



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2020년06월17일
(11) 등록번호 10-2123722
(24) 등록일자 2020년06월10일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
H01J 37/32 (2006.01) H03H 7/38 (2006.01)
(52) CPC특허분류
H01J 37/32183 (2013.01)
H03H 7/38 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2017-0066496
(22) 출원일자 2017년05월30일
심사청구일자 2019년07월04일
(65) 공개번호 10-2017-0142876
(43) 공개일자 2017년12월28일
(30) 우선권주장
15/254,769 2016년09월01일 미국(US)
62/351,879 2016년06월17일 미국(US)
(56) 선행기술조사문헌
US07042311 B1
(뒷면에 계속)

(73) 특허권자
램 리써치 코퍼레이션
미국 94538 캘리포니아주 프레몬트 쿠싱 파크웨이 4650
(72) 발명자
카푸어 수닐
미국, 오리건 97062, 투알라틴, 사우스웨스트 레베톤 드라이브 11361
토마스 조지
미국, 캘리포니아 94538, 프리몬트, 쿠싱 파크웨이 4650
(뒷면에 계속)
(74) 대리인
특허법인인벤싱크

전체 청구항 수 : 총 26 항

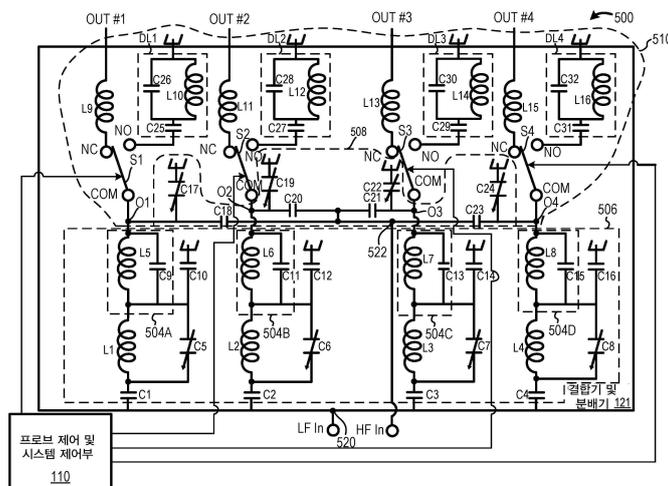
심사관 : 김주승

(54) 발명의 명칭 복수의 플라즈마 프로세싱 스테이션들에 걸쳐 임피던스들 또는 전력을 조정하기 위한 결합기 및 분배기

(57) 요약

복수의 플라즈마 프로세싱 스테이션들에 걸쳐 임피던스들 또는 전력 또는 이들의 조합을 조정하기 위한 시스템들 및 방법들이 기술된다. 시스템들 중 일 시스템은 제 1 주파수를 가진 제 1 RF (radio frequency) 신호를 생성하는 제 1 RF 생성기, 제 2 주파수를 가진 제 2 RF 신호를 생성하는 제 2 RF 생성기, 및 제 1 RF 신호를 수신하도록 제 1 RF 생성기에 커플링된 제 1 매칭 네트워크를 포함한다. 제 1 임피던스 매칭 네트워크는 제 1 RF 신호를 수신할 시 제 1 수정된 RF 신호를 출력한다. 시스템은 제 2 RF 신호를 수신하도록 제 2 RF 생성기에 커플링된 제 2 매칭 네트워크를 더 포함한다. 제 2 매칭 네트워크는 제 2 RF 신호를 수신할 시 제 2 수정된 RF 신호를 출력한다. 시스템은 제 1 매칭 네트워크의 출력부 및 제 2 매칭 네트워크의 출력부에 커플링된 결합기 및 분배기를 더 포함한다.

대표도 - 도5



(72) 발명자

란지네니 야스완스

미국, 오리건 97062, 투알라틴, 사우스웨스트 레베
톤 드라이브 11361

아우구스티니악 에드워드

미국, 오리건 97062, 투알라틴, 사우스웨스트 레베
톤 드라이브 11361

(56) 선행기술조사문헌

US20080251207 A1

KR1019990029632 A*

KR1020080092830 A*

KR1020120137301 A*

US08282983 B1*

US20090139453 A1*

US20130141455 A1*

*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

명세서

청구범위

청구항 1

제 1 주파수를 가진 제 1 RF (radio frequency) 신호를 생성하도록 구성된 제 1 RF 생성기;

제 2 주파수를 가진 제 2 RF 신호를 생성하도록 구성된 제 2 RF 생성기;

상기 제 1 RF 신호를 수신하도록 상기 제 1 RF 생성기에 커플링된 제 1 매칭 네트워크로서, 상기 제 1 매칭 네트워크는 상기 제 1 RF 신호를 수신할 시 제 1 수정된 RF 신호를 출력하도록 구성되는, 상기 제 1 매칭 네트워크;

상기 제 2 RF 신호를 수신하도록 상기 제 2 RF 생성기에 커플링된 제 2 매칭 네트워크로서, 상기 제 2 매칭 네트워크는 상기 제 2 RF 신호를 수신할 시 제 2 수정된 RF 신호를 출력하도록 구성되는, 상기 제 2 매칭 네트워크; 및

상기 제 1 매칭 네트워크의 출력부 및 상기 제 2 매칭 네트워크의 출력부에 커플링된 결합기 및 분배기로서, 상기 결합기 및 분배기는 복수의 플라즈마 프로세싱 스테이션들에 결합된 RF 신호들을 제공하도록 상기 제 1 수정된 RF 신호와 상기 제 2 수정된 RF 신호를 결합하도록 구성되고, 상기 결합기 및 분배기는 상기 복수의 플라즈마 프로세싱 스테이션들에 커플링된 복수의 출력부들을 갖고,

상기 결합기 및 분배기는 제 1 주파수 회로 및 제 2 주파수 회로를 포함하고, 상기 제 1 주파수 회로는 상기 제 1 주파수에 대한 제 1 복수의 튜닝 회로들을 포함하고, 상기 제 2 주파수 회로는 상기 제 2 주파수에 대한 제 2 복수의 튜닝 회로들을 포함하고, 상기 제 1 복수의 튜닝 회로들 및 상기 제 2 복수의 튜닝 회로들은 상기 결합기 및 분배기의 상기 출력부들에서 측정된 파라미터에 기초하여 상기 복수의 플라즈마 프로세싱 스테이션들과 연관된 임피던스들을 튜닝하도록 튜닝되게 구성되고, 상기 제 1 복수의 튜닝 회로들 및 상기 제 2 복수의 튜닝 회로들은 복수의 위치들에 있도록 구성되고, 상기 제 1 복수의 튜닝 회로들 및 상기 제 2 복수의 튜닝 회로들의 상기 복수의 위치들은 상기 임피던스들을 튜닝하기 위해 모니터링되고 제어되는, 상기 결합기 및 분배기를 포함하는, 시스템.

청구항 2

제 1 항에 있어서,

상기 파라미터에 기초하여 상기 제 1 복수의 튜닝 회로들 및 상기 제 2 복수의 튜닝 회로들 중 하나 이상의 튜닝 회로들의 변수를 조정하도록 구성된 시스템 제어를 더 포함하는, 시스템.

청구항 3

제 1 항에 있어서,

상기 복수의 플라즈마 프로세싱 스테이션들 중 일 플라즈마 프로세싱 스테이션과 연관된 상기 임피던스들 중 일 임피던스가 상기 복수의 플라즈마 프로세싱 스테이션들 중 또 다른 플라즈마 프로세싱 스테이션과 연관된 상기 임피던스들 중 또 다른 임피던스로부터 미리 결정된 범위 내에 있도록 상기 제 1 복수의 튜닝 회로들 및 상기 제 2 복수의 튜닝 회로들 중 하나 이상의 튜닝 회로들의 변수를 조정하도록 구성된 시스템 제어를 더 포함하는, 시스템.

청구항 4

제 1 항에 있어서,

상기 제 1 복수의 튜닝 회로들 중 일 튜닝 회로는 상기 복수의 플라즈마 프로세싱 스테이션들 중 일 플라즈마 프로세싱 스테이션에 공급된 상기 제 1 주파수의 전력의 레벨을 변화시키도록 튜닝되는 커패시터를 포함하고 그리고 상기 제 2 복수의 튜닝 회로들 중 일 튜닝 회로는 상기 복수의 플라즈마 프로세싱 스테이션들 중 일 플라즈마 프로세싱 스테이션에 공급된 상기 제 2 주파수의 전력의 레벨을 변화시키도록 튜닝되는 커패시터이고,

상기 제 1 주파수의 상기 전력의 레벨 및 상기 제 2 주파수의 상기 전력의 레벨은 상기 복수의 플라즈마 프로세싱 스테이션들 중 또 다른 플라즈마 프로세싱 스테이션과 연관된 상기 임피던스들 중 일 임피던스에 기초하여 변화되는, 시스템.

청구항 5

제 1 항에 있어서,

상기 결합기 및 분배기는, 상기 제 2 주파수가 상기 제 1 RF 생성기에 영향을 주지 않도록 상기 제 2 주파수를 필터링하기 위해 구성되는 차단 회로를 포함하는, 시스템.

청구항 6

제 1 항에 있어서,

상기 결합기 및 분배기는,

상기 복수의 플라즈마 프로세싱 스테이션들에 대응하는 복수의 더미 부하들 (dummy load);

복수의 스위치들로서, 상기 복수의 스위치들 각각은 상기 복수의 더미 부하들 중 대응하는 더미 부하 또는 상기 결합기 및 분배기의 상기 출력부들 중 대응하는 출력부에 커플링되도록 구성되고, 상기 복수의 스위치들 중 일 스위치가 상기 복수의 더미 부하들 중 일 더미 부하들에 커플링될 때, 플라즈마는 상기 출력부들 중 일 출력부에 커플링된 상기 복수의 플라즈마 프로세싱 스테이션들 중 일 플라즈마 프로세싱 스테이션 내에서 디스에이블되고 (disabled), 상기 복수의 스위치들 중 상기 일 스위치가 상기 결합기 및 분배기의 상기 출력부들 중 상기 일 출력부에 커플링될 때, 플라즈마는 상기 출력부들 중 상기 일 출력부에 커플링된 상기 복수의 플라즈마 프로세싱 스테이션들 중 일 플라즈마 프로세싱 스테이션 내에서 인에이블되는 (enabled), 상기 복수의 스위치들;

상기 결합기 및 분배기의 상기 출력부들에 커플링되는 것과 상기 복수의 더미 부하들에 커플링되는 것 사이에서 상기 복수의 스위치들의 복수의 위치들을 수정하도록 상기 복수의 스위치들에 커플링된 시스템 제어기; 및

복수의 DC (direct current) 차단 커패시터들로서, 상기 DC 차단 커패시터들 각각은 DC 전력이 상기 복수의 더미 부하들 중 대응하는 더미 부하에 인가되는 것을 차단하도록 상기 복수의 더미 부하들 중 상기 대응하는 더미 부하에 커플링되는, 상기 복수의 DC 차단 커패시터들을 포함하는, 시스템.

청구항 7

제 1 항에 있어서,

상기 제 1 복수의 튜닝 회로들 및 상기 제 2 복수의 튜닝 회로들은 상기 복수의 플라즈마 프로세싱 스테이션들과 연관된 부가적인 파라미터들에 기초하여 상기 복수의 플라즈마 프로세싱 스테이션들에 걸쳐 상기 파라미터의 가변성을 최소화하도록 튜닝되게 구성되는, 시스템.

청구항 8

제 1 항에 있어서,

상기 결합기 및 분배기의 상기 출력부들은 상기 복수의 플라즈마 프로세싱 스테이션들의 페테스탈들 또는 상기 복수의 플라즈마 프로세싱 스테이션들의 샤워헤드들에 커플링되는, 시스템.

