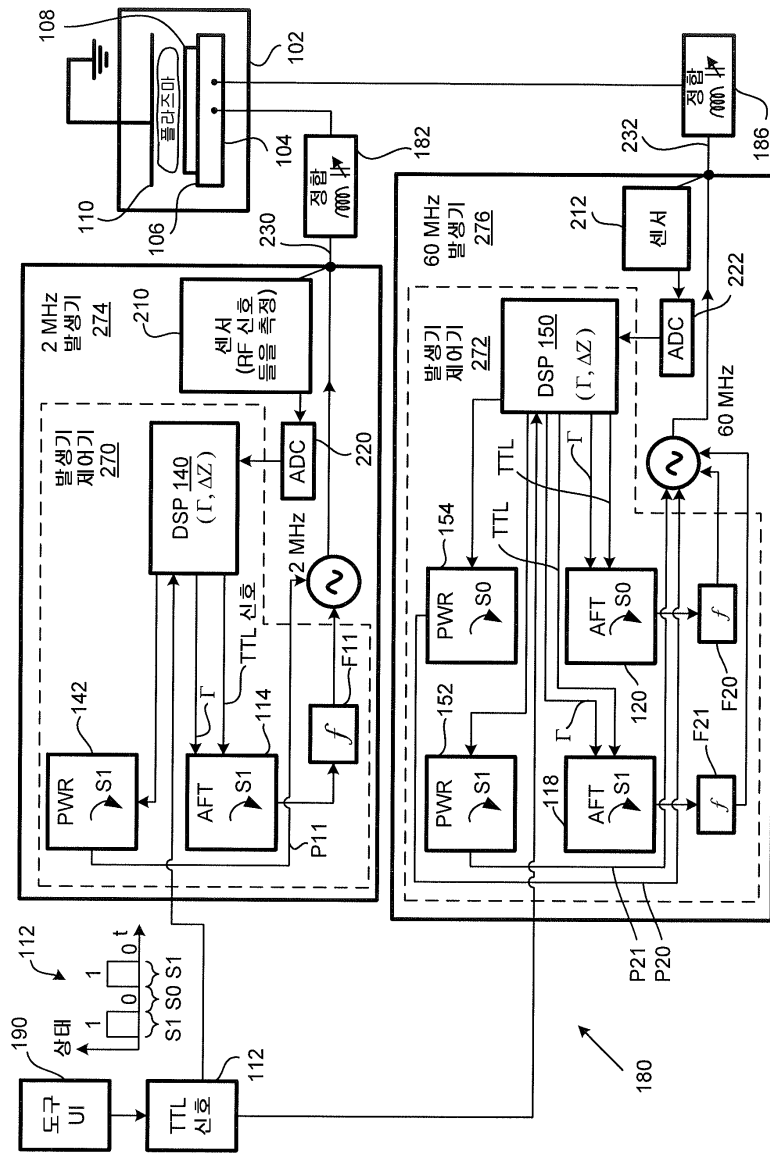
- [0096] 더구나, 동작 335에서, 감마는 주파수 값 F21을 조절하기 위해 DSP (150)에 의해 AFT (118)에 제공되고 전력 값 P21을 조절하기 위해 DSP (150)에 의해 전력 제어기 (152)에 제공된다. 일 예로, AFT (118)는 상태 S1에 대해 송신 라인 (232)상의 신호들에 기초하여 측정된 감마에 대응하는 룩업 테이블로부터, 주파수 값 F21과는 다른, 주파수 값을 취출하고 그 다른 주파수 값을 60 MHz 전원 공급부에 제공한다. 60 MHz 전원 공급부는 그 다른 주파수 값을 갖는 RF 신호를 발생한다. 다른 예로, 전력 제어기 (152)는 상태 S1에 대해 송신 라인 (232)상의 신호들에 기초하여 측정된 감마에 대응하는 룩업 테이블로부터, 전력 값 P21과는 다른, 전력 값을 취출하고 그 다른 전력 값을 60 MHz 전원 공급부에 제공한다. 60 MHz 전원 공급부는 그 다른 전력 값을 갖는 RF 신호를 발생한다. 이 방법 (321)은 동작 335 뒤에 동작 325를 반복한다.
- [0097] TTL 신호 (112)의 상태가 S0이라는 결정에 응답하여, 동작 337에서, TTL 신호 (112)는 DSP, 예컨대, DSP (140), DSP (150) 등에 의해, 대응하는 AFT 또는 전력 제어기, 예컨대, AFT (264), AFT (120), 전력 제어기 (172), 전력 제어기 (154) 등에 상태 S0을 달성하기 위해 전송된다. 예를 들어, 상태 S0의 식별은 DSP (140)로부터 AFT (264)에 그리고 전력 제어기 (172)에 전력 값 P10 및 주파수 값 F10을 달성하여 추가로 상태 S0을 달성하기 위해 전송된다. 이 예에서, AFT (264)는 주파수 값 F10에 대응하는 상태 S0을 포함하는 제 5 룩업 테이블에 기초하여 주파수 값 F10을 제공한다. 더구나, 이 예에서, 전력 제어기 (172)는 전력 값 P10에 대응하는 상태 S0을 포함하는 제 6 룩업 테이블에 기초하여 전력 값 P10을 제공한다. 이 예에서, 제 5 룩업 테이블은 AFT (264) 내에 저장되고 제 6 룩업 테이블은 전력 제어기 (172) 내에 저장된다.
- [0098] 다른 예로서, 상태 S0의 식별은 DSP (150)로부터 AFT (120)에 그리고 전력 제어기 (154)에 전력 값 P20 및 주파수 값 F20을 달성하여 상태 S0을 달성하기 위해 전송된다. 이 예에서, AFT (120)는 주파수 값 F20에 대응하는 상태 S0을 포함하는 제 7 룩업 테이블에 기초하여 주파수 값 F20을 제공한다. 더구나, 이 예에서, 전력 제어기 (154)는 전력 값 P20에 대응하는 상태 S0을 포함하는 제 8 룩업 테이블에 기초하여 전력 값 P20을 제공한다. 이 예에서, 제 7 룩업 테이블은 AFT (120) 내에 저장되고 제 8 룩업 테이블은 전력 제어기 (154) 내에 저장된다.
