



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2017년02월17일
(11) 등록번호 10-1708075
(24) 등록일자 2017년02월13일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
H01J 37/32 (2006.01) H05H 1/46 (2006.01)
(21) 출원번호 10-2011-7029647
(22) 출원일자(국제) 2010년06월09일
심사청구일자 2015년06월08일
(85) 번역문제출일자 2011년12월09일
(65) 공개번호 10-2012-0028916
(43) 공개일자 2012년03월23일
(86) 국제출원번호 PCT/US2010/037942
(87) 국제공개번호 WO 2010/144555
국제공개일자 2010년12월16일
(30) 우선권주장
61/186,710 2009년06월12일 미국(US)
(56) 선행기술조사문헌
JP2001085196 A*
JP2008078355 A*
US05907221 A*
*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자
램 리써치 코포레이션
미국 94538 캘리포니아주 프레몬트 쿠싱 파크웨이
4650
(72) 발명자
롱 마오린
미국 94538 캘리포니아주 프레몬트 쿠싱 파크웨이
4650 램 리써치 코포레이션 리걸 디파트먼트 씨/오
자파리안-테라니 세예드 자파르
미국 94538 캘리포니아주 프레몬트 쿠싱 파크웨이
4650 램 리써치 코포레이션 리걸 디파트먼트 씨/오
(74) 대리인
특허법인인벤투스

전체 청구항 수 : 총 19 항

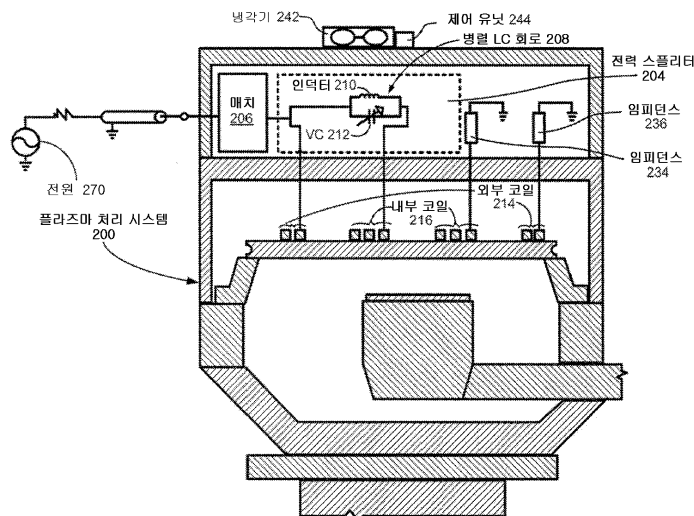
심사관 : 이민형

(54) 발명의 명칭 유도 결합 플라즈마 처리 시스템에서의 전류 비율 조정

(57) 요약

적어도 하나의 웨이퍼를 처리하기 위해 플라즈마를 발생시키는 플라즈마 처리 시스템이 개시된다. 상기 플라즈마 처리 시스템은 상기 플라즈마의 적어도 제 1 부분을 유지하기 위한 제 1 전류를 전도시키는 제 1 코일을 포함할 수 있다. 상기 플라즈마 처리 시스템은 또한 상기 플라즈마의 적어도 제 2 부분을 유지하기 위한 제 2 전류를 전도시키는 제 2 코일을 포함할 수 있다. 플라즈마 처리 시스템은 또한 상기 제 1 전류 및 상기 제 2 전류를 공급하는 전원을 포함할 수 있다. 플라즈마 처리 시스템은 또한 상기 제 1 전류의 전류량과 상기 제 2 전류의 전류량 중의 하나를 조정하는 병렬 회로를 포함할 수 있다. 상기 병렬 회로는 상기 제 1 코일 및 상기 제 2 코일 중의 적어도 하나와 상기 전원 사이에서 전기적으로 결합될 수 있다. 상기 병렬 회로는 서로에 대해 병렬로 전기 접속되는 인덕터 및 가변 커패시터를 포함할 수 있다.

대표도



명세서

청구범위

청구항 1

적어도 하나의 웨이퍼를 처리하기 위해 플라즈마를 발생시키는 플라즈마 처리 시스템으로서,

상기 플라즈마의 적어도 제 1 부분을 유지하기 위한 제 1 전류를 전도시키는 제 1 코일;

상기 플라즈마의 적어도 제 2 부분을 유지하기 위한 제 2 전류를 전도시키는 제 2 코일;

상기 제 1 전류 및 상기 제 2 전류를 공급하는 전원으로서, 상기 제 1 코일 및 상기 제 2 코일과 전기적으로 결합되는, 상기 전원; 및

상기 제 1 전류의 전류량 (amperage) 과 상기 제 2 전류의 전류량 중의 하나를 조정하는 제 1 병렬 회로로서, 상기 제 1 코일 및 상기 제 2 코일 중의 적어도 하나와 상기 전원 사이에 전기적으로 결합되는, 상기 제 1 병렬 회로를 포함하며,

상기 제 1 병렬 회로는 적어도 제 1 인덕터 및 제 1 가변 커패시터를 포함하고, 상기 제 1 인덕터 및 상기 제 1 가변 커패시터는 서로에 대해 병렬로 전기 접속되고,

상기 제 1 전류의 전류량과 상기 제 2 전류의 전류량 중의 하나 이상을 조정하기 위한 1 개의 가변 커패시터를 포함하고, 상기 1 개의 가변 커패시터는 상기 제 1 가변 커패시터인, 플라즈마 처리 시스템.

청구항 2

삭제

청구항 3

제 1 항에 있어서,

상기 제 1 전류의 전류량과 상기 제 2 전류의 전류량 중의 하나 이상을 조정하는 1 개의 병렬 회로를 포함하고, 상기 1 개의 병렬 회로는 상기 제 1 병렬 회로인, 플라즈마 처리 시스템.

청구항 4

제 1 항에 있어서,

상기 제 1 병렬 회로는, 상기 제 2 전류의 전류량이 아닌 상기 제 1 전류의 전류량을 조정하기 위한 것이고, 또한

상기 제 2 코일은 상기 제 1 코일을 둘러싸는, 플라즈마 처리 시스템.

청구항 5

제 4 항에 있어서,

상기 제 2 전류의 전류량을 감소시키기 위한 제 2 인덕터를 더 포함하고,

상기 제 2 인덕터는 상기 전원과 상기 제 2 코일 사이에 전기적으로 결합되고, 상기 제 2 인덕터와 상기 제 1 병렬 회로는 상기 전원에 대해 병렬로 전기 접속되는, 플라즈마 처리 시스템.

청구항 6

제 1 항에 있어서,

상기 제 1 병렬 회로는, 상기 제 1 전류의 전류량이 아닌 상기 제 2 전류의 전류량을 조정하기 위한 것이고, 또한

상기 제 2 코일은 상기 제 1 코일을 둘러싸는, 플라즈마 처리 시스템.