청구항 9

제 1 항에 있어서,

상기 결합기 및 분배기, 상기 제 1 매칭 네트워크, 및 상기 제 2 매칭 네트워크는 상기 복수의 플라즈마 프로세싱 스테이션들의 동작을 용이하게 하도록 상기 복수의 플라즈마 프로세싱 스테이션들로부터 리모트로 위치되는, 시스템.

청구항 10

제 1 항에 있어서,

상기 결합기 및 분배기는 복수의 동축 케이블들을 통해 상기 복수의 플라즈마 프로세싱 스테이션들에 커플링되

고, 상기 동축 케이블들 각각은 상기 결합기 및 분배기의 일부인, 시스템.

청구항 11

제 1 항에 있어서,

상기 결합된 RF 신호들의 RF 전력이 상기 복수의 플라즈마 프로세싱 스테이션들에 제공되고 상기 파라미터가 변화될 때 상기 제 1 복수의 튜닝 회로들 및 상기 제 2 복수의 튜닝 회로들은 상기 복수의 플라즈마 프로세싱 스테이션들과 연관된 상기 임피던스들을 튜닝하고, 상기 결합된 RF 신호들이 상기 복수의 플라즈마 프로세싱 스테이션들에 제공될 때 상기 RF 전력은 상기 복수의 플라즈마 프로세싱 스테이션들에 제공되는, 시스템.

청구항 12

제 1 주파수를 가진 제 1 RF 신호를 생성하도록 구성된 제 1 RF 생성기;

제 2 주파수를 가진 제 2 RF 신호를 생성하도록 구성된 제 2 RF 생성기;

상기 제 1 RF 신호를 수신하도록 상기 제 1 RF 생성기에 커플링된 제 1 매칭 네트워크로서, 상기 제 1 매칭 네트워크는 상기 제 1 RF 신호를 수신할 시 제 1 수정된 RF 신호를 출력하도록 구성되는, 상기 제 1 매칭 네트워크;

상기 제 2 RF 신호를 수신하도록 상기 제 2 RF 생성기에 커플링된 제 2 매칭 네트워크로서, 상기 제 2 매칭 네트워크는 상기 제 2 RF 신호를 수신할 시 제 2 수정된 RF 신호를 출력하도록 구성되는, 상기 제 2 매칭 네트워크;

상기 제 1 매칭 네트워크의 출력부 및 상기 제 2 매칭 네트워크의 출력부에 커플링된 결합기 및 분배기로서, 상기 결합기 및 분배기는 복수의 플라즈마 프로세싱 스테이션들에 결합된 RF 신호들을 제공하도록 상기 제 1 수정된 RF 신호와 상기 제 2 수정된 RF 신호를 결합하도록 구성되고, 상기 결합기 및 분배기는 상기 복수의 플라즈마 프로세싱 스테이션들에 커플링된 복수의 출력부들을 갖고, 상기 결합기 및 분배기는 제 1 주파수 회로 및 제 2 주파수 회로를 포함하고, 상기 제 1 주파수 회로는 상기 제 1 주파수에 대한 제 1 복수의 튜닝 회로들을 포함하고, 상기 제 2 주파수 회로는 상기 제 2 주파수에 대한 제 2 복수의 튜닝 회로들을 포함하고, 상기 제 1 복수의 튜닝 회로들 및 상기 제 2 복수의 튜닝 회로들은 상기 결합기 및 분배기의 상기 출력부들에서 측정된 파라미터에 기초하여 상기 복수의 플라즈마 프로세싱 스테이션들과 연관된 임피던스들을 튜닝하도록 튜닝되게 구성되는, 상기 결합기 및 분배기;

상기 결합기 및 분배기의 상기 출력부들에서 상기 파라미터의 복수의 값들을 측정하기 위해 상기 결합기 및 분배기의 상기 출력부들에 커플링된 복수의 파라미터 프로브들; 및

상기 복수의 파라미터 프로브들로부터 상기 파라미터의 상기 복수의 값들을 수신하기 위해 상기 파라미터 프로브들에 커플링된 시스템 제어기를 더 포함하고,

상기 시스템 제어기는 상기 복수의 파라미터 프로브들로부터 수신된 상기 파라미터의 상기 복수의 값들에 기초하여 상기 제 1 복수의 튜닝 회로들 및 상기 제 2 복수의 튜닝 회로들을 튜닝하도록 상기 제 1 복수의 튜닝 회로들 및 상기 제 2 복수의 튜닝 회로들에 커플링되는, 시스템.

청구항 13

제 1 주파수를 가진 제 1 RF 신호를 생성하도록 구성된 제 1 RF 생성기;

제 2 주파수를 가진 제 2 RF 신호를 생성하도록 구성된 제 2 RF 생성기;

상기 제 1 RF 신호를 수신하도록 상기 제 1 RF 생성기에 커플링된 제 1 매칭 네트워크로서, 상기 제 1 매칭 네트워크는 상기 제 1 RF 신호를 수신할 시 제 1 수정된 RF 신호를 출력하도록 구성되는, 상기 제 1 매칭 네트워크;

상기 제 2 RF 신호를 수신하도록 상기 제 2 RF 생성기에 커플링된 제 2 매칭 네트워크로서, 상기 제 2 매칭 네트워크는 상기 제 2 RF 신호를 수신할 시 제 2 수정된 RF 신호를 출력하도록 구성되는, 상기 제 2 매칭 네트워크;

상기 제 1 매칭 네트워크의 출력부 및 상기 제 2 매칭 네트워크의 출력부에 커플링된 결합기 및 분배기로서, 상

기 결합기 및 분배기는 복수의 플라즈마 프로세싱 스테이션들에 결합된 RF 신호들을 제공하도록 상기 제 1 수정된 RF 신호와 상기 제 2 수정된 RF 신호를 결합하도록 구성되고, 상기 결합기 및 분배기는 상기 복수의 플라즈마 프로세싱 스테이션들에 커플링된 복수의 출력부들을 갖고, 상기 결합기 및 분배기는 제 1 주파수 회로 및 제 2 주파수 회로를 포함하고, 상기 제 1 주파수 회로는 상기 제 1 주파수에 대한 제 1 복수의 튜닝 회로들을 포함하고, 상기 제 2 주파수 회로는 상기 제 2 주파수에 대한 제 2 복수의 튜닝 회로들을 포함하고, 상기 제 1 복수의 튜닝 회로들 및 상기 제 2 복수의 튜닝 회로들은 상기 결합기 및 분배기의 상기 출력부들에서 측정된 파라미터에 기초하여 상기 복수의 플라즈마 프로세싱 스테이션들과 연관된 임피던스들을 튜닝하도록 튜닝되게 구성되고, 상기 결합기 및 분배기는 복수의 인덕터들을 포함하고, 상기 복수의 인덕터들 각각은 상기 결합기 및 분배기의 상기 출력부들 중 대응하는 일 출력부에 커플링되는, 상기 결합기 및 분배기를 포함하고,

상기 복수의 인덕터들 각각은 동작 주파수를 달성하는 것을 용이하게 하도록 상기 복수의 플라즈마 프로세싱 스테이션들 중 대응하는 일 플라즈마 프로세싱 스테이션의 공진 주파수를 제어하도록 사용되는, 시스템.

청구항 14

결합기 및 분배기 및 상기 결합기 및 분배기에 커플링된 시스템 제어기를 포함하고,

상기 결합기 및 분배기는,

제 1 매칭 네트워크로부터 제 1 주파수의 제 1 수정된 RF 신호를 수신하도록 상기 제 1 매칭 네트워크를 통해 제 1 RF 생성기에 커플링된 제 1 주파수 회로로서, 상기 제 1 주파수 회로는 상기 제 1 수정된 RF 신호를 수신할 시 복수의 RF 신호들을 출력하도록 구성되는, 상기 제 1 주파수 회로;

제 2 매칭 네트워크로부터 제 2 주파수의 제 2 수정된 RF 신호를 수신하도록 상기 제 2 매칭 네트워크를 통해 제 2 RF 생성기에 커플링된 제 2 주파수 회로로서, 상기 제 2 주파수 회로는 상기 제 2 수정된 RF 신호를 수신할 시 복수의 RF 신호들을 출력하도록 구성되고, 상기 제 2 주파수 회로는 상기 제 1 주파수 회로에 커플링되는, 상기 제 2 주파수 회로; 및

상기 제 2 주파수 회로에 커플링된 출력 회로로서, 상기 출력 회로는 복수의 결합된 RF 신호들을 복수의 플라즈마 프로세싱 스테이션들에 제공하기 위해 상기 제 1 주파수 회로로부터 출력된 상기 복수의 RF 신호들 각각과 상기 제 2 주파수 회로로부터 출력된 상기 복수의 RF 신호들 중 대응하는 RF 신호를 결합하도록 구성되는, 상기 출력 회로를 포함하고,

상기 출력 회로는 상기 복수의 플라즈마 프로세싱 스테이션들에 커플링된 복수의 출력부들을 갖고,

상기 제 1 주파수 회로는 상기 제 1 주파수에 대한 복수의 제 1 주파수 튜닝 회로들을 포함하고, 그리고

상기 제 2 주파수 회로는 상기 제 2 주파수에 대한 복수의 제 2 주파수 튜닝 회로들을 포함하고,

상기 시스템 제어기는 상기 출력 회로의 상기 출력부들에서 측정된 파라미터에 기초하여 상기 복수의 제 1 주파수 튜닝 회로들을 튜닝하도록 구성되고,

상기 시스템 제어기는 상기 출력 회로의 상기 출력부들에서 측정된 상기 파라미터에 기초하여 상기 복수의 제 2 주파수 튜닝 회로들을 튜닝하도록 구성되는, 시스템.

청구항 15

제 14 항에 있어서,

상기 복수의 제 1 주파수 튜닝 회로들은 상기 복수의 플라즈마 프로세싱 스테이션들 중 일 플라즈마 프로세싱 스테이션과 연관된 제 1 임피던스가 상기 복수의 플라즈마 프로세싱 스테이션들 중 또 다른 일 플라즈마 프로세싱 스테이션과 연관된 제 2 임피던스로부터 미리 결정된 범위 내에 있도록 조정되는 변수를 갖고, 그리고 상기 복수의 제 2 주파수 튜닝 회로들은 상기 제 1 임피던스가 상기 제 2 임피던스로부터 미리 결정된 범위 내에 있도록 조정되는 변수를 갖는, 시스템.

청구항 16

제 14 항에 있어서,

상기 복수의 제 1 주파수 튜닝 회로들 중 일 튜닝 회로는 상기 복수의 플라즈마 프로세싱 스테이션들 중 일 플라즈마 프로세싱 스테이션에 공급된 제 1 레벨의 전력을 변화시키도록 튜닝되는 커패시터를 포함하고 그리고 상기 복수의 제 2 주파수 튜닝 회로들 중 일 튜닝 회로는 상기 복수의 플라즈마 프로세싱 스테이션들 중 일 플라즈마 프로세싱 스테이션에 공급된 제 2 레벨의 전력을 변화시키도록 튜닝되는 커패시터이고,

상기 제 1 레벨의 전력은 상기 제 1 주파수와 연관되고 그리고 상기 제 2 레벨의 전력은 상기 제 2 주파수와 연관되고, 상기 제 1 레벨의 전력 및 상기 제 2 레벨의 전력은 상기 복수의 플라즈마 프로세싱 스테이션들 중 또 다른 플라즈마 프로세싱 스테이션과 연관된 임피던스에 기초하여 변화되는, 시스템.