- [0099] 동작 339는 동작 331과 동일하고 동작 341은 동작 333과 동일하다. 동작 343에서, 감마는 주파수 값 F10을 조절하기 위해 DSP (140)에 의해 AFT (264)에 제공되고 전력 값 P10을 조절하기 위해 DSP (140)에 의해 전력 제어기 (172)에 제공된다. 일 예로, AFT (264)는 상태 S0에 대해 송신 라인 (230)상의 신호들에 기초하여 측정된 감마에 대응하는 룩업 테이블로부터, 주파수 값 F10과는 다른, 주파수 값을 취출하고 그 다른 주파수 값을 2 MHz 전원 공급부에 제공한다. 2 MHz 전원 공급부는 그 다른 주파수 값을 갖는 RF 신호를 발생한다. 더구나, 동작 343에서, 감마는 전력 값 P10을 조절하기 위해 DSP (140)에 의해 전력 제어기 (172)에 제공된다. 일 예로, 전력 제어기 (172)는 상태 S0에 대해 송신 라인 (230)상의 신호들에 기초하여 측정된 감마에 대응하는 룩업 테이블로부터, 전력 값 P10과는 다른, 전력 값을 취출하고 그 다른 전력 값을 2 MHz 전원 공급부에 제공한다. 2 MHz 전원 공급부는 그 다른 전력 값을 갖는 RF 신호를 발생한다.
- [0100] 더구나, 동작 343에서, 감마는 주파수 값 F20을 조절하기 위해 DSP (150)에 의해 AFT (120)에 제공되고 전력 값 P20을 조절하기 위해 DSP (150)에 의해 전력 제어기 (154)에 제공된다. 일 예로, AFT (120)는 상태 S0에 대해 송신 라인 (232)상의 신호들에 기초하여 측정된 감마에 대응하는 룩업 테이블로부터, 주파수 값 F20과는 다른, 주파수 값을 취출하고 그 다른 주파수 값을 60 MHz 전원 공급부에 제공한다. 60 MHz 전원 공급부는 그 다른 주파수 값을 갖는 RF 신호를 발생한다. 더구나, 동작 343에서, 감마는 전력 값 P20을 조절하기 위해 DSP (150)에 의해 전력 제어기 (154)에 제공된다. 일 예로, 전력 제어기 (154)는 상태 S0에 대해 송신 라인 (232)상의 신호들에 기초하여 측정된 감마에 대응하는 룩업 테이블로부터, 전력 값 P20과는 다른, 전력 값을 취출하고 그 다른 전력 값을 60 MHz 전원 공급부에 제공한다. 60 MHz 전원 공급부는 그 다른 전력 값을 갖는 RF 신호를 발생한다. 이 방법 (321)은 동작 343 뒤에 동작 325를 반복한다.
- [0101] 하나의 실시형태에서, 동작들 (331, 333, 335, 339, 341, 및 343)은 옵션적이다. 예를 들어, 동작 325는 동작들 (329 및 337) 후에 반복되고 동작들 (331, 333, 335, 339, 341, 및 343)은 수행되지 않는다.
- [0102] 위에서 설명된 실시형태들이 2 MHz RF 신호 및/또는 60 MHz 신호 및/또는 27 MHz 신호를 하부 전극 (104)에 제공하고 상부 전극 (110)을 접지시키는 것에 관련되지만, 여러 실시형태들에서, 2 MHz, 60 MHz, 및 27 MHz 신호들은 상부 전극 (110)에 제공되는 한편 하부 전극 (104)은 접지된다는 것에 주의해야 한다.
- [0103] 일 실시형태에서, 플라즈마의 임피던스에서의 변화는 TTL 신호 (112)의 상태들 S1 및 S0을 발생시키는데 이용되지 않는다는 것에 추가로 주의해야 한다. 상태들 S1 및 S0은 플라즈마의 임피던스에서의 변화와는 독립적