청구항 7

제 6 항에 있어서,
상기 제 1 전류의 전류량을 감소시키기 위한 제 2 인덕터를 더 포함하고,
상기 제 2 인덕터는 상기 전원과 상기 제 1 코일 사이에 전기적으로 결합되는, 플라스마 처리 시스템.

청구항 8

제 1 항에 있어서,
상기 제 1 병렬 회로를 냉각시키기 위한 냉각기 (cooler) 를 더 포함하는, 플라스마 처리 시스템.

청구항 9

제 1 항에 있어서,
상기 플라스마의 적어도 제 3 부분을 유지하기 위한 제 3 전류를 전도시키는 제 3 코일로서, 상기 전원이 상기 제 3 전류를 공급하도록 더 구성되는, 상기 제 3 코일; 및
상기 제 2 전류의 전류량을 조정하는 제 2 병렬 회로로서, 상기 전원과 상기 제 2 코일 사이에 전기적으로 결합되고, 적어도 제 2 인덕터 및 제 2 가변 커패시터를 포함하며, 상기 제 2 인덕터 및 상기 제 2 가변 커패시터는 서로에 대해 병렬로 전기 접속되는, 상기 제 2 병렬 회로를 더 포함하고,
상기 제 1 병렬 회로는 상기 제 1 전류의 전류량을 조정하기 위해서 상기 전원과 상기 제 1 코일 사이에서 전기적으로 결합되는, 플라스마 처리 시스템.

청구항 10

제 9 항에 있어서,
상기 제 3 코일은 상기 제 2 코일을 둘러싸고, 또한
상기 제 2 코일은 상기 제 1 코일을 둘러싸는, 플라스마 처리 시스템.

청구항 11

제 9 항에 있어서,
상기 제 3 전류의 전류량을 감소시키기 위한 제 3 인덕터를 더 포함하는, 플라스마 처리 시스템.

청구항 12

제 11 항에 있어서,
상기 제 3 코일은 상기 제 2 코일을 둘러싸고, 또한
상기 제 2 코일은 상기 제 1 코일을 둘러싸는, 플라스마 처리 시스템.

청구항 13

제 11 항에 있어서,
상기 제 3 코일은 상기 제 1 코일을 둘러싸고, 또한
상기 제 2 코일은 상기 제 3 코일을 둘러싸는, 플라스마 처리 시스템.

청구항 14

제 11 항에 있어서,
상기 제 1 코일은 상기 제 2 코일을 둘러싸고, 또한
상기 제 2 코일은 상기 제 3 코일을 둘러싸는, 플라스마 처리 시스템.

청구항 15

제 1 항에 있어서,

상기 플라즈마의 적어도 복수의 부분들을 유지하기 위한 복수의 전류들을 전도시키는 소정 수의 코일들로서, 상기 전원은 상기 복수의 전류들을 공급하도록 구성되고, 상기 코일들은 적어도 상기 제 1 코일 및 상기 제 2 코일을 포함하는, 상기 소정 수의 코일들; 및

복수의 상기 전류들의 전류량을 조정하는 소정 수의 병렬 인덕터-커패시터 회로들로서, 상기 병렬 인덕터-커패시터 회로들의 소정 수는 상기 코일들의 갯수에서 1을 뺀 수이며, 상기 병렬 인덕터-커패시터 회로들의 소정 수는 적어도 3 개인, 상기 소정 수의 병렬 인덕터-커패시터 회로들을 포함하는, 플라즈마 처리 시스템.

청구항 16

제 15 항에 있어서,

제 3 전류의 전류량을 감소시키기 위한 제 2 인덕터를 더 포함하고,

상기 제 2 인덕터 및 상기 제 1 인덕터는 상기 전원에 대해 병렬로 전기 접속되고, 상기 제 3 전류는 제 3 코일에 의해 전도되도록 구성되고, 상기 제 2 인덕터는 상기 전원과 상기 제 3 코일 사이에서 전기적으로 결합되고, 상기 병렬 인덕터-커패시터 회로들 중의 어느 것도 상기 전원과 상기 제 3 코일 사이에서 전기적으로 결합되지 않는, 플라즈마 처리 시스템.

청구항 17

플라즈마 처리 시스템에서 제 2 전류의 전류량에 대한 제 1 전류의 전류량의 비율을 조정하기 위한 전력 스플리터로서, 상기 플라즈마 처리 시스템은 플라즈마의 적어도 제 1 부분을 유지하기 위한 상기 제 1 전류를 전도시키는 제 1 코일을 포함하고, 상기 플라즈마 처리 시스템은 상기 플라즈마의 적어도 제 2 부분을 유지하기 위한 상기 제 2 전류를 전도시키는 제 2 코일을 더 포함하고, 상기 플라즈마 처리 시스템은 상기 제 1 전류 및 상기 제 2 전류를 공급하기 위한 전원을 더 포함하며, 상기 전력 스플리터는:

상기 전원과 상기 제 1 코일 사이에서 전기적으로 결합되는 제 1 인덕터; 및

상기 전원과 상기 제 1 코일 사이에서 전기적으로 결합되는 제 1 가변 커패시터로서, 상기 제 1 인덕터와 상기 제 1 가변 커패시터가 병렬로 전기 접속되어서 제 1 병렬 인덕터-커패시터 회로를 형성하는, 상기 제 1 가변 커패시터를 포함하고,

상기 제 1 전류의 전류량과 상기 제 2 전류의 전류량 중의 하나 이상을 조정하기 위한 1 개의 가변 커패시터를 포함하고, 상기 1 개의 가변 커패시터는 상기 제 1 가변 커패시터인, 전력 스플리터.

청구항 18

제 17 항에 있어서,

상기 제 2 전류의 전류량을 감소시키기 위한 제 2 인덕터를 더 포함하고,

상기 제 2 인덕터는 상기 전원과 상기 제 2 코일 사이에서 전기적으로 결합되고, 상기 제 2 인덕터 및 상기 제 1 인덕터는 상기 전원에 대해 병렬로 전기 접속되는, 전력 스플리터.

청구항 19

제 17 항에 있어서,

제 2 병렬 인덕터-커패시터 회로를 더 포함하고,

상기 제 2 병렬 인덕터-커패시터 회로는 제 3 코일에 의해 전도되는 제 3 전류의 전류량을 조정하기 위해 상기 전원과 상기 제 3 코일 사이에서 전기적으로 결합되고, 상기 제 2 병렬 인덕터-커패시터 회로는 제 2 인덕터 및 제 2 가변 커패시터를 포함하고, 상기 제 2 인덕터 및 상기 제 2 가변 커패시터는 서로에 대해 병렬로 전기 접속되고,

상기 플라즈마 처리 시스템은 상기 제 3 코일을 더 포함하는, 전력 스플리터.