청구항 17

제 14 항에 있어서,

상기 출력 회로의 상기 출력부들에서 상기 파라미터의 복수의 값들을 측정하기 위해 상기 출력 회로의 상기 출력부들에 커플링된 복수의 파라미터 프로브들을 더 포함하고;

상기 복수의 제 1 주파수 튜닝 회로들은 상기 파라미터의 상기 복수의 값들에 기초하여 튜닝되도록 구성되고, 그리고

상기 복수의 제 2 주파수 튜닝 회로들은 상기 파라미터의 상기 복수의 값들에 기초하여 튜닝되도록 구성되는, 시스템.

청구항 18

제 1 매칭 네트워크로부터 제 1 주파수의 제 1 수정된 RF 신호를 수신하도록 상기 제 1 매칭 네트워크를 통해 제 1 RF 생성기에 커플링된 제 1 주파수 회로로서, 상기 제 1 주파수 회로는 상기 제 1 수정된 RF 신호를 수신할 시 복수의 RF 신호들을 출력하도록 구성되는, 상기 제 1 주파수 회로;

제 2 매칭 네트워크로부터 제 2 주파수의 제 2 수정된 RF 신호를 수신하도록 상기 제 2 매칭 네트워크를 통해 제 2 RF 생성기에 커플링된 제 2 주파수 회로로서, 상기 제 2 주파수 회로는 상기 제 2 수정된 RF 신호를 수신할 시 복수의 RF 신호들을 출력하도록 구성되고, 상기 제 2 주파수 회로는 상기 제 1 주파수 회로에 커플링되는, 상기 제 2 주파수 회로; 및

상기 제 2 주파수 회로에 커플링된 출력 회로로서, 상기 출력 회로는 복수의 결합된 RF 신호들을 복수의 플라즈마 프로세싱 스테이션들에 제공하도록 상기 제 1 주파수 회로로부터 출력된 상기 복수의 RF 신호들 각각과 상기 제 2 주파수 회로로부터 출력된 상기 RF 신호들 중 대응하는 RF 신호를 결합하도록 구성되는, 상기 출력 회로를 포함하고,

상기 출력 회로는 상기 복수의 플라즈마 프로세싱 스테이션들에 커플링된 복수의 출력부들을 갖고,

상기 제 1 주파수 회로는 상기 출력 회로의 상기 출력부들에서 측정된 파라미터에 기초하여 상기 복수의 플라즈마 프로세싱 스테이션들과 연관된 임피던스들을 튜닝하도록 상기 제 1 주파수에 대한 복수의 제 1 주파수 튜닝 회로들을 포함하고, 그리고

상기 제 2 주파수 회로는 상기 출력 회로의 상기 출력부들에서 측정된 파라미터에 기초하여 상기 복수의 플라즈마 프로세싱 스테이션들과 연관된 상기 임피던스들을 튜닝하도록 상기 제 2 주파수에 대한 복수의 제 2 주파수 튜닝 회로들을 포함하는, 시스템.

청구항 19

제 18 항에 있어서,

상기 복수의 제 1 주파수 튜닝 회로들 중 일 튜닝 회로는 상기 복수의 플라즈마 프로세싱 스테이션들 중 일 플라즈마 프로세싱 스테이션에 공급된 제 1 레벨의 전력을 변화시키도록 튜닝되는 커패시터를 포함하고 그리고 상기 복수의 제 2 주파수 튜닝 회로들 중 일 튜닝 회로는 상기 복수의 플라즈마 프로세싱 스테이션들 중 일 플라즈마 프로세싱 스테이션에 공급된 제 2 레벨의 전력을 변화시키도록 튜닝되는 커패시터이고,

상기 제 1 레벨의 전력은 상기 제 1 주파수와 연관되고 그리고 상기 제 2 레벨의 전력은 상기 제 2 주파수와 연관되고, 상기 제 1 레벨의 전력 및 상기 제 2 레벨의 전력은 상기 복수의 플라즈마 프로세싱 스테이션들 중 또

다른 플라즈마 프로세싱 스테이션과 연관된 임피던스들 중 하나에 기초하여 변화되는, 시스템.

청구항 20

제 18 항에 있어서,

상기 제 1 주파수 회로는, 상기 제 2 주파수가 상기 제 1 RF 생성기에 영향을 주지 않도록 상기 제 2 주파수를 필터링하게 구성되는 차단 회로를 포함하는, 시스템.

청구항 21

제 18 항에 있어서,

상기 출력 회로는,

상기 복수의 플라즈마 프로세싱 스테이션들에 대응하는 복수의 더미 부하들; 및

복수의 스위치들로서, 상기 복수의 스위치들 각각은 상기 복수의 더미 부하들 중 대응하는 더미 부하 또는 상기 출력 회로의 상기 출력부들 중 대응하는 출력부에 커플링되도록 구성되는, 상기 복수의 스위치들을 포함하는, 시스템.

청구항 22

제 18 항에 있어서,

상기 출력 회로의 상기 출력부들에서 상기 파라미터의 복수의 값들을 측정하기 위해 상기 출력 회로의 상기 출력부들에 커플링된 복수의 파라미터 프로브들을 더 포함하고;

상기 복수의 제 1 주파수 튜닝 회로들은 상기 파라미터의 상기 복수의 값들에 기초하여 튜닝되도록 구성되고, 그리고

상기 복수의 제 2 주파수 튜닝 회로들은 상기 파라미터의 상기 복수의 값들에 기초하여 튜닝되도록 구성되는, 시스템.

청구항 23

제 18 항에 있어서,

상기 출력 회로는 복수의 인덕터들을 포함하고, 상기 복수의 인덕터들 각각은 상기 출력 회로의 상기 출력부들 중 대응하는 출력부에 커플링되고, 상기 복수의 인덕터들 각각은 동작 주파수의 달성을 용이하게 하도록 상기 복수의 플라즈마 프로세싱 스테이션들 중 대응하는 플라즈마 프로세싱 스테이션의 주파수를 제어하도록 사용되는, 시스템.

청구항 24

제 18 항에 있어서,

상기 복수의 제 1 주파수 튜닝 회로들은 상기 파라미터에 기초하여 조정되는 제 1 변수를 갖고, 상기 복수의 제 2 주파수 튜닝 회로들은 상기 파라미터에 기초하여 조정되는 제 2 변수를 갖는, 시스템.

청구항 25

제 18 항에 있어서,

상기 복수의 제 1 주파수 튜닝 회로들은 상기 복수의 플라즈마 프로세싱 스테이션들 중 일 플라즈마 프로세싱 스테이션과 연관된 임피던스들 중 일 임피던스가 상기 복수의 플라즈마 프로세싱 스테이션들 중 또 다른 일 플라즈마 프로세싱 스테이션과 연관된 또 다른 임피던스들 중 또 다른 일 임피던스로부터 미리 결정된 범위 내에 있도록 조정되는 제 1 변수를 갖고, 그리고 상기 복수의 제 2 주파수 튜닝 회로들은 상기 임피던스들 중 상기 일 임피던스가 상기 임피던스들 중 다른 일 임피던스로부터 미리 결정된 범위 내에 있도록 조정되는 제 2 변수를 갖는, 시스템.

청구항 26

제 1 주파수를 가진 제 1 RF 신호를 생성하도록 구성된 제 1 RF 생성기;

제 2 주파수를 가진 제 2 RF 신호를 생성하도록 구성된 제 2 RF 생성기;

상기 제 1 RF 신호를 수신하도록 상기 제 1 RF 생성기에 커플링된 제 1 매칭 네트워크로서, 상기 제 1 매칭 네트워크는 상기 제 1 RF 신호를 수신할 시 제 1 수정된 RF 신호를 출력하도록 구성되는, 상기 제 1 매칭 네트워크;

상기 제 2 RF 신호를 수신하도록 상기 제 2 RF 생성기에 커플링된 제 2 매칭 네트워크로서, 상기 제 2 매칭 네트워크는 상기 제 2 RF 신호를 수신할 시 제 2 수정된 RF 신호를 출력하도록 구성되는, 상기 제 2 매칭 네트워크; 및

상기 제 1 매칭 네트워크의 출력부 및 상기 제 2 매칭 네트워크의 출력부에 커플링된 결합기 및 분배기로서, 상기 결합기 및 분배기는 복수의 플라즈마 프로세싱 스테이션들에 결합된 RF 신호들을 제공하도록 상기 제 1 수정된 RF 신호와 상기 제 2 수정된 RF 신호를 결합하도록 구성되고, 상기 결합기 및 분배기는 상기 복수의 플라즈마 프로세싱 스테이션들에 커플링된 복수의 출력부들을 갖고, 상기 결합기 및 분배기는 상기 결합기 및 분배기의 상기 출력부들에서 측정된 파라미터에 기초하여 상기 복수의 플라즈마 프로세싱 스테이션들과 연관된 임피던스들을 튜닝하도록 상기 제 1 주파수 및 상기 제 2 주파수에 대한 복수의 튜닝 회로들을 포함하는, 상기 결합기 및 분배기를 포함하고,

상기 결합기 및 분배기는 복수의 스위치들을 포함하고, 상기 복수의 스위치들 각각은 복수의 더미 부하들 중 대응하는 더미 부하 또는 상기 결합기 및 분배기의 상기 출력부들 중 대응하는 출력부에 커플링되도록 구성되고, 상기 복수의 스위치들 각각은 대응하는 복수의 위치들을 갖고, 상기 복수의 스위치들 중 일 스위치의 상기 대응하는 복수의 위치들은 상기 임피던스를 튜닝하도록 모니터링되고 제어되는, 시스템.

청구항 27

삭제

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 실시예들은 복수의 플라즈마 프로세싱 스테이션들에 걸쳐 임피던스들 또는 전력 또는 이들의 조합을 조정하기 위한 시스템들 및 방법들에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 일반적으로, 프로세스 반응기들은 웨이퍼들, 예를 들어, 실리콘 웨이퍼들 상의 프로세스 동작들에 사용된다. 이들 웨이퍼들은 통상적으로 상부에 집적 회로들을 형성하도록 다양한 반응기들 내에서 수차례 프로세싱된다. 이들 프로세스 동작들 중 일부는 예를 들어, 웨이퍼의 선택된 표면들 또는 층들 위에 재료들을 증착하는 것을 수반한다. 일 이러한 반응기는 PECVD (plasma enhanced chemical vapor deposition) 반응기이다.

[0003] 예를 들어, PECVD 반응기는 절연 막들, 예컨대, 실리콘 옥사이드 (SiO), 실리콘 나이트라이드 (SiN), 실리콘 카바이드 (SiC), 실리콘 옥시카바이드 (SiOC), 및 다른 것들을 증착하도록 사용될 수도 있다. 이러한 재료 막들은 알루미늄 (Al) 합금을 포함할 수도 있다. 증착될 막의 타입에 따라, RF (radio frequency) 전력이 증착을 인에이블하는 (enable) 플라즈마를 생성하도록 공급되는 동안 특정한 반응 가스들이 PECVD 반응기로 이동된다. RF 전력은 RF 생성기에 의해 생성되고 그리고 매치박스 (matchbox) 를 통해 PECVD 반응기의 전극에 제공된다.

[0004] 본 개시에 기술된 실시예들은 이 맥락에서 발생한다.

발명의 내용

[0005] 본 개시의 실시예들은 복수의 플라즈마 프로세싱 스테이션들에 걸쳐 임피던스들 또는 전력 또는 이들의 조합을 조정하기 위한 시스템들 및 방법들을 제공한다. 본 실시예들은 수많은 방식들로, 예를 들어, 프로세스, 장치, 시스템, 디바이스, 또는 컴퓨터 판독 가능 매체 상의 방법으로 구현될 수 있다는 것이 이해되어야 한다. 몇몇의 실시예들이 이하에 기술된다.