이다.

- [0104] 하나의 실시형태에서, 입력, 예컨대, 주파수 입력, 전력 입력 등, 또는 레벨, 예컨대, 전력 레벨, 주파수 레벨은, 다른 값의 임계치 내의 하나 이상의 값들을 포함한다는 것에 또한 주의한다. 예를 들어, 전력 레벨은 전력 값 P21과 전력 값 P21의 임계치 내에 있는 다른 전력 값들을 포함한다. 이 예에서, 전력 레벨은 다른 상태에 대해 임의의 전력 값들을, 예컨대, 상태 S0에 대해 전력 값 P20을 배제시킨다. 다른 예로서, 주파수 입력은 주파수 값 F11과 주파수 값 F11의 임계치 내에 있는 다른 주파수 값들을 포함한다. 이 예에서, 주파수 입력은 다른 상태에 대해 임의의 주파수 값들, 예컨대, 상태 S0에 대해 주파수 값 F10을 배제시킨다.
- [0105] 위에서 설명된 실시형태들이 평균 플라즈마 챔버를 참조하여 설명되었지만, 하나의 실시형태에서, 위에서 설명된 실시형태들은 플라즈마 챔버들의 다른 유형들, 예컨대, 유도 결합 플라즈마 (ICP) 반응기를 구비한 플라즈마 챔버, 전자-사이클로트론 공진 (ECR) 반응기 등에 적용된다는 것에 주의한다. 예를 들어, 2 MHz 및 60 MHz 전력 공급부들은 ICP 플라즈마 챔버 내의 인덕터에 커플링된다는 것에 주의한다.
- [0106] 하나의 실시형태에서, 발생기 제어기의 AFT 및/또는 전력 제어기에 의해 수행된 동작들은 발생기 제어기의 DSP에 의해 수행된다. 예를 들어, AFT (118 및 120)에 의해 수행된 바와 같은 본원에서 설명된 동작들은 DSP (150) (도 3)에 의해 수행된다. 다른 예로서, AFT (114), AFT (264), 전력 제어기 (142), 및 전력 제어기 (172)에 의해 수행된 바와 같은 본원에서 설명된 동작들은 DSP (140) (도 3)에 의해 수행된다.
- [0107] 본원에서 설명된 실시형태들은 핸드-헬드 디바이스들, 마이크로프로세서 시스템들, 마이크로프로세서-기반 또는 프로그램가능 소비자 가전기기들, 마이크로컴퓨터들, 메인프레임 컴퓨터들 등을 포함한, 각종 컴퓨터 시스템 구성들로 실용화될 수도 있다. 실시형태들은 또한 태스크들이 네트워크를 통해 링크되는 원격 프로세싱 디바이스들에 의해 수행되는 분산형 컴퓨팅 환경들에서 실용화될 수도 있다.
- [0108] 위의 실시형태들을 염두하여, 실시형태들이 컴퓨터 시스템들에 저장된 데이터에 관계한 갖가지 컴퓨터-구현된 동작들을 채용할 수 있다는 것이 이해되어야 한다. 이들 동작들은 물리량들의 물리적 조작을 필요로 하는 것들이다. 실시형태들의 부분을 형성하는 본원에서 설명된 동작들 중 임의의 것은 유용한 머신 동작들이다. 실시형태들은 또한 이들 동작들을 수행하기 위한 디바이스 또는 장치에 관련된다. 장치는 특수 목적 컴퓨터를 위해 특별히 구성될 수도 있다. 전용 컴퓨터로서 한정되는 경우, 그 컴퓨터는 또한 특수 목적의 부분이 아닐 수도 있지만 여전히 특수 목적을 위해 동작 가능한 다른 프로세싱, 프로그램 실행 또는 루틴들을 수행할 수 있다. 대안으로, 동작들은 컴퓨터 메모리, 캐시에 저장되거나, 또는 네트워크를 통해 획득된 하나 이상의 컴퓨터 프로그램들에 의해 선택적으로 활성화되거나 또는 구성되는 범용 컴퓨터에 의해 처리될 수도 있다. 데이터가 네트워크를 통해 획득되는 경우 그 데이터는 컴퓨팅 자원들의 네트워크, 예컨대, 클라우드 상의 다른 컴퓨터들에 의해 처리될 수도 있다.
- [0109] 하나 이상의 실시형태들은 또한 컴퓨터 판독가능 매체 상의 컴퓨터 판독가능 코드로서 제작될 수 있다. 컴퓨터 판독가능 매체는 컴퓨터 시스템에 의해 그 후에 판독될 수 있는 데이터를 저장할 수 있는 임의의 데이터 저장 디바이스이다. 컴퓨터 판독가능 매체의 예들은 하드 드라이브들, 네트워크 결부형 (attached) 스토리지 (NAS), ROM, RAM, 콤팩트 디스크-ROM들 (CD-ROM들), CD-R들 (CD-recordables), CD-RW들 (CD-rewritables), 자기 테이프들 및 다른 광학적 및 비-광학적 데이터 저장 디바이스들을 포함한다. 컴퓨터 판독가능 매체는 컴퓨터 판독가능 코드가 분산형태로 저장되고 실행되도록 네트워크-커플링된 컴퓨터 시스템 상에 분산된 컴퓨터 판독가능 유형의 (tangible) 매체를 구비할 수 있다.
- [0110] 방법 동작들이 특정 순서로 설명되었지만, 오버레이 동작들의 처리가 소망의 방식으로 수행되는 한, 다른 하우스키핑 (housekeeping) 동작들이 동작들 사이에서 수행될 수도 있거나, 또는 동작들은 약간 상이한 시간들에서 발생하도록 조절될 수도 있거나, 또는 처리 동작들의 발생을 그 처리에 연관된 갖가지 간격들로 허용하는 시스템에 분산될 수도 있다는 것이 이해되어야 한다.
- [0111] 임의의 실시형태로부터의 하나 이상의 특징들은 본 개시물에서 설명된 갖가지 실시형태들에서 설명되는 범위로부터 벗어남 없이 임의의 다른 실시형태의 하나 이상의 특징들과 조합될 수도 있다.
- [0112] 전술의 실시형태들이 이해의 명료함을 위해 다소 상세히 설명되었지만, 특정 변경들 및 변형들이 첨부된 청구항들의 범위 내에서 실용화될 수 있다는 것이 명백할 것이다. 따라서, 본 실시형태들은 예시적이지만 비제한적인 것으로 고려되는 것들이고, 그 실시형태들은 본원에서 주어진 상세내용들로 한정되는 것이 아니고, 첨부된 청구항들의 범위 및 동등물들 내에서 변형될 수도 있다.