청구항 20

제 19 항에 있어서,

상기 제 2 전류의 전류량을 감소시키기 위한 제 3 인덕터를 더 포함하고,

상기 제 3 인덕터는 상기 전원과 상기 제 2 코일 사이에서 전기적으로 결합되고, 상기 제 3 인덕터 및 상기 제 1 인덕터는 서로에 대해 병렬로 전기 접속되는, 전력 스플리터.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 플라즈마 처리 시스템에 관한 것이다. 특히, 본 발명은 플라즈마 균일성을 제어하기 위한 코일 전류 비율 조정의 능력을 갖는 플라즈마 처리 시스템에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 플라즈마 처리 시스템은 웨이퍼 상의 디바이스를 제조하기 위한 각종 산업들에서 사용된다. 예를 들어, 산업들은 반도체, 자기 관독/기록 및 저장, 광학 시스템, 및 MEMS (micro-electromechanical system) 산업들을 포함할 수 있다. 플라즈마 처리 시스템은 플라즈마 처리 챔버에서 플라즈마를 발생 및 유지하여서 웨이퍼 상에 에칭 및/또는 증착 (deposition) 을 수행함으로써 그 웨이퍼 상에 디바이스 피쳐들을 형성할 수 있다.

디바이스들을 제조함에 있어서, 소정의 생산 수율 요건들 및/또는 소정의 피쳐 사양들 (feature specifications) 을 만족시키기 위해 플라즈마 균일성을 제어하는 것이 중요할 수 있다. 일반적으로, 플라즈마 균일성 제어는, 도 1의 예를 참조하여 설명된 바와 같이, 전류 조정 능력을 갖는 전력 스플리터 (power splitter) 를 이용하는 것을 포함할 수 있다.

[0003] 도 1은 예시적인 종래의 플라즈마 처리 시스템 (100) 의 단면도를 도시한 개략적인 표현을 나타낸다. 플라즈마 처리 시스템 (100) 은 플라즈마 처리 챔버를 포함할 수 있으며, 그 플라즈마 처리 챔버는 플라즈마 (180) 로 도시된 바와 같은 플라즈마를 포함하기 위해서, 챔버 벽 (132), 피나클 (pinnacle; 130), 유전체 창 (128) 등과 같은 구조적 컴포넌트들을 포함할 수 있다. 플라즈마 처리 챔버의 내부에, 플라즈마 처리 시스템 (100) 은 플라즈마 처리동안, 웨이퍼 (134) 로 도시된 바와 같은 웨이퍼를 지지하기 위한 척 (136)(예컨대 정전척 (electrostatic chuck))을 포함할 수 있다.

[0004] 플라즈마 처리 시스템 (100) 은 또한 RF (radio frequency) 전원 (170), 유전체 창 (128) 상에 배치되고 RF 전원 (170) 과 전기적으로 결합되는 내부 코일 (126), 및 RF 전원 (170) 과 전기적으로 결합되고 내부 코일 (126) 을 둘러싸는 외부 코일 (124) 을 포함할 수 있다. 내부 코일 (126) 및 외부 코일 (124) 은, 챔버 벽 (132) 에 결합될 수 있는 코일 인클로저 (coil enclosure; 138) 의 내부에 배치될 수 있다. RF 전원 (170) 은 플라즈마 (180) 를 발생 및 유지하기 위해서 내부 코일 (126) 및 외부 코일 (124) 에 의해 전도되는 RF 전류를 생성할 수 있다. 예를 들어, 내부 코일 (126) 은 (내부 코일 (126) 근처의) 플라즈마 (180) 의 내부 부분을 주로 유지하기 위한 제 1 RF 전류를 전도시킬 수 있으며, 외부 코일 (124) 은 (내부 코일 (124) 근처의) 플라즈마 (180) 의 외부 부분을 주로 유지하기 위한 제 2 RF 전류를 전도시킬 수 있다.

[0005] 플라즈마 처리 시스템 (100) 은 또한 내부 코일 (126) 및 외부 코일 (124) 에 의해 전도되는 RF 전류를 조정하기 위한 전력 스플리터 (112) 를 포함할 수 있으며, 이에 의해 플라즈마 (180) 의 균일성을 제어할 수 있다.

전력 스플리터 (112) 는 매칭 네트워크 (102) 를 통해서 RF 전원 (170) 과 전기적으로 결합될 수 있다. 전력 스플리터 (112) 는 제 1 RF 전류의 전류량 (amperage) 을 조정하기 위해 RF 전원 (170) 과 내부 코일 (126) 사이에 전기적으로 결합되는 가변 커패시터 (116) 를 포함할 수 있으며, 이에 의해 플라즈마 (180) 의 내부 부분의 밀도를 조절할 수 있다. 전력 스플리터 (112) 는 또한 제 2 RF 전류의 전류량을 조정하기 위해 RF 전원 (170) 과 외부 코일 (124) 사이에 전기적으로 결합되는 또 다른 가변 커패시터 (120) 를 포함할 수 있으며, 이에 의해 플라즈마 (180) 의 외부 부분의 밀도를 조절할 수 있다. 플라즈마 (180) 의 상이한 부분들의 개별적인 조정을 가능하게 하는 것에 의해, 전력 스플리터 (112) 는 플라즈마 (180) 의 균일성을 제어하는 것을 용이하게 할 수 있다.

[0006] 그러나, 전력 스플리터 (112) 는 몇몇 불리한 점을 포함할 수 있다. 예를 들어, 전력 스플리터 (112) 가 2 개의 가변 커패시터들 (116 및 120) 을 필요로 한다는 점을 고려하면, 전력 스플리터 (112) 를 제조, 유지, 및

작동시키기 위한 비용은 상당히 높을 수 있다. 현재, 가변 커패시터 (예컨대 가변 진공 커패시터) 는 1,000 US 달러가 넘는 비용이 들 수 있다; 따라서, 전력 스플리터 (112) 를 제조하는 것은 2,000 US 달러가 넘는 비용이 들 수도 있다. 또한, 가변 커패시터들 (116 및 120) 의 각각은 상당한 유지 및 작동 비용들을 발생시킬 수 있는 기계 부품을 포함할 수 있다. 또한, 가변 커패시터들 (116 및 120) 의 각각은 기계 부품을 구동시킴으로써 커패시턴스 조절을 수행하기 위한 스텝 모터를 필요로 할 수도 있다. 2 개의 스텝 모터들은 또한 전력 스플리터 (112) 에 대한 상당한 제조, 유지, 및 작동 비용들을 발생시킬 수도 있다. 그 결과, 전력 스플리터 (112) 는 플라즈마 처리 시스템 (100) 의 제조, 유지, 및 작동 비용들을 상당히 증가시킬 수도 있다.