[0006] 다양한 실시예들에서, 전력을 기관 스테이션들 중 특정한 기관 스테이션들로 방향 전환하고 그리고 기관 스테이

선들 중 특정한 기관 스테이션 상에서 플라즈마를 점화, 인에이블 (enable), 또는 제어하기 위한 선택도로 진공 분위기를 공유하는 복수의 기관 스테이션들로 복수의 비 50 Ω 소스 신호들을 스플릿하기 (split) 위한 시스템들 및 방법들이 제공된다. 이는 CCP (capacitive coupled plasma) 시스템 분위기에서 능동 튜닝 가능한 엘리먼트들 (elements) 을 사용하여 스테이션 대 스테이션 기관 프로세스 가변성 제어를 위한 RF 인 시츄 (in-situ) 밸런싱 및 미리 선택된 기관 스테이션들 중 특정한 기관 스테이션들의 플라즈마 프로세싱을 포함한다.

- [0007] 일부 실시예들에서, 동축 및 비 동축 타입 출력들은 다양한 임피던스 범위 및 다양한 전력 레벨들로 기관 스테이션들에 제공된다.
- [0008] 다양한 실시예들에서, 단단계 프로세스 동안 기관 스테이션들 내에서 다양한 임피던스 변화들을 수용하도록 적절한 튜닝 범위를 가진 복수의 주파수들에 대한 결합기 및 분배기가 제공된다. 결합기 및 분배기는 능동 튜닝 매칭 네트워크 출력들로부터 입력들로서 다양한 임피던스 범위들 및 다양한 전력 레벨들을 가진 복수의 비 50 Ω 전력 신호들을 수신한다. 게다가, 결합기 및 분배기 내의 스위치들, 예를 들어, 진공 릴레이 기반 스위치들, 등은 전력을 필요로 하지 않는 기관 스테이션들에 대한 더미 (dummy) 임피던스들로 전력을 방향 전환한다. 결합기 및 분배기는 기관 스테이션들 각각으로 복수의 주파수들의 신호들을 도입한다. 또한, 결합기 및 분배기는 기관 스테이션들 각각으로의 복수의 주파수들의 신호들을 가변한다. 결합기 및 분배기는 서로로부터 주파수들의 격리를 위해 그리고 결합기 및 분배기의 입력부들로 피드백을 최소화하기 위해, 필터들, 예를 들어, DC (direct current) 차단 커패시터들, 인덕터들, 등을 포함한다.
- [0009] 일부 실시예들에서, 결합기 및 분배기는 RF 전력으로 플라즈마 시스 (sheath) 커패시턴스 변화를 관리하도록 그 출력부들 각각에서 밸런싱 인덕터를 포함하고 그리고 또한 플라즈마 점화 및 다른 프로세스 레시피 전이들 동안 공진 주파수 시프트를 제어한다.
- [0010] 다양한 실시예들에서, 자동화된 제어, 예를 들어, 프로브 제어 및 시스템 제어, 등은 임피던스 변화를 제공하도록 능동 RF 프로세스들 동안 기관 스테이션들 각각에 대해 결합기 및 분배기의 튜닝 엘리먼트들, 예를 들어, 커패시터들, 등의 위치들을 가변하게 제공한다.
- [0011] 일부 실시예들에서, 가변하는 임피던스 변화들과 함께 멀티 층 프로세스의 실행을 인에이블하도록 플라즈마 프로세스 동안, 가변 커패시터들, 예를 들어, 진공 커패시터들, 등을 이동 및 제어하기 위한 방법이 제공된다. 튜닝 엘리먼트들의 능동 변화의 자동화된 제어는 RF 신호 진폭 및 위상을 제어함으로써 능동 보상을 돕는다.
- [0012] 다양한 실시예들에서, 결합기 및 분배기는 리모트로 장착되고 그리고 결합기 및 분배기의 출력부들은 기관 스테이션들의 전극 입력부들에 대해 동축이다 (coaxial).
- [0013] 몇몇의 실시예들에서, 파라미터 프로브, 예를 들어, 복소 전압 및 전류 프로브, 등이 모니터링하고 그리고 프로브 제어 및 시스템 제어부에 피드백을 제공하도록 기관 스테이션들 각각에 연결된다. 프로브 제어 및 시스템 제어부는 전력 제어를 위해 폐루프 시스템을 실행하기 위한 메커니즘을 사용한다.
- [0014] 일부 실시예들에서, 결합기 및 분배기는 RF 전력을 턴 오프하지 않고 멀티-층 프로세스들을 프로세싱하게 한다.
- [0015] 다양한 실시예들에서, 결합기 및 분배기는 기관 스테이션들 각각에서 스테이션 대 스테이션 매칭 또는 목표된 프로세스 결과들을 개선하도록 기관 스테이션들 각각에 대한 RF 신호 레벨들의 능동 변화를 허용한다.
- [0016] 몇몇의 실시예들에서, 튜닝 엘리먼트들의 변화의 자동화된 제어는 RF 신호 진폭 및 위상을 제어함으로써 능동 보상을 돕는다.
- [0017] 일부 실시예들에서, 복수의 플라즈마 프로세싱 스테이션들에 걸쳐 임피던스들 또는 전력 또는 이들의 조합을 조정하기 위한 시스템이 기술된다. 시스템은 제 1 주파수를 가진 제 1 RF 신호를 생성하는 제 1 RF 생성기, 제 2 주파수를 가진 제 2 RF 신호를 생성하는 제 2 RF 생성기, 및 제 1 RF 신호를 수신하도록 제 1 RF 생성기에 커플링된 제 1 매칭 네트워크를 포함한다. 제 1 매칭 네트워크는 제 1 RF 신호를 수신할 시 제 1 수정된 RF 신호를 출력한다. 시스템은 제 2 RF 신호를 수신하도록 제 2 RF 생성기에 커플링된 제 2 매칭 네트워크를 더 포함한다. 제 2 매칭 네트워크는 제 2 RF 신호를 수신할 시 제 2 수정된 RF 신호를 출력한다. 시스템은 제 1 매칭 네트워크의 출력부 및 제 2 매칭 네트워크의 출력부에 커플링된 결합기 및 분배기를 더 포함한다. 결합기 및 분배기는 결합된 RF 신호들을 플라즈마 프로세싱 스테이션들에 제공하도록 제 1 수정된 RF 신호와 제 2 수정된 RF 신호를 결합한다. 결합기 및 분배기는 플라즈마 프로세싱 스테이션들에 커플링된 복수의 출력부들을 갖는다. 결합기 및 분배기는 결합기 및 분배기의 출력부들에서 측정된 파라미터에 기초하여 플라즈마 프로세싱 스테이션들과 연관된 임피던스들을 튜닝하도록 제 1 주파수 및 제 2 주파수에 대한 복수의 튜닝 회로들을 포함

한다.

- [0018] 몇몇의 실시예들에서, 결합기 및 분배기가 기술된다. 결합기 및 분배기는 제 1 매칭 네트워크로부터 제 1 주파수의 제 1 수정된 RF 신호를 수신하도록 제 1 매칭 네트워크를 통해 제 1 RF 생성기에 커플링된 제 1 주파수 회로를 포함한다. 제 1 주파수 회로는 제 1 수정된 RF 신호를 수신할 시 복수의 RF 신호들을 출력한다. 결합기 및 분배기는 제 2 매칭 네트워크로부터 제 2 주파수의 제 2 수정된 RF 신호를 수신하도록 제 2 매칭 네트워크를 통해 제 2 RF 생성기에 커플링된 제 2 주파수 회로를 더 포함한다. 제 2 주파수 회로는 제 2 수정된 RF 신호를 수신할 시 복수의 RF 신호들을 출력한다. 제 2 주파수 회로는 제 1 주파수 회로에 커플링된다. 결합기 및 분배기는 제 2 주파수 회로에 커플링된 출력 회로를 포함한다. 출력 회로는 복수의 결합된 RF 신호들을 플라즈마 프로세싱 스테이션들에 제공하기 위해 제 1 주파수 회로로부터 출력된 RF 신호들 각각과 제 2 주파수 회로로부터 출력된 RF 신호들 중 대응하는 RF 신호를 결합한다. 출력 회로는 플라즈마 프로세싱 스테이션들에 커플링된 복수의 출력부들을 갖는다. 제 1 주파수 회로는 출력 회로의 출력부들에서 측정된 파라미터에 기초하여 플라즈마 프로세싱 스테이션들과 연관된 임피던스들 또는 전력을 튜닝하도록 제 1 주파수에 대한 복수의 제 1 주파수 튜닝 회로들을 포함한다. 제 2 주파수 회로는 출력 회로의 출력부들에서 측정된 파라미터에 기초하여 플라즈마 프로세싱 스테이션들과 연관된 임피던스들 또는 전력을 튜닝하도록 제 2 주파수에 대한 복수의 제 2 주파수 튜닝 회로들을 포함한다.
- [0019] 일부 실시예들에서, 플라즈마 프로세싱 스테이션들에 걸쳐 임피던스를 조정하기 위한 시스템이 제공된다. 시스템은 결합기 및 분배기를 포함한다. 결합기 및 분배기는 제 1 매칭 네트워크로부터 제 1 주파수의 제 1 수정된 RF 신호를 수신하도록 제 1 매칭 네트워크를 통해 제 1 RF 생성기에 커플링된 제 1 주파수 회로를 포함한다. 제 1 주파수 회로는 제 1 수정된 RF 신호를 수신할 시 복수의 RF 신호들을 출력한다. 결합기 및 분배기는 제 2 매칭 네트워크로부터 제 2 주파수의 제 2 수정된 RF 신호를 수신하도록 제 2 매칭 네트워크를 통해 제 2 RF 생성기에 커플링된 제 2 주파수 회로를 더 포함한다. 제 2 주파수 회로는 제 2 수정된 RF 신호를 수신할 시 복수의 RF 신호들을 출력한다. 제 2 주파수 회로는 제 1 주파수 회로에 커플링된다. 결합기 및 분배기는 제 2 주파수 회로에 커플링된 출력 회로를 포함한다. 출력 회로는 복수의 결합된 RF 신호들을 플라즈마 프로세싱 스테이션들에 제공하도록 제 1 주파수 회로로부터 RF 신호들의 출력 각각과 제 2 주파수 회로로부터 RF 신호들의 출력 중 대응하는 RF 신호의 출력을 결합한다. 출력 회로는 플라즈마 프로세싱 스테이션들에 커플링된 복수의 출력부들을 갖는다. 제 1 주파수 회로는 제 1 주파수에 대한 복수의 제 1 주파수 튜닝 회로들을 포함하고 그리고 제 2 주파수 회로는 제 2 주파수에 대한 복수의 제 2 주파수 튜닝 회로들을 포함한다. 시스템은 결합기 및 분배기에 커플링된, 시스템 제어기, 예를 들어, 프로브 제어 및 시스템 제어부, 등을 더 포함한다. 시스템 제어기는 결합기 및 분배기의 출력부들에서 측정된 파라미터에 기초하여 제 1 주파수 튜닝 회로들을 튜닝한다. 시스템 제어기는 출력 회로의 출력부들에서 측정된 파라미터에 기초하여 제 2 주파수 튜닝 회로들을 튜닝한다.
- [0020] 결합기 및 분배기의 몇몇의 이점들은 RF 신호들로부터의 전력을 기관 스테이션들로 제공하기 위해 복수의 주파수들의 RF 신호들을 생성하는 RF 생성기들을 턴 오프할 필요 없이 기관 스테이션들 중 하나 이상의 기관 스테이션들에 대한 플라즈마 프로세싱을 턴 오프하는 것을 포함한다. 플라즈마 프로세싱의 턴 오프는 복수의 주파수들의 RF 신호들을 기관 스테이션들 중 하나 이상의 기관 스테이션들에 대응하는 하나 이상의 더미 부하들 (dummy load) 에 커플링함으로써 달성된다.
- [0021] 결합기 및 분배기의 다른 이점들은 다양한 플라즈마 프로세스들을 수행하기 위해 결합기 및 분배기의 출력부들에서 파라미터의 값들을 제어하도록 튜닝 엘리먼트들을 제어하는 것을 포함한다. 튜닝 엘리먼트들은 결합기 및 분배기의 출력부들로부터 수신된 피드백에 기초하여 제어된다.
- [0022] 결합기 및 분배기의 또 다른 이점들은 플라즈마 챔버 내에서 플라즈마에 의해 생성되는, 차단 DC 전력, 예를 들어, 웨이퍼 DC 바이어스와 연관된 전력, 등을 포함한다.
- [0023] 결합기 및 분배기의 추가의 이점들은 일부 실시예들에서, 주파수당 RF 소스가 플라즈마 프로세싱 스테이션들을 구동한다는 것을 포함한다. 게다가, 다양한 실시예들에서, 모든 플라즈마 프로세싱 스테이션들은 동위상으로 구동된다. 게다가, 몇몇의 실시예들에서, 결합기 및 분배기는 진공 챔버 내의 플라즈마 프로세싱 스테이션들로 하여금 주파수 비트들 (beats) 의 위험 없이 동작하게 한다. 게다가, 일부 실시예들에서, 고 주파수 전력 및 저 주파수 전력은 턴 오프 또는 턴 온을 위해 동기화를 달성하는 동시에 플라즈마 프로세싱 스테이션들에 대해 턴 오프 또는 턴 온된다. 예를 들어, 보다 많은 전류가 비-점화된 스테이션들로 향하고 따라서 점화를 강요하는 전류 밸런싱에 기인하여 모든 플라즈마 프로세싱 스테이션들의 동시 점화가 있다.
- [0024] 다른 양태들은 첨부된 도면들과 함께 취해진, 다음의 상세한 기술로부터 분명해질 것이다.