도면

도면1

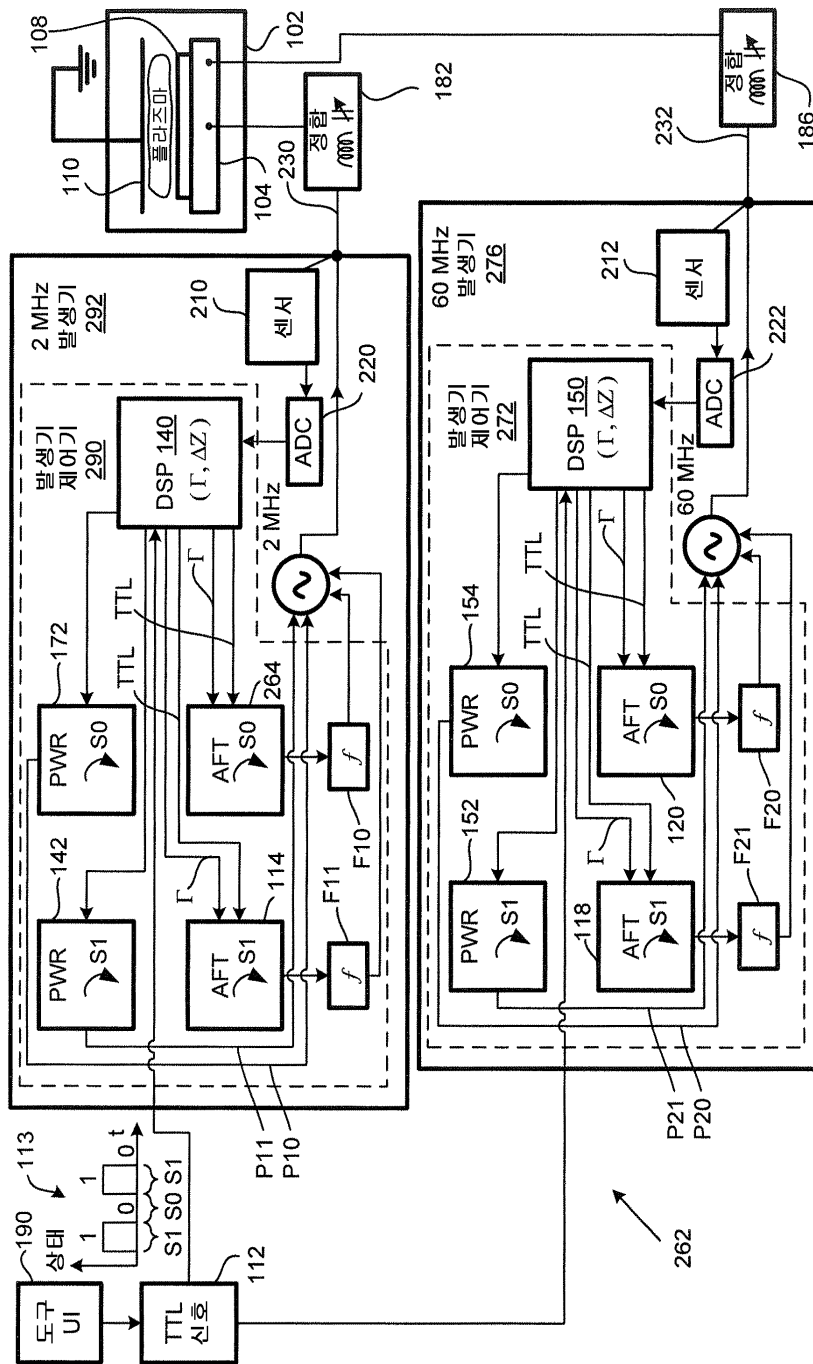


도면2

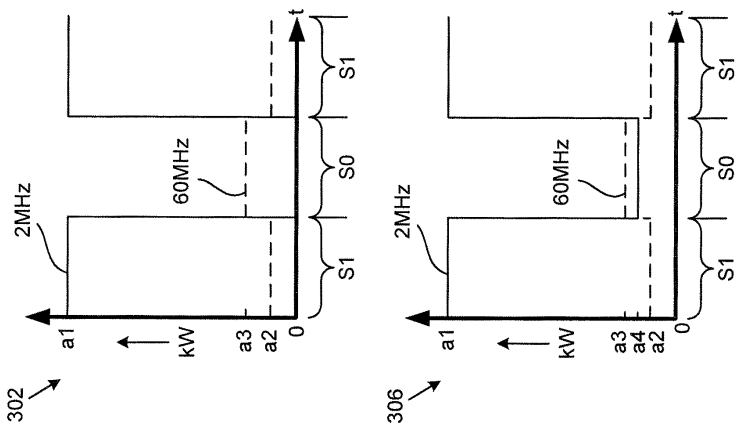
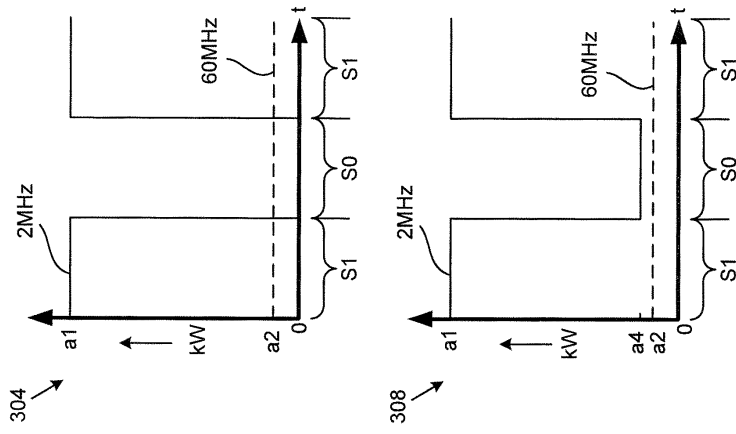
250