[0007] 2 개의 가변 커패시터들과 2 개의 스텝 모터들은 상당히 많은 수의 기계적으로 움직이는 부품을 포함할 수 있다. 상당히 많은 수의 기계적으로 움직이는 부품은 플라즈마 처리 시스템 (100) 을 작동시킴에 있어서 상당한 신뢰성 문제들을 가져올 수도 있다. 기계적으로 움직이는 부품 중 어느 것의 고장은 플라즈마 처리 프로세스에 부정적인 영향을 미칠 수도 있고, 바람직하지 않은 생산 수율을 야기할 수도 있다.

[0008] 또한, 기존의 상업적으로 이용가능한 커패시터들의 한계를 고려하면, 전력 스플리터 (112) 는 오직 제한된 사용 가능 전류 비율 범위만을 제공할 수 있다. 사용가능 범위의 밖에서 플라즈마 처리 시스템 (100) 을 작동시키는 것은 불안정한 플라즈마, 아킹 (arcing), 또는 매칭 네트워크 (102) 에 의한 튜닝의 실패를 초래할 수도 있다; 그 결과, 생산 수율 요건들 및/또는 디바이스 피쳐 사양들을 만족시키지 못할 수도 있다.

발명의 내용

과제의 해결 수단

[0009] 본 발명의 실시형태는 적어도 하나의 웨이퍼를 처리하기 위해 플라즈마를 발생시키는 플라즈마 처리 시스템에 관한 것이다. 플라즈마 처리 시스템은 플라즈마의 적어도 제 1 부분을 유지하기 위한 제 1 전류를 전도시키는 제 1 코일을 포함할 수 있다. 플라즈마 처리 시스템은 또한 플라즈마의 적어도 제 2 부분을 유지하기 위한 제 2 전류를 전도시키는 제 2 코일을 포함할 수 있다. 플라즈마 처리 시스템은 또한 제 1 전류 및 제 2 전류를 공급하는 전원을 포함할 수 있다. 플라즈마 처리 시스템은 또한 제 1 전류의 전류량과 제 2 전류의 전류량 중 하나를 조정하는 병렬 회로를 포함할 수 있다. 병렬 회로는 제 1 코일과 제 2 코일 중의 적어도 하나와 전원 사이에서 전기적으로 결합될 수 있다. 병렬 회로는 서로에 대해 병렬로 전기 접속되는 인덕터 및 가변 커패시터를 포함할 수 있다.

[0010] 상기 요약은 본 명세서에 개시된 본 발명의 다수의 실시형태들 중의 다만 하나에 관한 것이고 본 발명의 범위를 한정하도록 의도되는 것이 아니며, 본 발명의 범위는 본 명세서의 청구범위들에서 기술된다. 본 발명의 이들 및 다른 특징들은 다음의 도면들과 함께 본 발명의 상세한 설명에서 이하 더욱 상세하게 기술될 것이다.

도면의 간단한 설명

[0011] 본 발명은 첨부된 도면들의 형상들에서, 한정적 방식이 아닌 예시의 방식에 의해 도시되어 있으며, 여기서 유사한 참조 번호들은 유사한 엘리먼트들을 지칭한다.

도 1은 예시적인 종래의 플라즈마 처리 시스템의 단면도를 도시한 개략적인 표현을 나타낸다.

도 2는 본 발명의 하나 이상의 실시형태들에 따른 전력 스플리터를 포함하는 플라즈마 처리 시스템의 단면도를 도시한 개략적인 표현을 나타낸다.

도 3은 본 발명의 하나 이상의 실시형태들에 따른 전력 스플리터의 전기 모델을 예시한 개략적인 표현을 나타낸다.

도 4는 본 발명의 하나 이상의 실시형태들에 따른 전력 스플리터의 전기 모델을 도시한 개략적인 표현을 나타낸다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0012] 이하, 첨부된 도면들에 도시된 몇몇 실시형태들을 참조하여서 본 발명을 상세히 설명하도록 한다. 다음의 설명에서는, 본 발명의 완전한 이해를 제공하기 위해 많은 특정 상세들이 기술된다. 그러나, 당업자에게는, 본 발명이 이들 특정한 상세들의 전부 또는 일부 없이 실시될 수도 있다는 것이 자명할 것이다. 다른 예들에서는, 본 발명을 불필요하게 모호하게 만들지 않도록 하기 위해서 잘 알려진 처리 단계들 및/또는 구조들이

상세히 기술되어 있지 않다.