도면의 간단한 설명

- [0025] 실시예들은 첨부된 도면들과 함께 취해진 다음의 기술을 참조하여 가장 잘 이해될 수도 있다.
 도 1은 웨이퍼를 프로세싱하도록 사용되는 기관 프로세싱 시스템을 예시한다.
 도 2는 4 개의 프로세싱 스테이션들이 제공되는 멀티-스테이션 프로세싱 툴의 평면도를 예시한다.
 도 3은 인바운드 로드록 및 아웃바운드 로드록을 가진 멀티-스테이션 프로세싱 툴의 실시예의 개략도를 도시한다.
 도 4는 RF 전력을 결합하고 그리고 RF 전력을 스테이션들로 분배할 시 결합기 및 분배기의 사용을 예시하기 위한 시스템의 실시예의 도면이다.
 도 5는 결합기 및 분배기의 실시예의 회로도를 예시하기 위한 시스템의 실시예이다.
 도 6은 프로브 제어 및 시스템 제어부에 의한 결합기 및 분배기의 튜닝 엘리먼트들의 제어를 예시하기 위한 시스템의 실시예의 도면이다.
 도 7은 출력부들에서 파라미터의 값들이 서로 미리 결정된 범위 내에 있도록 결합기 및 분배기의 출력부들에서의 파라미터의 값들과 결합기 및 분배기의 튜닝 엘리먼트들의 변수의 값들 사이의 대응의 예인 표 목록을 예시하기 위한 실시예의 도면이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0026] 다음의 실시예들은 복수의 플라즈마 프로세싱 스테이션들에 걸쳐 임피던스들 또는 전력 또는 이들의 조합을 조정하기 위한 시스템들 및 방법들을 기술한다. 본 실시예들이 이들 특정한 상세사항들 중 일부 또는 전부 없이 실시될 수도 있다는 것이 자명할 것이다. 다른 예들에서, 공지된 프로세스 동작들은 본 실시예들을 불필요하게 모호하게 하지 않도록 상세히 기술되지 않는다.
- [0027] 막들의 증착은 바람직하게 PECVD (plasma enhanced chemical vapor deposition) 시스템에서 구현된다. PECVD 시스템은 많은 상이한 형태들을 취할 수도 있다. PECVD 시스템은 하나 이상의 웨이퍼들을 하우징하고 (house) 웨이퍼 프로세싱에 적합한 (때때로 복수의 스테이션들을 포함하는) 하나 이상의 챔버들 또는 "반응기들"을 포함한다. 플라즈마 챔버 각각은 프로세싱을 위해 하나 이상의 웨이퍼들을 하우징한다. 하나 이상의 플라즈마 챔버들은 규정된 위치 또는 위치들에 예를 들어 회전, 진동, 또는 다른 교반, 등과 같은 운동을 하여 또는 상기 운동 없이 그 위치 내에서 웨이퍼를 유지한다. 증착을 겪은 웨이퍼는 프로세스 동안 챔버 내에서 일 스테이션으로부터 또 다른 스테이션으로 이송된다. 막 증착은 단일의 스테이션에서 전적으로 일어나거나 막의 임의의 부분이 임의의 수의 스테이션들에서 증착된다. 프로세스 중 동안, 웨이퍼 각각은 페테스탈, 예를 들어, 웨이퍼 척, 등, 및/또는 플라즈마 챔버의 다른 웨이퍼 홀딩 장치에 의해 제자리에 홀딩된다.
- [0028] 도 1은 웨이퍼 (101) 를 프로세싱하도록 사용되는 PECVD 시스템의 일 예인 기관 프로세싱 시스템 (100) 을 예시한다. 기관 프로세싱 시스템 (100) 은 하부 챔버 부분 (102b) 및 상부 챔버 부분 (102a) 을 가진 플라즈마 챔버 (102) 를 포함한다. 중심 칼럼 (center column) 은 일 실시예에서 전력 공급된 전극을 포함하는, 페테스탈 (140) 을 지지하도록 구성된다. 페테스탈 (140) 은 결합기 및 분배기 (121) 에 전기적으로 커플링되고, 결합기 및 분배기 (121) 는 또한 복수의 매칭 네트워크들 (106) 에 커플링된다. 매칭 네트워크들 (106) 은 복수의 RF 생성기들 (104) 에 커플링된다. RF 생성기들 (104) 은 프로브 제어 및 시스템 제어부 (110), 예를 들어, 제어기, 등에 의해 제어된다. 제어기의 예들은 프로세서 및 메모리 디바이스를 포함한다. 프로세서는 예를 들어, ASIC (application specific integrated circuit), PLD (programmable logic device), CPU (central processing unit), 또는 마이크로프로세서, 등이다. 메모리 디바이스의 예들은 ROM (read-only memory), RAM (random access memory), 저장 디스크들 (storage disks) 의 리던던트 어레이 (redundant array), 하드 디스크, 플래시 메모리, 등을 포함한다. 프로브 제어 및 시스템 제어부 (110) 는 프로세스 입력 및 제어부 (108) 를 실행함으로써 기관 프로세싱 시스템 (100) 을 동작한다. 프로세스 입력 및 제어부 (108) 는 웨이퍼 (101) 위에 막들을 증착 또는 형성하도록, 전력 레벨들, 타이밍 파라미터들, 프로세스 가스들, 웨이퍼 (101) 의 기계적 운동, 등과 같은 프로세스 레시피들을 포함한다.
- [0029] 중심 칼럼은 또한 리프트 핀 제어부 (122) 에 의해 제어되는, 리프트 핀들 (120) 을 포함하도록 도시된다. 리프트 핀들 (120) 은 엔드-이펙터로 하여금 웨이퍼 (101) 를 픽킹하게 하기 (pick) 위해 페테스탈 (140) 로부터

웨이퍼 (101) 를 상승시키고 그리고 엔드-이펙터에 의해 배치된 후에 웨이퍼 (101) 를 하강시키도록 사용된다. 기관 프로세싱 시스템 (100) 은 프로세스 가스들 (114) 에 연결되는 가스 공급 매니폴드 (112), 예를 들어, 실비로부터의 가스 화학물질 공급부들을 더 포함한다. 수행되는 프로세싱에 따라, 프로브 제어 및 시스템 제어부 (110) 는 가스 공급 매니폴드 (112) 를 통한 프로세스 가스들 (114) 의 전달을 제어한다. 이어서 선택된 가스들은 샤워헤드 (150) 내로 흐르고 웨이퍼 (101) 와 대면하는 샤워헤드 (150) 전방부와 페테스탈 (140) 사이에 규정된 공간 볼륨, 예를 들어, 갭, 등에 분배된다.

[0030] 또한, 일부 실시예들에서, 프로세스 가스들 (114) 은 미리 혼합되거나 미리 혼합되지 않는다. 적절한 밸브 및 질량 유량 제어 메커니즘들은 적절한 프로세스 가스들이 프로세스의 증착 및 플라즈마 처리 페이즈들 동안 전달되는 것을 보장하도록 채용된다. 프로세스 가스들 (114) 은 유출부를 통해 플라즈마 챔버 (102) 를 나간다. 진공 펌프, 예를 들어, 1 개 또는 2 개의 스테이지 기계식 건조 펌프, 터보분자식 펌프, 등은 프로세스 가스들을 외부로 인출하고 그리고 쓰로틀 밸브 또는 펜들럼 밸브와 같은, 페루프 제어된 플로우 제한 디바이스에 의해 플라즈마 챔버 (102) 내에서 적절하게 저압을 유지한다.

[0031] 페테스탈 (140) 의 외측 구역을 둘러싸는 캐리어 링 (151) 이 또한 도시된다. 캐리어 링 (151) 은 페테스탈 (140) 의 중심의 웨이퍼 지지 구역으로부터 스텝 다운된 (step down) 캐리어 링 지지 구역 위에 놓인다. 캐리어 링 (151) 은 캐리어 링의 디스크 구조체의 외측 에지 측, 예를 들어, 외측 반경부, 등 및 캐리어 링의 디스크 구조체의 웨이퍼 에지 측, 예를 들어, 웨이퍼 (101) 가 놓이는 곳과 가장 가까운 내측 반경부, 등을 포함한다. 캐리어 링 (151) 의 웨이퍼 에지 측은 캐리어 링 (151) 이 복수의 스파이더 포크들 (180) 에 의해 리프팅될 때 웨이퍼 (101) 를 리프팅하는 복수의 콘택트 지지 구조체들을 포함한다. 따라서 캐리어 링 (151) 은 웨이퍼 (101) 와 함께 리프팅되고 또 다른 스테이션에 대해, 예를 들어, 멀티-스테이션 시스템에서 로테이션된다.

[0032] 일 실시예에서, RF 전력이 RF 생성기들 (104) 로부터 페테스탈 (140) 내의 하부 전극으로 공급될 때 샤워헤드 (150) 내의 상부 전극은 접지된다.

[0033] 일 실시예에서, 페테스탈 (140) 이 매칭 네트워크들 (106) 을 통해 RF 생성기들 (104) 에 전기적으로 커플링되는 대신, 샤워헤드 (150) 내의 상부 전극은 RF 생성기들 (104) 로부터 전력을 수신하기 위해 복수의 매칭 네트워크들을 통해 RF 생성기들 (104) 에 커플링되고 그리고 페테스탈 (140) 내의 하부 전극은 접지된다.

[0034] 일부 실시예들에서, RF 생성기들 (104) 은 상이한 주파수들을 가진 RF 신호들을 생성하고, 예를 들어, RF 생성기들 (104) 중 일 RF 생성기는 저 주파수를 가진 RF 신호를 생성하고 그리고 RF 생성기들 (104) 중 또 다른 RF 생성기는 저 주파수보다 높은 고 주파수를 가진 RF 신호를 생성한다.