TTL 신호	상태	Γ
1	S1	f 의 조절용
0	S0	f 의 조절용

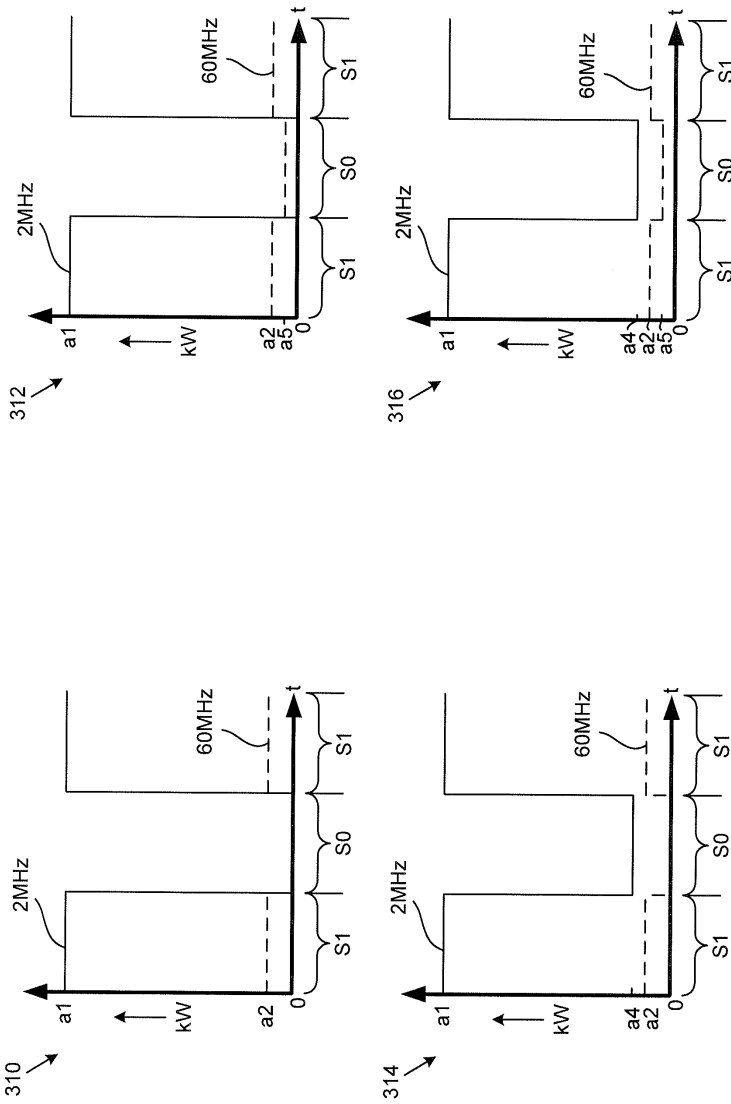
도면3



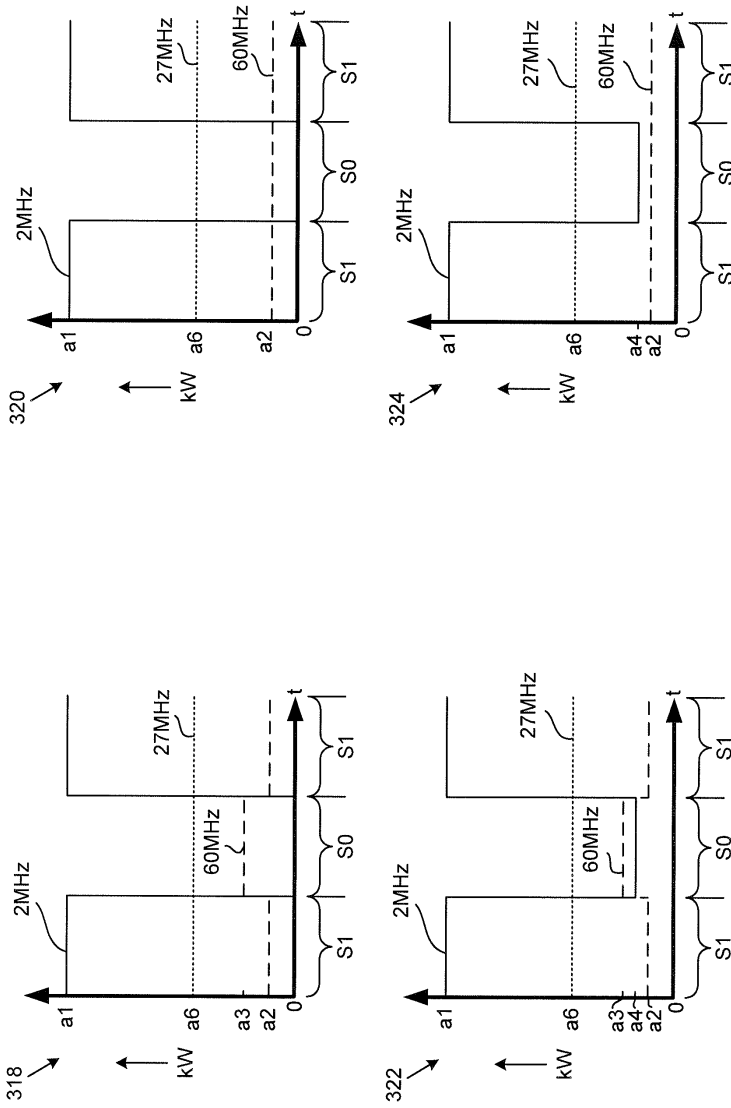
도면4a



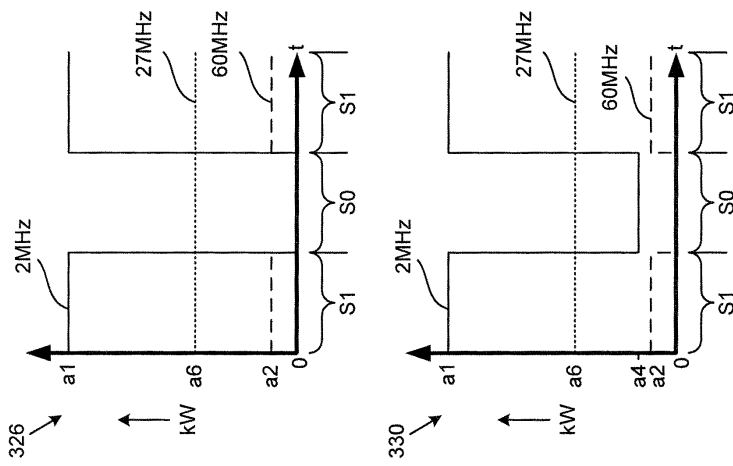
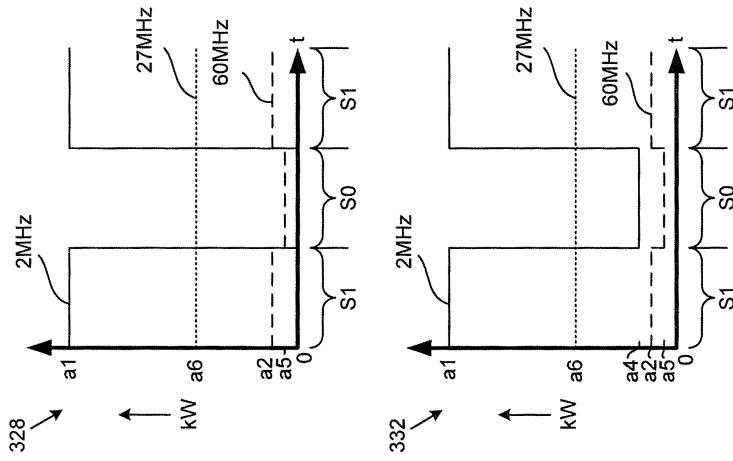