- [0013] 본 발명의 하나 이상의 실시형태들은 적어도 하나의 기판을 처리하기 위해 플라즈마를 발생시키는 플라즈마 처리 시스템에 관한 것이다. 플라즈마 처리 시스템은 플라즈마의 적어도 제 1 부분을 유지하기 위한 제 1 전류 (예컨대, RF 전류) 를 전도시키는 제 1 코일을 포함할 수 있다. 플라즈마 처리 시스템은 또한 플라즈마의 적어도 제 2 부분을 유지하기 위한 제 2 전류 (예컨대, RF 전류) 를 전도시키는 제 2 코일을 포함할 수 있다. 플라즈마 처리 시스템은 또한 제 1 전류 및 제 2 전류를 공급하기 위해 제 1 코일 및 제 2 코일과 전기적으로 결합되는 전원 (예컨대, RF 전원) 을 포함할 수 있다. 플라즈마 처리 시스템은 또한 플라즈마의 균일성을 제어하기 위해 제 2 전류에 대한 제 1 전류의 비율을 조정하도록, 제 1 전류의 전류량을 조정하는 전력 스플리터를 포함할 수 있다.
- [0014] 하나 이상의 실시형태들에서, 제 1 코일 및 제 2 코일은 플라즈마의 실질적으로 대칭적인 분포를 달성하기 위해서, 실질적으로 동축인 배열 (coaxial arrangement) 로 배치될 수 있다. 하나 이상의 실시형태들에서, 제 1 코일 및 제 2 코일은 특정 플라즈마 분포 요건을 충족시키기 위해서, 실질적으로 편심인 배열 (eccentric arrangement) 로 배치될 수 있다.
- [0015] 하나 이상의 실시형태들에서, 제 1 코일은 내부 코일을 나타낼 수 있고, 제 2 코일은 제 1 코일의 직경보다 큰 직경을 가진 외부 코일을 나타낼 수 있다. 하나 이상의 실시형태들에서, 제 2 코일의 적어도 일부는 제 1 코일의 적어도 일부를 둘러쌀 수 있다.
- [0016] 하나 이상의 실시형태들에서, 제 1 코일은 외부 코일을 나타낼 수 있고, 제 2 코일은 제 1 코일의 직경보다 작은 직경을 가진 내부 코일을 나타낼 수 있다. 하나 이상의 실시형태들에서, 제 2 코일의 적어도 일부는 제 1 코일의 적어도 일부에 의해 둘러싸일 수 있다.
- [0017] 하나 이상의 실시형태들에서, 제 1 코일 및 제 2 코일은 동일한 평면 상에 배치됨으로써, 하드웨어 설계를 지원하는 것이 단순화될 수 있고 또한 코일-대-창 갭 공차 (coil-to-window gap tolerance) 의 공차가 일관되게 제어될 수 있다. 또한, 공면 코일 배열 (coplanar coil arrangement) 은 몇몇 플라즈마 처리 시스템 설계를 위한 최적의 구성일 수 있다. 하나 이상의 실시형태들에서는, 특정 플라즈마 처리 시스템 설계를 고려한 최적 코일 배열을 위해서, 제 1 코일이 제 1 평면 상에 배치될 수 있고, 제 1 평면과 다른 제 2 평면 상에 제 2 코일이 배치될 수 있다.
- [0018] 전력 스플리터는 제 1 전류의 전류량을 조정하기 위해서 전원과 제 1 코일 사이의 임피던스를 변경시키는 병렬 인덕터-커패시터 회로 (즉, 병렬 LC 회로, 또는 탱크 회로) 를 포함할 수 있다. 병렬 LC 회로는 매칭 네트워크와 제 1 코일 사이에서 전기적으로 결합될 수도 있고/있거나 전원과 제 1 코일 사이에서 전기적으로 결합될 수도 있다. 병렬 LC 회로는 인덕터 및 가변 커패시터 (예컨대, 가변 진공 커패시터 또는 가변 에어-갭 커패시터) 를 포함할 수 있으며, 여기서 인덕터 및 가변 커패시터는 서로에 대해 병렬로 전기 접속될 수 있다.
- [0019] 2 개의 가변 커패시터들을 필요로 하는 전술한 예시적인 종래의 배열과는 대조적으로, 본 발명의 실시형태들은 2 개의 플라즈마 유지 코일들을 포함하는 플라즈마 처리 시스템에서 플라즈마 균일성을 제어하기 위해서 1 개의 가변 커패시터만을 필요로 할 수 있다. 유리하게는, 본 발명의 실시형태들은 상당히 더 낮은 비용 및 상당히 더 높은 신뢰성과 관련될 수 있다.
- [0020] 또한, 공진 효과 (또는 조화 진동 효과) 에 있어서, 병렬 LC 회로는 종래의 배열에서 사용된 가변 커패시터 (예컨대, 도 1의 예에서 도시된 가변 커패시터 (116)) 에 의해 제공되는 범위보다 실질적으로 더 큰 값 범위를 매칭 네트워크와 제 1 코일 사이의 임피던스에 대해서 제공할 수 있다. 그 결과, 본 발명의 실시형태들은 더 많은 생산 수율 요건들 및/또는 더 많은 디바이스 피치 요건들을 만족시키기 위한 상당히 더 큰 전류 비율 범위를 유리하게 가능하게 할 수 있다. 예를 들어, 본 발명의 실시형태들은 연속 방식으로 음의 값과 양의 값 사이 (예컨대, 약 -0.5 에서 약 2.0 의 범위) 에서 전류 비율을 조정하는 것을 가능하게 할 수 있다. 대조적으로, 종래의 배열은 작동에 있어서의 간섭, 곤란, 또는 심지어 고장을 야기하지 않고서 양의 전류 비율로부터 음의 전류 비율로의 연속적 조정을 제공할 수 없었다.
- [0021] (고-Q) 병렬 LC 회로의 공진 효과는 공진점 (resonant point) 주위의 제어성 (controllability) 문제 또는 감도 (sensitivity) 문제를 야기할 수도 있는 것이 일반적으로 알려져 있다; 따라서 병렬 LC 회로의 사용은 플라즈마 처리 시스템을 설계하고 제조함에 있어서 통상적으로 회피될 수 있다. 그러나, 전류를 계산 및/또는 조정하는 경우 디노미네이터 (denominator) 에서는 통상적으로 임피던스가 나타나기 때문에, 그 공진점에서의 매우 높은 임피던스가 실제로는 매우 작은 값의 전류에 대응할 수 있다; 그 결과, 동작은 일반적으로 알려진 제

어성 문제나 감도 문제를 야기함 없이, 양호하게-동작하는 감도를 가지고서, (양의 전류 비율을 가진) 노멀 모드 (normal mode) 에서부터 (음의 전류 비율을 가진) 역전류 모드 (reversed current mode) 까지 연속적으로 매끄러울 (smooth) 수 있다. 비-자명한 방식에서, 본 발명의 실시형태들은 병렬 LC 회로의 공진 효과를 이용하여 더 넓은 전류 비율 범위를 제공함으로써 플라스마 처리 시스템의 제어성을 더욱 향상시킬 수도 있다.

[0022] 하나 이상의 실시형태들에서, 전력 스플리터는 전원과 제 2 코일 사이에서 전기적으로 결합되는 추가의 인덕터를 더 포함할 수 있다. 추가의 인덕터가 임피던스를 도입함으로써 제 2 전류의 전류량을 감소시킬 수 있다.

유리하게는, 전류 비율 범위가 더 확대됨으로써 훨씬 더 많은 생산 수율 조건들 및/또는 훨씬 더 많은 디바이스 피쳐 조건들을 만족시킬 수 있다.

[0023] 본 발명의 특징들과 장점들은 다음의 도면과 설명을 참조하여 더 양호하게 이해될 수 있을 것이다.

[0024] 도 2는 본 발명의 하나 이상의 실시형태들에 따른 전력 스플리터 (204) 를 포함하는 플라스마 처리 시스템 (200) 의 단면도를 도시한 개략적인 표현을 나타낸다. 플라스마 처리 시스템 (200) 은 도 1의 예에서 설명된 플라스마 처리 시스템 (100) 의 하나 이상의 컴포넌트들과 유사하거나 상이할 수 있는, 플라스마 처리 챔버, 척, 전원, 코일, 코일 인클로저, 및/또는 매칭 네트워크 등과 같은 하나 이상의 컴포넌트들을 포함할 수 있다. 특히, 플라스마 처리 시스템 (200) 은 코일들에 의해서 전도되는 전류들 간의 비율을 조정하는 것을 통해 플라스마 균일성 제어를 용이하게 하기 위해서, 도 1의 예에서 도시된 플라스마 처리 시스템 (100) 의 전력 스플리터 (112) 에 견주어 신규하고 창의적인 전력 스플리터 (204) 를 포함할 수 있다.