[0035] 도 2는 4 개의 프로세싱 스테이션들, 스테이션 1, 스테이션 2, 스테이션 3, 및 스테이션 4가 제공되는, 멀티-스테이션 프로세싱 툴의 평면도를 예시한다. 4 개의 스테이션들은 스파이더 포크들 (180) 에 의해 액세스된다. 일 실시예에서, 일 스테이션으로부터 또 다른 스테이션을 격리하기 위한 격리 벽 또는 다른 메커니즘은 없다. 스파이더 포크 (180) 각각은 제 1 암 및 제 2 암을 포함하고, 제 1 암 및 제 2 암 각각은 페테스탈 (140) 의 측면 각각의 부분 둘레에 위치된다. 이 관점에서, 스파이더 포크들 (180) 은 스파이더 포크들 (180) 이 캐리어 링 (151) 아래에 있다는 것을 시사하도록, 파선으로 도시된다. 인게이지먼트 및 로테이션 메커니즘 (220) 을 사용하여, 스파이더 포크들 (180) 은 스테이션들 (1 내지 4) 로부터 캐리어 링들 (151) 의 하부 표면으로부터 위로 동시에 캐리어 링들 (151) 을 상승 및 리프팅하고, 그리고 이어서 캐리어 링들 (151) 을 하강시키기 전에 2 개 이상의 스테이션들 (1 내지 4) 사이에서 로테이션한다. 로테이션 동안, 캐리어 링들 (151) 중 적어도 하나는 추가의 플라즈마 프로세싱, 처리 및/또는 막 증착이 웨이퍼 (101) 상에서 발생하도록 다음의 위치로 웨이퍼 (101) 를 지지한다.

[0036] 도 3은 인바운드 로드록 (302) 및 아웃바운드 로드록 (304) 을 가진 멀티-스테이션 프로세싱 툴 (300) 의 실시예의 개략도를 도시한다. 로봇 (306) 은 대기압에서, 기관들, 예를 들어, 웨이퍼 (101), 등을 포드 (pod) (308) 를 통해 로딩된 카세트로부터 대기 포트 (310) 를 통해 인바운드 로드록 (302) 내로 이동시킨다. 인바운드 로드록 (302) 은 대기 포트 (310) 가 폐쇄될 때, 인바운드 로드록 (302) 이 펌핑 다운되도록 (pumped down) 진공 소스 (미도시) 에 커플링된다. 인바운드 로드록 (302) 은 또한 스테이션들 (1 내지 4) 중 일 스테이션과 인터페이스된 챔버 이송 포트 (316) 를 포함한다. 따라서, 챔버 이송 포트 (316) 가 개방될 때, 또 다른 로봇 (미도시) 은 웨이퍼 (101) 를 프로세싱을 위해 인바운드 로드록 (302) 으로부터 스테이션 1의 페테스탈 (140) 로 이동시킨다.

[0037] 일부 실시예들에서, 기관들이 진공 파괴 및/또는 공기 노출을 겪지 않고 스테이션들 (1 내지 4) 사이에서 캐리

어 링 (151) 을 사용하여 이송되도록 저압 분위기가 스테이션들 (1 내지 4) 을 둘러싸는 인클로저 내에서 유지된다. 스테이션들 (1 내지 4) 각각은 프로세스 스테이션 기관 홀더 및 프로세스 가스 전달 라인 유입부들을 포함한다.

- [0038] 스파이더 포크들 (180) 은 스테이션들 (1 내지 4) 사이에서 기관들을 이송한다. 스파이더 포크들 (180) 은 스테이션들 (1 내지 4) 중 일 스테이션으로부터 스테이션들 (1 내지 4) 중 또 다른 스테이션으로 웨이퍼 (101) 를 로테이션하고 웨이퍼 (101) 의 이송을 인에이블한다 (enable). 이송은 외측 밀면으로부터 캐리어 링들 (151) 을 리프팅하도록 스파이더 포크들 (180) 을 인에이블함으로써 발생하고, 이는 웨이퍼 (101) 를 리프팅하고, 그리고 다음의 스테이션으로 웨이퍼 (101) 및 캐리어 링 (151) 을 함께 로테이션한다. 일 구성에서, 스파이더 포크들 (180) 은 프로세싱 동안 고 레벨들의 열에 견디도록 세라믹 재료로 이루어진다.
- [0039] 다양한 실시예들에서, 4 개 이외의 복수의 스테이션들이 사용된다. 예를 들어, 3 개 또는 2 개 또는 5 개의 플라즈마 프로세싱 스테이션들이 웨이퍼 (101) 를 프로세싱하도록 사용된다.
- [0040] 도 4는 RF 전력을 결합하고 그리고 RF 전력을 스테이션들 (1 내지 4) 로 분배할 시 결합기 및 분배기 (121) 의 사용을 예시하기 위한 시스템 (400) 의 실시예의 도면이다. 시스템 (400) 은 저 주파수 생성기 (402) 및 고 주파수 생성기 (404) 를 포함한다. 고 주파수 생성기 (404) 의 예는 13 Mhz (megahertz) 또는 27 Mhz 또는 60 Mhz 의 동작 주파수를 가진 RF 생성기를 포함한다. 저 주파수 생성기 (402) 의 예는 2 Mhz 또는 400 khz (kilohertz) 의 동작 주파수를 가진 RF 생성기를 포함한다.
- [0041] 시스템 (400) 은 저 주파수 매칭 네트워크 (406) 및 고 주파수 매칭 네트워크 (408) 를 더 포함한다. 저 주파수 매칭 네트워크 (406) 의 입력부는 동축 케이블 (410) 을 통해 저 주파수 생성기 (402) 의 출력부에 커플링되고 그리고 고 주파수 매칭 네트워크 (408) 의 입력부는 또 다른 동축 케이블 (412) 을 통해 고 주파수 생성기 (404) 의 출력부에 커플링된다. 매칭 네트워크는 하나 이상의 커패시터들, 하나 이상의 인덕터들, 및/또는 하나 이상의 레지스터들을 가진 회로를 포함한다.
- [0042] 저 주파수 매칭 네트워크 (406) 의 출력부는 동축 케이블 (414) 을 통해 결합기 및 분배기 (121) 에 커플링되고 그리고 고 주파수 매칭 네트워크 (408) 의 출력부는 결합기 및 분배기 (121) 에 커플링된다. 예를 들어, 고 주파수 매칭 네트워크 (408) 의 출력부를 결합기 및 분배기 (121) 의 입력부에 커플링하는 동축 케이블은 없다. 일부 실시예에서, 동축 케이블은 고 주파수 매칭 네트워크 (408) 의 출력부를 결합기 및 분배기 (121) 의 입력부에 커플링한다.
- [0043] 결합기 및 분배기 (121) 의 제 1 출력부 OUT#1은 동축 케이블 (416A) 을 통해 스테이션 1, 예를 들어, 스테이션 1의 샤워헤드 (150) 또는 스테이션 1의 페데스탈 (140), 등에 커플링된다. 게다가, 결합기 및 분배기 (121) 의 제 2 출력부 OUT#2는 동축 케이블 (416B) 을 통해 스테이션 2, 예를 들어, 스테이션 2의 샤워헤드 (150) 또는 스테이션 2의 페데스탈 (140), 등에 커플링된다. 결합기 및 분배기 (121) 의 제 3 출력부 OUT#3은 동축 케이블 (416C) 을 통해 스테이션 3, 예를 들어, 스테이션 3의 샤워헤드 (150) 또는 스테이션 3의 페데스탈 (140), 등에 커플링된다. 게다가, 결합기 및 분배기 (121) 의 제 4 출력부 OUT#4는 동축 케이블 (416D) 을 통해 스테이션 4, 예를 들어, 스테이션 4의 샤워헤드 (150) 또는 스테이션 4의 페데스탈 (140), 등에 커플링된다.
- [0044] 파라미터 프로브 (408A) 는 OUT#1에 커플링되고, 파라미터 프로브 (408B) 는 OUT#2에 커플링되고, 파라미터 프로브 (408C) 는 OUT#3에 커플링되고, 그리고 파라미터 프로브 (408D) 는 OUT#4에 커플링된다. 파라미터 프로브들 (408A 내지 408D) 는 프로브 제어 및 시스템 제어부 (110) 에 커플링되고, 프로브 제어 및 시스템 제어부 (110) 는 또한 결합기 및 분배기 (121) 에 커플링된다. 파라미터 프로브의 예들은 복소 전압 및 전류 센서, 복소 전압 센서, 복소 전류 센서, 임피던스 센서, DC 바이어스 전압 센서, 복소 전력 프로브, 등을 포함한다.
- [0045] 저 주파수 생성기 (402) 는 주파수, 예를 들어, 2 Mhz 주파수, 400 khz 주파수, 등을 가진 RF 신호를 생성하고, 그리고 RF 신호를 동축 케이블 (410) 을 통해 저 주파수 매칭 네트워크 (406) 의 입력부에 제공한다. 저 주파수 매칭 네트워크 (406) 는, 저 주파수 RF 생성기 (402) 로부터 RF 신호를 수신할 시 수정된 RF 신호를 생성하도록, 저 주파수 매칭 네트워크 (406) 의 출력부에 커플링되는, 부하, 예를 들어, 동축 케이블 (414), 결합기 및 분배기 (121), 동축 케이블들 (416A 내지 416D), 및 스테이션들 (1 내지 4), 등의 임피던스와 저 주파수 매칭 네트워크 (406) 의 입력부에 커플링되는, 소스, 예를 들어, 동축 케이블 (410) 및 저 주파수 생성기 (402), 등의 임피던스를 매칭한다.
- [0046] 유사하게, 고 주파수 생성기 (404) 는 주파수, 예를 들어, 13 Mhz 주파수, 27 Mhz 주파수, 60 Mhz 주파수, 등을 가진 RF 신호를 생성하고, 그리고 RF 신호를 동축 케이블 (412) 을 통해 고 주파수 매칭 네트워크 (408) 의 입력

부에 제공한다. 고 주파수 매칭 네트워크 (408) 는, 고 주파수 RF 생성기 (404) 로부터 RF 신호를 수신할 시 수정된 RF 신호를 생성하도록, 고 주파수 매칭 네트워크 (408) 의 출력부에 커플링되는, 부하, 예를 들어, 결합기 및 분배기 (121), 동축 케이블들 (416A 내지 416D), 및 스테이션들 (1 내지 4), 등의 임피던스와 고 주파수 매칭 네트워크 (408) 의 입력부에 커플링되는, 소스, 예를 들어, 동축 케이블 (412) 및 고 주파수 생성기 (404), 등의 임피던스를 매칭한다.

[0047] 결합기 및 분배기 (121) 는 저 주파수 매칭 네트워크 (406) 및 고 주파수 매칭 네트워크 (408) 로부터 수신된 RF 신호들을 수신하고, 그리고 결합된 RF 신호들을 생성하도록 RF 신호들을 결합한다. 결합된 RF 신호들 중 하나는 OUT#1을 통해 스테이션 1로 전송되고, 결합된 RF 신호들 중 또 다른 하나는 OUT#2를 통해 스테이션 2로 전송되고, 결합된 RF 신호들 중 또 다른 하나는 OUT#3을 통해 스테이션 3으로 전송되고, 그리고 결합된 RF 신호들 중 또 다른 하나는 OUT#4를 통해 스테이션 4로 전송된다.

[0048] 파라미터 프로브 (408A) 는 OUT#1에서 파라미터, 예를 들어, 복소 전압 및 전류, DC 바이어스 전압, 복소 임피던스, 복소 전력, 등의 값을 측정하고 그리고 값을 프로브 제어 및 시스템 제어부 (110) 에 제공한다. 게다가, 파라미터 프로브 (408B) 는 OUT#2에서 파라미터의 값을 측정하고 그리고 값을 프로브 제어 및 시스템 제어부 (110) 에 제공한다. 파라미터 프로브 (408C) 는 OUT#3에서 파라미터의 값을 측정하고 그리고 값을 프로브 제어 및 시스템 제어부 (110) 에 제공한다. 파라미터 프로브 (408D) 는 OUT#4에서 파라미터의 값을 측정하고 그리고 값을 프로브 제어 및 시스템 제어부 (110) 에 제공한다.