도면4b



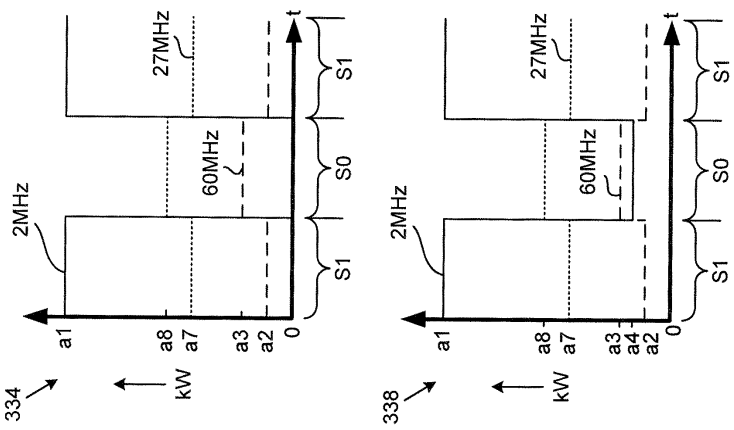
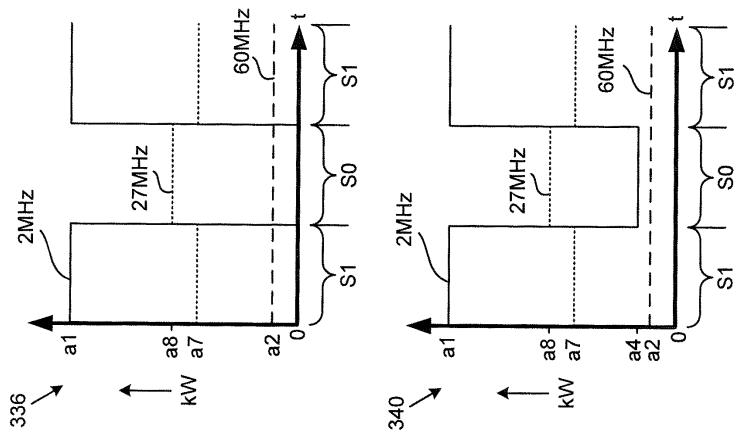
도면5a



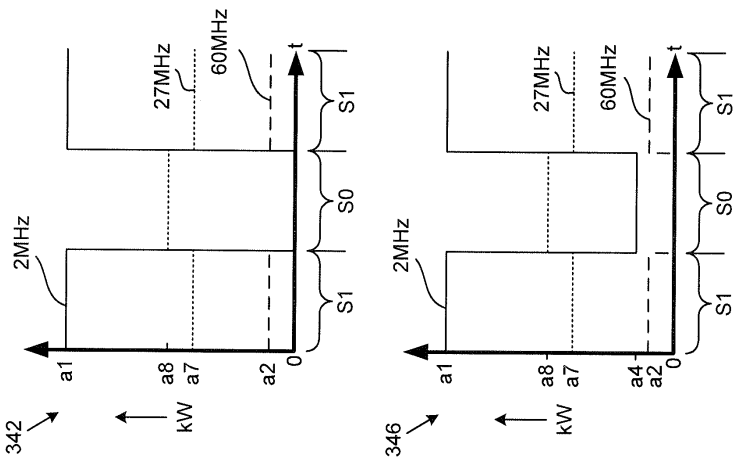
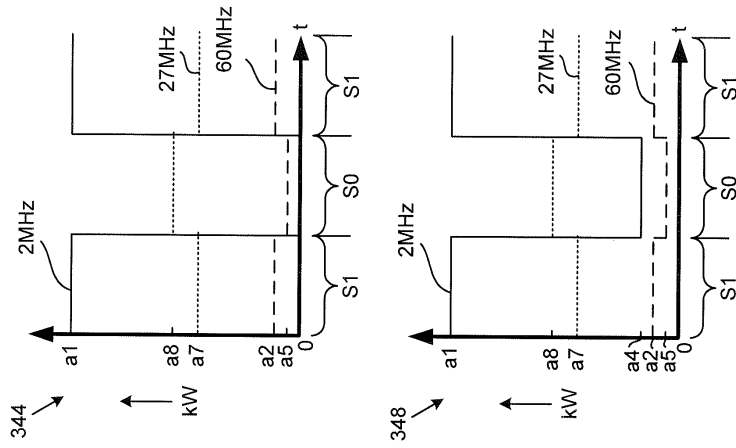
도면5b