[0025] 전력 스플리터 (204) 는 매칭 네트워크 (206) 를 통해 RF 전원 (270) 과 전기적으로 결합될 수 있다. 전력 스플리터 (204) 는 코일 (216) 에 의해 전도되는 전류 (예컨대, RF 전류) 의 전류량을 조정하기 위해, RF 전원 (270) 과 코일 (216) 사이에서 전기적으로 결합되는 병렬 인덕터-커패시터 회로 (208)(또는 병렬 회로 (208)) 를 포함할 수 있다. 코일 (216) 의 말단은 임피던스 (236) 로 표현될 수 있다. 병렬 회로 (208) 는 서로에 대해 병렬로 전기 접속되는 인덕터 (210) 및 가변 커패시터 (212) 를 포함할 수 있다. 병렬 회로 (208) 는 탭 회로를 형성함으로써 그 탭 회로의 공진 효과가 매칭 네트워크 (206) 와 코일 (216) 사이에서 (및/또는 RF 전원 (270) 과 코일 (216) 사이에서) 넓은 범위의, 가능한 임피던스 값들을 도입할 수 있도록 할 수 있다. 따라서, 전력 스플리터 (204) 는 코일 (216) 에 의해 전도되는 전류의 전류량과 코일 (214) 로 도시된, 또 다른 코일에 의해 전도되는 전류의 전류량 간의 비율에 대한 넓은 범위를 가능하게 할 수 있다. 코일 (214) 의 말단은 임피던스 (234) 로 표현될 수 있다. 하나 이상의 실시형태들에서, 코일 (214) 은 코일 (216) 을 둘러쌀 수 있다. 유리하게는, 플라스마 처리 시스템 (200) 은 플라스마 처리 시스템 (100) 보다 더 많은 생산 수율 조건들 및/또는 더 많은 디바이스 피쳐 조건들을 만족시키는 것이 가능할 수 있다.

[0026] 전력 스플리터 (204) 는 플라스마 처리 시스템 (100) 의 전력 스플리터 (112) 에 의해 요구되는 2 개의 가변 커패시터와 2 개의 관련 스텝 모터에 비해서, 오직 1 개의 가변 커패시터 (즉, 가변 커패시터 (212)) 와 오직 1 개의 관련 스텝 모터만을 필요로 할 수 있다. 유리하게는, 전력 스플리터 (204) 와 관련된 제조, 유지, 및/또는 작동 비용들은 전력 스플리터 (112) 와 관련된 비용들보다 상당히 낮을 수 있다. 또한, 보다 적은 기계적으로 움직이는 부품을 가진, 전력 스플리터 (204) 는 또한 전력 스플리터 (112) 보다 상당히 더 높은 신뢰성을 가질 수 있다.

[0027] 하나 이상의 실시형태들에서, 매칭 네트워크 (206) 와 코일 (216) 사이에 전기적으로 결합되는 대신에, 병렬 회로 (208) 는 코일 (214) 에 의해 전도되는 전류 (예컨대, RF 전류) 의 전류량을 조정하기 위해서 매칭 네트워크 (206) 와 코일 (214) 사이에서 전기적으로 결합됨으로써, 예를 들어, 다른 플라스마 균일성 제어 조건을 만족시킬 수도 있다.

[0028] 코일 (216) 에 의해 전도되는 전류와 코일 (214) 에 의해 전도되는 전류 간의 비율을 조정하기 위해, 전력 스플리터 (204) (또는 플라스마 처리 시스템 (200)) 는 오직 1 개의 병렬 회로 또는 오직 1 개의 가변 커패시터만을 필요로 할 수 있다. 유리하게는, 바람직한 플라스마 균일성 제어를 달성함에 있어서, 비용들이 최소화될 수 있고, 또한 신뢰성이 최대화될 수 있다.

[0029] 플라스마 처리 시스템 (200) 은 또한 전력 스플리터 (204) 내의 가변 커패시터 (212) 를 구동하기 위한 (하나 이상의 모니터링 디바이스를 포함할 수 있는) 제어 유닛 (244) 을 포함함으로써 RF 전류 비율을 소망하는 설정 값으로 조절할 수도 있다.

[0030] 플라스마 처리 시스템 (200) 은 또한 병렬 회로 (208) 를 냉각시키기 위한 냉각기 (242)(예컨대, 냉각 팬) 를 포함함으로써, 전력 스플리터 (204) 의 최적 성능을 확보할 수도 있다. 하나 이상의 실시형태들에서, 인덕

터 (210) 는 열 방산 (heat dissipation) 을 용이하게 하기 위해 은과 같은 고전도성 물질로 도금됨으로써 저 전력손실과 함께 전력 스플리터 (204) 의 최적 성능을 확보할 수도 있다.

[0031] 도 3은 본 발명의 하나 이상의 실시형태들에 따른 전력 스플리터 (304) 의 전기 모델을 도시한 개략적인 표현을 나타낸다. 전력 스플리터 (304) 는 도 2의 예에서 도시된 플라즈마 처리 시스템 (200) 과 유사한 플라즈마 처리 시스템에서 구현될 수 있으며, 매칭 네트워크 (306) 를 통해 RF 전원 (370) 과 전기적으로 결합될 수 있다.

[0032] 전력 스플리터 (304) 는 코일 (316) 에 의해 전도되는 전류 (예컨대, RF 전류) 의 전류량을 조정하기 위해서 RF 전원 (370) 과 (저항 및 인덕턴스로 모델링된) 코일 (316) 사이에 전기적으로 결합되는 병렬 인덕터-커패시터 회로 (308)(또는 병렬 회로 (308)) 를 포함할 수 있다. 코일 (316) 에 의해 전도되는 전류는 플라즈마 처리 시스템에서 생성된 플라즈마의 적어도 일부를 유지할 수 있다. 병렬 회로 (308) 는 서로에 대해 병렬로 전기 접속되는 인덕터 (310) 및 가변 커패시터 (312) 를 포함할 수 있다. 병렬 회로 (308) 는 공진 효과를 갖는 탱크 회로를 형성함으로써 RF 전원 (370) 과 코일 (316) 사이에서 가능한 임피던스 값들의 범위를 확대할 수 있다.

[0033] 전력 스플리터 (304) 는 또한 RF 전원 (370) 과 코일 (314) 사이에서 전기적으로 결합되는 추가의 인덕터 (338) 를 포함할 수 있으며, 인덕터 (338) 와 병렬 회로 (308) 는 서로에 대해 병렬로 전기 접속될 수 있다. 인덕터 (338) 는 임피던스를 도입함으로써 코일 (314) 에 의해 전도되는 전류의 전류량을 감소시킬 수 있다 (여기서, 코일 (314) 에 의해 전도되는 전류는 플라즈마의 적어도 다른 부분을 유지할 수 있다). 그 결과, 코일 (314) 에 의해 전도되는 전류에 대한 코일 (316) 에 의해 전도되는 전류의 비율의 범위가 더 확대됨으로써 플라즈마 처리 시스템의 플라즈마 균일성 제어 능력을 더욱 향상시킬 수 있다. 유리하게는, 훨씬 더 많은 생산 수율 요건들 및/또는 훨씬 더 많은 디바이스 피쳐 요건들을 만족시킬 수 있다.