[0049] 프로브 제어 및 시스템 제어부 (110) 의 프로세서는 파라미터 프로브들 (408A 내지 408D) 로부터 수신된 파라미터의 값들에 기초하여 결합기 및 분배기 (121) 의 대응하는 하나 이상의 튜닝 회로들의 변수, 예를 들어, 커패시턴스, 등의 하나 이상의 값들을 결정한다. 예를 들어, 프로브 제어 및 시스템 제어부 (110) 의 프로세서는, 스테이션 1과 연관된 파라미터의 값이 스테이션 2와 연관된 파라미터의 값으로부터 미리 결정된 범위 내에 있고, 예를 들어, 동일, 등 한 경우에, 결합기 및 분배기 (121) 의 튜닝 회로들 중 일 튜닝 회로의 변수의 값이 V1이고 그리고 결합기 및 분배기 (121) 의 튜닝 회로들 중 또 다른 튜닝 회로의 변수의 값이 V2임을 결정한다. 프로브 제어 및 시스템 제어부 (110) 의 프로세서는 파라미터의 값들 사이의 미리 결정된 범위를 달성하도록 변수의 값들 (V1 및 V2) 을 달성하게 결합기 및 분배기 (121) 의 튜닝 회로들을 제어한다. 또 다른 예로서, 결합기 및 분배기 (121) 의 모든 튜닝 회로들의 변수의 값들과 출력부들 (OUT#1 내지 OUT#4) 에서의 파라미터의 값들 사이의, 대응, 예를 들어, 1 대 1 매칭, 연관, 맵핑, 룩업 테이블 내의 열, 등은 프로세서에 커플링되는 메모리 디바이스 내에 저장된다. 파라미터 프로브 (408A) 로부터 파라미터의 값 그리고 파라미터 프로브 (408B) 로부터 파라미터의 값을 수신할 시, 프로세서는 값들이 서로 미리 결정된 범위 내에 없다고 결정한다. OUT#1에서의 파라미터의 값이 OUT#2에 커플링된 튜닝 회로들 중 또 다른 튜닝 회로의 파라미터의 값으로부터 미리 결정된 범위 내에 있도록 프로세서는 OUT#1에 커플링된 튜닝 회로들 중 일 튜닝 회로의 변수의 값을 결정하도록 메모리 디바이스로부터 대응에 액세스한다. OUT#1에서의 파라미터의 값이 OUT#2에서의 파라미터의 값으로부터 미리 결정된 범위 내에 있도록 프로세서는 OUT#1에 커플링된 튜닝 회로의 변수의 값 및/또는 OUT#2에 커플링된 튜닝 회로의 변수의 값을 제어한다.

[0050] 결합기 및 분배기 (121) 의 복수의 출력부들은 복수의 스테이션들과 매칭한다는 것이 주의되어야 한다. 예를 들어, 3 개의 스테이션들이 웨이퍼 (101) 를 프로세싱하도록 사용되는 경우에, 결합기 및 분배기 (121) 는 3 개의 출력부들을 갖고, 출력부 각각은 스테이션들 중 대응하는 스테이션에 커플링된다.

[0051] 일부 실시예들에서, 저 주파수 생성기 (402) 대신, 중간 주파수 생성기가 사용된다. 중간 주파수 생성기의 예는 1 MHz 또는 2 MHz의 동작 주파수를 가진 RF 생성기를 포함한다. 이들 실시예들에서, 중간 주파수 생성기는 중간 주파수를 가진 RF 신호를 생성한다. 게다가, 저 주파수 매칭 네트워크 (406) 대신, 중간 주파수 매칭 네트워크가 사용된다.

[0052] 다양한 실시예들에서, 튠 제어기는 프로브 제어 및 시스템 제어부 (110) 에 의해 수행될 때, 본 명세서에 기술된 기능들, 예를 들어, 전력 분배 기능, 등을 수행하도록 프로브 제어 및 시스템 제어부 (110) 에 인스트럭션들을 제공하기 위해 프로브 제어 및 시스템 제어부 (110) 에 커플링된다.

[0053] 일부 실시예들에서, 프로브 제어 및 시스템 제어부 (110) 는 프로브 제어 및 시스템 제어부 (110) 에 의해 수행될 때 본 명세서에 기술된 기능들을 수행하기 위해 임의의 수의 제어기들을 포함하고 그리고 기능들은 제어기들 사이에 분배된다. 예를 들어, 튠 제어기는 프로브 제어 및 시스템 제어부 (110) 의 일부이다.

[0054] 다양한 실시예들에서, 결합기 및 분배기 (121), 고 주파수 매칭 네트워크 (408), 및 저 주파수 매칭 네트워크

(406)는 스테이션들 (1 내지 4)로부터 리모트로 위치된다. 예를 들어, 동축 케이블들 (416A 내지 416D) 각각의 길이는 4 피트 내지 6 피트 범위이다. 또 다른 예로서, 동축 케이블들 (416A 내지 416D) 각각의 길이는 6 피트 내지 8 피트 범위이다.

[0055] 일부 실시예들에서, 동축 케이블들 (416A 내지 416D) 각각은 결합기 및 분배기 (121)의 일부이다. 예를 들어, 동축 케이블들 (416A 내지 416D) 각각은 50 Ω RF 전송선이 아니다. 예시를 위해, 동축 케이블들 (416A 내지 416D) 각각은 동축 케이블의 입력부 및 출력부에서 50 Ω의 임피던스에 직면하지 않는다. 오히려, 동축 케이블들 (416A 내지 416D) 각각을 통해 이송된 RF 전력은 동축 케이블의 길이를 따라 전압 및 전류의 변화를 겪는다. 예시를 위해, 동축 케이블들 (416A 내지 416D) 각각은 대응하는 출력부들 (OUT#1, OUT#2, OUT#3, 및 OUT#4)로부터 수신되고 그리고 동축 케이블을 통과하는 RF 신호로 일련의 커패시턴스들 및 일련의 인덕턴스들을 제공한다.

[0056] 도 5는 결합기 및 분배기 (121)의 실시예의 회로도를 예시하기 위한 시스템 (500)의 실시예이다. 시스템 (500)은 프로브 제어 및 시스템 제어부 (110)를 포함하고 그리고 결합기 및 분배기 (121)를 더 포함한다.

[0057] 결합기 및 분배기 (121)는 저 주파수 회로 (506), 고 주파수 회로 (508), 및 출력 회로 (510)를 갖는다. 저 주파수 회로 (506)는 고 주파수 회로 (508)에 커플링되고, 고 주파수 회로 (508)는 출력 회로 (510)에 더 커플링된다. 저 주파수 회로 (506)는 DC 차단 커패시터들 (C1, C2, C3, 및 C4)을 포함한다. 저 주파수 회로 (506)는 가변 커패시터들인 복수의 튜닝 회로들 (C5, C6, C7, 및 C8)을 더 포함하고, 그리고 저 주파수 회로 (506)는 인덕터들 (L1, L2, L3, 및 L4)을 더 포함한다. 저 주파수 회로 (506)는 고 주파수 차단 회로 (504A), 고 주파수 차단 회로 (504B), 및 고 주파수 차단 회로 (504C), 고 주파수 차단 회로 (504D)를 포함한다. 고 주파수 차단 회로 (504A)는 커패시터 C9와 병렬로 커플링된 인덕터 L5를 포함한다. 유사하게, 고 주파수 차단 회로 (504B)는 커패시터 C11과 병렬로 커플링된 인덕터 L6을 포함하고, 고 주파수 차단 회로 (504C)는 커패시터 C14와 병렬로 커플링된 인덕터 L7을 포함하고, 그리고 고 주파수 차단 회로 (504D)는 커패시터 C15와 병렬로 커플링된 인덕터 L8을 포함한다. 저 주파수 회로 (506)는 커패시터들 (C10, C12, C14, 및 C16)을 더 포함한다.

[0058] 고 주파수 회로 (508)는 커패시터들 (C18, C20, C21, 및 C23)을 갖는다. 고 주파수 회로 (508)는 가변 커패시터들인 튜닝 회로들 (C17, C19, C22, 및 C24)을 더 포함한다. 일부 실시예들에서, 가변 커패시터들 (C5, C6, C7, C8, C17, C19, C22, 및 C24) 각각은 진공 커패시터이다.

[0059] 출력 회로 (510)는 터미 부하들 (DL1, DL2, DL3, 및 DL4)을 포함하고, 그리고 밸런싱 인덕터들 (L9, L11, L13, 및 L15)을 더 포함한다. 출력 회로 (510)는 스위치들 (S1, S2, S3, 및 S4)을 포함한다. 스위치의 예는 트랜지스터 또는 하나 이상의 트랜지스터들의 조합을 포함한다.

[0060] 터미 부하 DL1은 인덕터 L10에 병렬로 커플링된 커패시터 C26을 포함하고, 그리고 DC 차단 커패시터 C25를 더 포함한다. 유사하게, 터미 부하 DL2는 인덕터 L12에 병렬로 커플링된 커패시터 C28을 포함하고, 그리고 DC 차단 커패시터 C27을 더 포함한다. 또한, 터미 부하 DL3은 인덕터 L14에 병렬로 커플링된 커패시터 C30을 포함하고, 그리고 DC 차단 커패시터 C29를 더 포함한다. 터미 부하 DL4는 인덕터 L16에 병렬로 커플링된 커패시터 C32를 포함하고, 그리고 DC 차단 커패시터 C31을 더 포함한다. DC 차단 커패시터들 (C25, C27, C29, 및 C31) 각각은 대응하는 커패시터들 (C26, C28, C30, 및 C32), 및 터미 부하들 (DL1 내지 DL4)의 대응하는 인덕터들 (L10, L12, L14, 및 L16)에 도달하는 것으로부터 DC 전력을 차단한다. 예시를 위해, DC 차단 커패시터 C25는 스테이션 1의 플라즈마로부터 OUT#1을 통해 커패시터 C26 및 인덕터 L10로 이송되는 것으로부터 DC 전력을 차단한다. DC 전력은 대응하는 스테이션들 (1 내지 4) 내에서 생성된 플라즈마로부터 수신된다. 예를 들어, DC 차단 커패시터 C25에 의해 차단된 DC 전력은 스테이션들 (1 내지 4) 중 일 스테이션 내에서 플라즈마에 의해 생성된 웨이퍼 DC 바이어스에 의해 생성된다.

[0061] 커패시터들 (C1 내지 C4)은 저 주파수의 수정된 RF 신호를 저 주파수 매칭 네트워크 (406)로부터 동축 케이블 (414) (도 4) 및 입력부 (520)를 통해 수신하도록 저 주파수 회로 (506)의 입력부 (520)를 통해 저 주파수 매칭 네트워크 (406) (도 4)에 커플링된다. 커패시터들 (C1 내지 C4)은 입력부 (520), 동축 케이블 (414), 저 주파수 매칭 네트워크 (406), 및 동축 케이블 (414) (도 4)을 통해 저 주파수 RF 생성기 (402) (도 4)에 도달하는 것으로부터 스테이션들 (1 내지 4) 내에 생성된 플라즈마로부터 수신된 DC 전력을 차단한다.