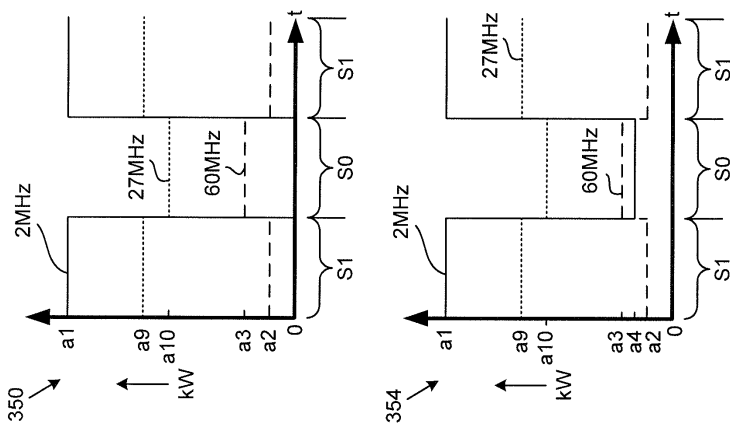
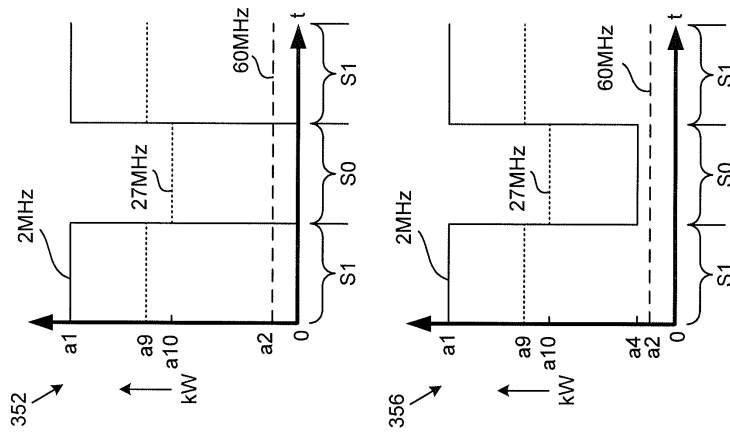
도면5c