[0034] 전력 스플리터 (304) 와 코일들에 대한 다양한 접속 배열들은 각종 플라즈마 처리 요건들을 만족시키도록 구현될 수 있다. 하나 이상의 실시형태들에서, 코일 (316) 은 외부 코일을 나타내는 것일 수 있는 코일 (314) 에 의해 둘러싸인 내부 코일을 나타낼 수 있다. 하나 이상의 실시형태들에서, 코일 (316) 은 내부 코일을 나타내는 것일 수 있는 코일 (314) 을 둘러싸는 외부 코일을 나타낼 수 있다.

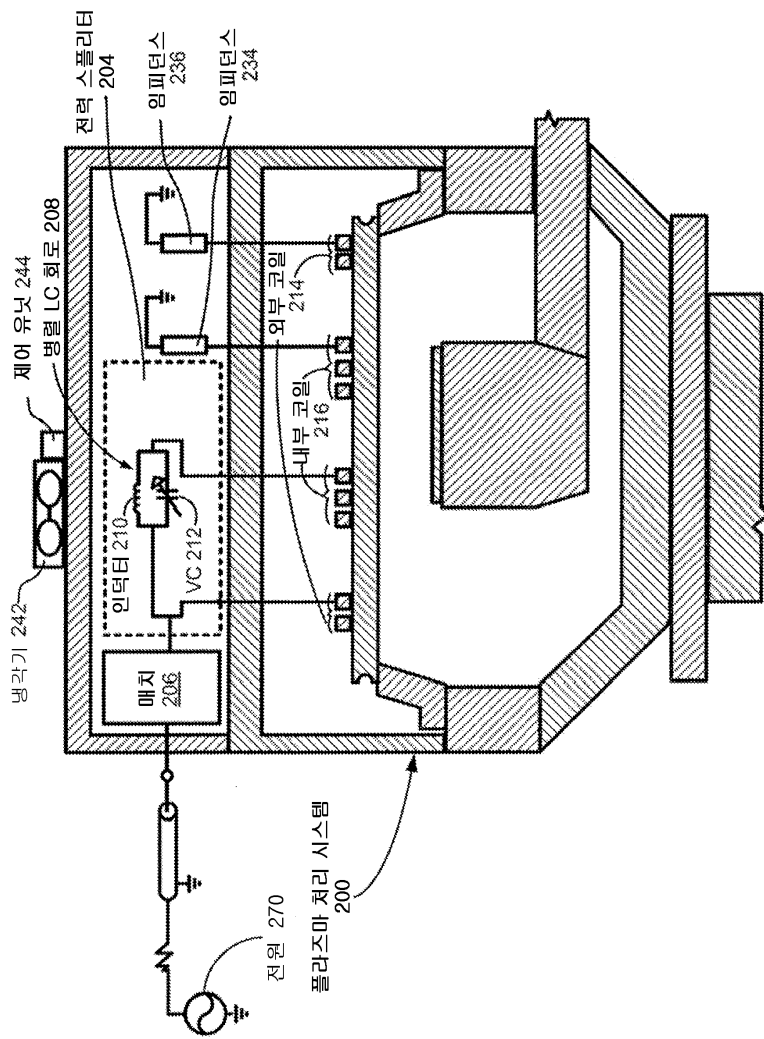
[0035] 도 4는 본 발명의 하나 이상의 실시형태들에 따른 전력 스플리터 (404) 의 전기 모델을 도시한 개략적인 표현을 나타낸다. 전력 스플리터 (404) 는 도 2의 예에서 도시된 플라즈마 처리 시스템 (200) 과 유사하지만, 더 정교한 플라즈마 균일성 제어를 위해서 더 많은 수의 코일들을 갖는 플라즈마 처리 시스템에서 구현될 수 있다. 예를 들어, 코일들은 코일 (452), 코일 (454), 및 코일 (456) 을 포함할 수 있으며, 여기서 코일들의 각각은 저항과 인덕턴스로서 모델링된다. 전력 스플리터 (404) 는 매칭 네트워크 (406) 를 통해 RF 전원 (470) 과 전기적으로 결합될 수 있다.

[0036] 전력 스플리터 (404) 는 코일 (454) 에 의해 전도되는 전류 (예컨대, RF 전류) 의 전류량을 조정하기 위해서 RF 전원 (470) 과 코일 (454) 사이에 전기적으로 결합되는 병렬 인덕터-커패시터 회로 (408)(또는 병렬 회로 (408)) 를 포함할 수 있고, 여기서 코일 (454) 에 의해 전도되는 전류는 플라즈마 처리 시스템에서 플라즈마의 적어도 제 1 부분을 유지할 수 있다. 전력 스플리터 (404) 는 또한 코일 (452) 에 의해 전도되는 전류 (예컨대, RF 전류) 의 전류량을 조정하기 위해서 RF 전원 (470) 과 코일 (452) 사이에서 전기적으로 결합되는 병렬 인덕터-커패시터 회로 (414)(또는 병렬 회로 (414)) 를 포함할 수 있고, 여기서 코일 (452) 에 의해 전도되는 전류는 플라즈마의 적어도 제 2 부분을 유지할 수 있다. 병렬 회로 (408) 및 병렬 회로 (414) 의 각각은 도 2 및 도 3의 예들을 참조하여 각각 설명한 병렬 회로 (208) 및 병렬 회로 (308) 중의 하나 이상과 유사한 특징들과 이점들을 가질 수 있다.