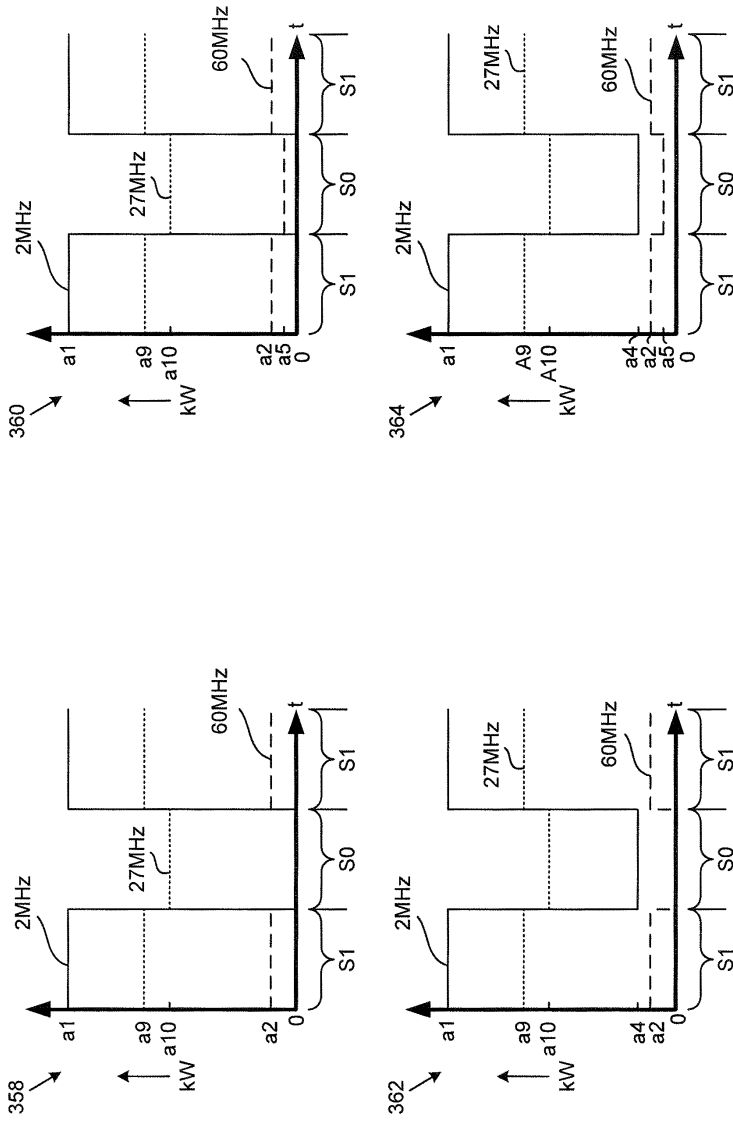
도면5d



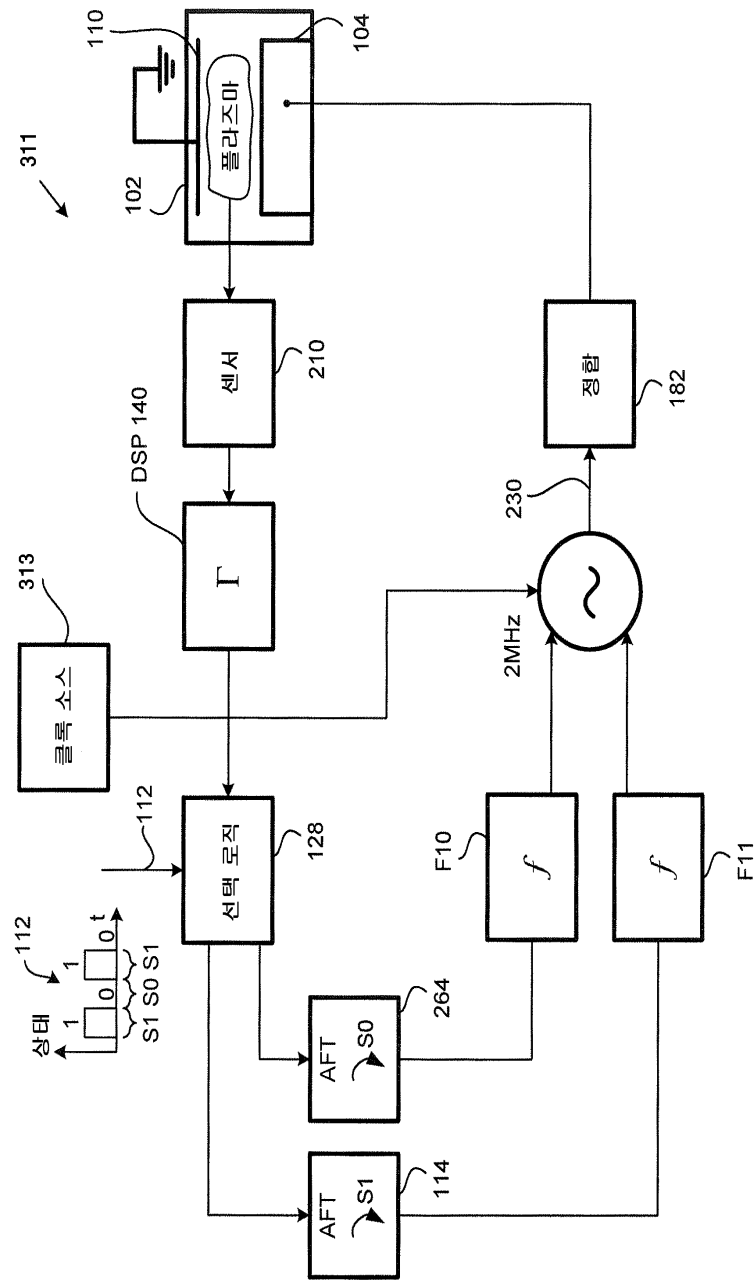
도면5e



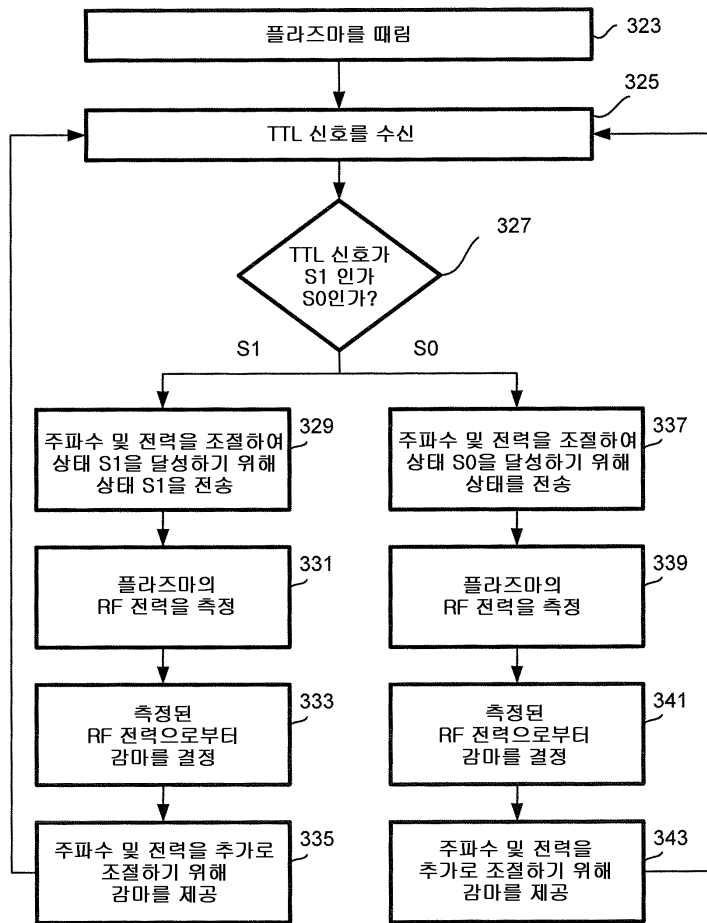
도면5f



도면6



도면7



321