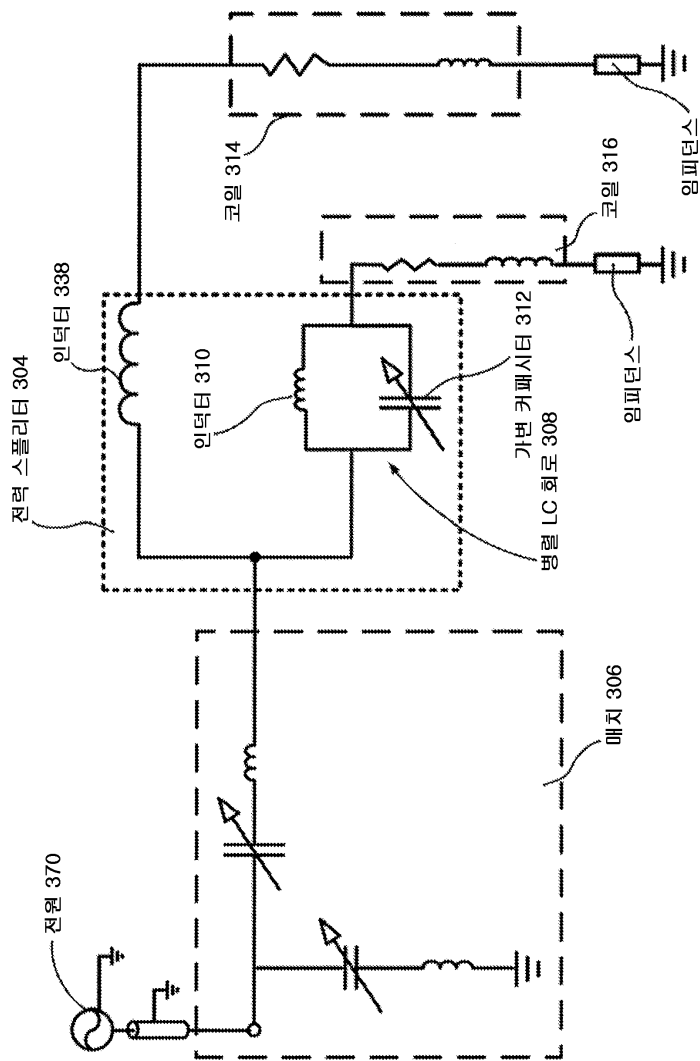
[0037] 전력 스플리터 (404) 는 또한 RF 전원 (470) 과 코일 (456) 사이에 전기적으로 결합되는 추가의 인덕터 (438) 를 포함할 수 있으며, 인덕터 (438) 와 적어도 병렬 회로 (414) 는 서로에 대해 병렬로 전기 접속된다. 인덕터 (438) 는 임피던스를 도입함으로써 코일 (456) 에 의해 전도되는 전류의 전류량을 감소시킬 수 있으며, 여기서 코일 (456) 에 의해 전도되는 전류는 플라즈마의 적어도 제 3 부분을 유지할 수 있다. 그 결과, 코일 (454) 에 의해 전도되는 전류와 코일 (456) 에 의해 전도되는 전류 간의 차가 더욱 커질 수 있고, 코일 (452) 에 의해 전도되는 전류와 코일 (456) 에 의해 전도되는 전류 간의 차가 또한 더욱 커질 수 있다. 유리하게는, 플라즈마 처리 시스템의 플라즈마 균일성 제어 능력이 더욱 향상됨으로써 훨씬 더 많은 생산 수율 요건들 및/또는 훨씬 더 많은 디바이스 피쳐 요건들을 만족시킬 수 있다.

- [0038] 전력 스플리터 (404) 와 코일들에 대한 다양한 접속 배열들은 각종 플라즈마 처리 요건들을 만족시키도록 구현될 수 있다. 다양한 실시형태들에 따르면, 코일들은 동일한 평면 상에 배치되거나 상이한 평면들 상에 배치될 수 있다. 하나 이상의 실시형태들에서, 코일들은 실질적으로 동축인 배열로 배치될 수 있다. 하나 이상의 실시형태들에서, 코일 (452) 은 코일 (454) 을 둘러쌀 수 있고, 코일 (454) 은 코일 (456) 을 둘러쌀 수 있다. 하나 이상의 실시형태들에서, 코일 (456) 은 코일 (454) 을 둘러쌀 수 있고, 코일 (454) 은 코일 (452) 을 둘러쌀 수 있다. 하나 이상의 실시형태들에서, 코일 (452) 은 코일 (456) 을 둘러쌀 수 있고, 코일 (456) 은 코일 (454) 을 둘러쌀 수 있다.
- [0039] 하나 이상의 실시형태들에서, 플라즈마 처리 시스템은 플라즈마의 여러 부분을 유지하기 위한 3 개보다 많은 코일들 (즉, 코일들 (452, 454, 및 456) 이외에 하나 이상의 코일들을 포함) 을 포함함으로써 플라즈마 균일성의 더욱 정교한 제어를 용이하게 할 수 있다. 예를 들어, 플라즈마 처리 시스템은 N 개의 코일들을 포함할 수 있으며, 여기서 N 은 3 보다 큰 정수를 나타낸다. 전력 스플리터 (404) 는 예를 들어, 코일 (456) 을 제외한, N 개의 코일들 중의 N-1 개의 코일들에 의해 전도되는 전류들의 전류량을 조정하기 위한 N-1 (즉, N 마이너스 1) 개 병렬 인덕터-커패시터 회로들을 포함할 수 있다. 병렬 인덕터-커패시터 회로들의 각각은 RF 전원 (470) 과 N-1 개 코일들 중의 하나 사이에서 전기적으로 결합될 수 있다. 병렬 인덕터-커패시터 회로들은 도 2 및 도 3을 각각 참조하여 위에서 설명한 병렬 회로 (208) 및 병렬 회로 (308) 중의 하나 이상과 유사한 특징들과 이점들을 가질 수 있다.
- [0040] 전술로부터 알 수 있는 바와 같이, 본 발명의 실시형태들은 플라즈마 처리 시스템들에 대한 플라즈마 균일성 제어 능력을 구현함에 있어서 고가의 가변 커패시터들의 요구되는 양을 감소시킬 수 있다. 유리하게는, 플라즈마 처리 시스템의 제조, 유지, 및 작동 비용들이 감소될 수 있다.
- [0041] 본 발명의 실시형태들은 또한 플라즈마 처리 시스템들 내의 기계적 부품의 수를 효과적으로 감소시킬 수 있다. 유리하게는, 플라즈마 처리 시스템들의 신뢰성이 향상될 수 있다.
- [0042] 본 발명의 실시형태들은 또한 병렬 LC 회로의 공진 효과를 이용함으로써 플라즈마 균일성을 제어할 때의 전류 비율 범위를 확대할 수 있다. 유리하게는, 더 많은 생산 수율 요건들 및/또는 더 많은 디바이스 피치 요건들을 만족시킬 수 있다.
- [0043] 본 발명의 실시형태들은 또한 플라즈마의 상이한 부분을 개별적으로 유지하기 위한 더 많은 코일들의 구현을 용이하게 할 수 있다. 유리하게는, 보다 정교한 플라즈마 처리 요건들을 만족시키기 위한, 더욱 미세한 입도 (granularity) 의 플라즈마 균일성 제어가 가능해질 수 있다.
- [0044] 본 발명이 몇 가지 실시형태에 관하여 설명되었지만, 본 발명의 범위 내에 포함되는 변형물, 치환물, 및 등가물이 존재한다. 또한, 본 발명의 방법과 장치들을 구현하는 많은 대안의 방법들이 존재한다는 것을 주목해야 한다. 또한, 본 발명의 실시형태들은 다른 적용들에서 유용함을 발견할 수 있다. 요약서는, 위드 수 제한으로 인해, 본 명세서에 편의상 제공된 것으로서, 독해의 편의를 위해 기입된 것이며, 본 발명의 청구범위를 한정하는데 채용되어서는 안된다. 따라서, 다음의 첨부된 청구범위들은 본 발명의 진정한 사상 및 범위 내에 포함되는 이러한 모든 변형물, 치환물, 및 등가물을 포함하는 것으로 해석되도록 의도된다.

도면2



도면3



도면4