[0062] 인덕터들 (L1 내지 L4) 각각은 고 주파수의 커패시터로서 작용한다. 고 주파수 차단 회로들 (504A 내지 504D)은 입력부 (520), 동축 케이블 (414), 저 주파수 매칭 네트워크 (406), 및 동축 케이블 (414)을 통해 저 주파수

수 RF 생성기 (402) 에 도달하는 것으로부터 고 주파수 매칭 네트워크 (408) (도 4) 로부터 출력 회로 (510) 의 입력부 (522) 를 통해 수신된 고 주파수의 수정된 RF 신호의 고 주파수를 차단한다.

[0063] 커패시터들 (C10, C12, C14, 및 C16) 은 대응하는 고 주파수 차단 회로들 (504A 내지 504D) 로부터 누출된 임의의 잔류 고 주파수 전력을 위해 접지에 경로를 제공한다. 출력부들 (OUT#1, OUT#2, OUT#3, 및 OUT#4) 중 2 개 이상의 출력부들에서 파라미터의 값들이 서로 미리 결정된 범위 내에 있도록 가변 커패시터들 (C5 내지 C8) 중 대응하는 하나 이상의 가변 커패시터들의 하나 이상의 커패시턴스들은 변화된다. 유사하게, 출력부들 (OUT#1, OUT#2, OUT#3, 및 OUT#4) 중 2 개 이상의 출력부들에서 파라미터의 값들이 서로 미리 결정된 범위 내에 있도록 가변 커패시터들 (C17, C19, C22, 및 C24) 중 대응하는 하나 이상의 가변 커패시터들의 하나 이상의 커패시턴스들은 변화된다. 일부 실시예들에서, 출력부들 (OUT#1, OUT#2, OUT#3, 및 OUT#4) 중 2 개 이상의 출력부들에서 파라미터의 값들이 서로 미리 결정된 범위 내에 있도록 가변 커패시터들 (C5, C6, C7, C8, C17, C19, C22, 및 C24) 중 대응하는 하나 이상의 가변 커패시터들의 하나 이상의 커패시턴스들은 변화된다. 커패시터들 (C18, C20, C21, 및 C23) 은 저 주파수 매칭 네트워크 (406) 로부터 동축 케이블 (414) 및 입력부 (520) 를 통해 수신된 수정된 RF 신호의 저 주파수를 필터링한다.

[0064] 스위치들 (S1 내지 S4) 각각은 스위치의 정상적으로 개방된 단자에 커플링됨으로써, 개방, 예를 들어, 정상적으로 개방 (NO: normally open), 등이 되거나 스위치의 정상적으로 폐쇄된 단자에 커플링됨으로써, 폐쇄, 예를 들어, 정상적으로 폐쇄 (NC: normally closed), 등이 된다. 스위치들 (S1 내지 S4) 각각은 스위치의 COM (common terminal) 에 대해 개방 또는 폐쇄된다. 예를 들어, 오프 신호, 예를 들어 미리 명시된 양 미만의 전류량, 등이 프로세서로부터 스위치 S1로 전송될 때, 스위치 S1은 개방된 위치, 예를 들어, 오프 상태, 등에 있다. 게다가, 온 신호, 예를 들어 미리 명시된 양 초과 전류량, 등이 프로세서로부터 스위치 S1로 전송될 때, 스위치는 폐쇄된 위치, 예를 들어, 온 상태, 등에 있다.

[0065] 스위치들 (S1 내지 S4) 은 프로브 제어 및 시스템 제어부 (110) 에 의해 제어되도록 프로브 제어 및 시스템 제어부 (110) 에 커플링된다. 스위치들 (S1 내지 S4) 은 프로브 제어 및 시스템 제어부 (110) 의 프로세서로부터 제어 신호를 수신할 시 개방 또는 폐쇄 위치에 있도록 제어된다. 예를 들어, 플라즈마가 스테이션 1 내에서, 인에이블, 예를 들어, 생성, 유지, 등이 되도록 스위치 S1은 출력 회로 (510) 의 OUT#1을 통해 스테이션 1에 저 주파수 회로 (506) 및 고 주파수 회로 (508) 의 출력부 01을 커플링하도록 폐쇄된다. 또 다른 예로서, 플라즈마가 스테이션 2 내에서, 인에이블되도록 스위치 S2는 출력 회로 (510) 의 OUT#2를 통해 스테이션 2에 저 주파수 회로 (506) 및 고 주파수 회로 (508) 의 출력부 02를 커플링하도록 폐쇄된다. 또 다른 예로서, 플라즈마가 스테이션 3 내에서, 인에이블되도록 스위치 S3은 출력 회로 (510) 의 OUT#3을 통해 스테이션 3에 저 주파수 회로 (506) 및 고 주파수 회로 (508) 의 출력부 03을 커플링하도록 폐쇄된다. 또 다른 예로서, 플라즈마가 스테이션 4 내에서, 인에이블되도록 스위치 S4는 출력 회로 (510) 의 OUT#4를 통해 스테이션 4에 저 주파수 회로 (506) 및 고 주파수 회로 (508) 의 출력부 04를 커플링하도록 폐쇄된다. 또 다른 예로서, 플라즈마가 스테이션 1 내에서 디스에이블, 예를 들어, 비생성, 턴 오프, 등이 되도록 스위치 S1은 터미 부하 DL1에 저 주파수 회로 (506) 및 고 주파수 회로 (508) 의 출력부 01을 커플링하도록 개방된다. 또 다른 예로서, 플라즈마가 스테이션 2 내에서 디스에이블되도록 스위치 S2는 터미 부하 DL2에 저 주파수 회로 (506) 및 고 주파수 회로 (508) 의 출력부 02를 커플링하도록 개방된다. 또 다른 예로서, 플라즈마가 스테이션 3 내에서 디스에이블되도록 스위치 S3은 터미 부하 DL3에 저 주파수 회로 (506) 및 고 주파수 회로 (508) 의 출력부 03을 커플링하도록 개방된다. 또 다른 예로서, 플라즈마가 스테이션 4 내에서 디스에이블되도록 스위치 S4는 터미 부하 DL4에 저 주파수 회로 (506) 및 고 주파수 회로 (508) 의 출력부 04를 커플링하도록 개방된다.

[0066] 스테이션들 (1 내지 4) 중 하나 이상의 스테이션들로 RF 전력을 스위칭함으로써, 전력은 스테이션들 (1 내지 4) 중 하나 이상의 스테이션들 내에서 플라즈마를 인에이블하도록 하나 이상의 스테이션들 (1 내지 4) 로 선택적으로 방향 전환된다. 예를 들어, 출력부 01에서 결합된 RF 신호의 RF 전력이 스테이션 1 내에서 플라즈마를 인에이블하기 위해 인덕터 L9, OUT#1, 및 동축 케이블 (416A) (도 4) 을 통해 스테이션 1로 전송되도록 폐쇄된 위치에 있게 스위치 S1은 프로브 제어 및 시스템 제어부 (110) 에 의해 제어된다. 또 다른 예로서, 출력부 02에서 결합된 RF 신호의 RF 전력이 스테이션 2 내에서 플라즈마를 인에이블하기 위해 인덕터 L11, OUT#2, 및 동축 케이블 (416B) (도 4) 을 통해 스테이션 2로 전송되도록 폐쇄된 위치에 있게 스위치 S2는 프로브 제어 및 시스템 제어부 (110) 에 의해 제어된다. 또 다른 예로서, 출력부 03에서 결합된 RF 신호의 RF 전력이 스테이션 3 내에서 플라즈마를 인에이블하기 위해 인덕터 L13, OUT#3, 및 동축 케이블 416C (도 4) 을 통해 스테이션 3으로 전송되도록 폐쇄된 위치에 있게 스위치 S3은 프로브 제어 및 시스템 제어부 (110) 에 의해 제어된다. 또 다른 예로서, 출력부 04에서 결합된 RF 신호의 RF 전력이 스테이션 4 내에서 플라즈마를 인에이블하기 위해 인덕터

L15, OUT#4, 및 동축 케이블 416D (도 4) 을 통해 스테이션 4로 전송되도록 폐쇄된 위치에 있게 스위치 S4는 프로브 제어 및 시스템 제어부 (110) 에 의해 제어된다.

[0067] 한편으로, 스테이션 1이 플라즈마 프로세싱, 예를 들어, 플라즈마의 점화, 인에이블, 또는 제어, 등을 위해 사용될 때, 스테이션 1에 대한 RF 전력은 더미 부하 DL1로부터 스테이션 1로 방향 전환된다. 예를 들어, 스테이션 1이 웨이퍼 (101) 를 프로세싱하기 위해 사용될 때, 출력부 01에서 결합된 RF 신호의 RF 전력이 인덕터 L9 및 OUT#1을 통해 스테이션 1로 방향 전환되도록 스위치 S1을 폐쇄하게 스위치 S1은 프로브 제어 및 시스템 제어부 (110) 에 의해 제어된다. 다른 한편으로, 스테이션들 (1 내지 4) 중 일 스테이션이 플라즈마 프로세싱을 위해 사용되지 않을 때, 스테이션에 대한 RF 전력은 스테이션에 대응하는 더미 부하로 방향 전환된다. 예를 들어, 스테이션 1이 웨이퍼 (101) 를 프로세싱하기 위해 사용되지 않을 때, 출력부 01에서 결합된 RF 신호의 RF 전력이 더미 부하 DL1로 방향 전환되도록 스위치 S1을 개방하게 스위치 S1은 프로브 제어 및 시스템 제어부 (110) 에 의해 제어된다. 스테이션 1에 대한 RF 전력을 제거하도록 저 주파수 RF 생성기 (402) 및 고 주파수 RF 생성기 (404) 중 하나 또는 양자를 턴 오프, 예를 들어, 전력 오프, 전력 제거, 등을 할 필요가 없다.

[0068] 다양한 실시예들에서, 출력부들 (01 내지 04) 은 출력 회로 (510) 의 일부들이다.

[0069] 일부 실시예들에서, 더미 부하 DL1은 스테이션 1의 임피던스로부터 미리 결정된 한계값 내에 있고, 예를 들어, 스테이션 1의 임피던스와 동일, 등인 임피던스를 갖고, 더미 부하 DL2는 스테이션 2의 임피던스로부터 미리 결정된 한계값 내에 있는 임피던스를 갖고, 더미 부하 DL3은 스테이션 3의 임피던스로부터 미리 결정된 한계값 내에 있는 임피던스를 갖고, 그리고 더미 부하 DL4는 스테이션 4의 임피던스로부터 미리 결정된 한계값 내에 있는 임피던스를 갖는다.

[0070] 저 주파수 매칭 네트워크 (406) (도 4) 로부터 입력부 (520) 에서 수신되는 수정된 RF 신호는 출력부들 (01 내지 04) 에서 RF 신호들을 제공하도록 인덕터들 (L1 내지 L4), 커패시터들 (C5 내지 C8), 고 주파수 차단 회로들 (504A 내지 504D), 및 커패시터들 (C10, C12, C14, 및 C16) 에 의해 프로세싱된다. 예를 들어, 입력부 (520) 에서 수신되는 수정된 RF 신호의 일부는 출력부 01에서 저 주파수의 RF 신호를 제공하도록 인덕터 L1, 커패시터 C5, 고 주파수 차단 회로 (504A), 및 커패시터 C10에 의해 프로세싱된다. 또 다른 예로서, 입력부 (520) 에서 수신되는 수정된 RF 신호의 일부는 출력부 02에서 저 주파수의 RF 신호를 제공하도록 인덕터 L2, 커패시터 C6, 고 주파수 차단 회로 (504B), 및 커패시터 C12에 의해 프로세싱된다. 또 다른 예로서, 입력부 (520) 에서 수신되는 수정된 RF 신호의 일부는 출력부 03에서 저 주파수의 RF 신호를 제공하도록 인덕터 L3, 커패시터 C7, 고 주파수 차단 회로 (504C), 및 커패시터 C14에 의해 프로세싱된다. 여전히 또 다른 예로서, 입력부 (520) 에서 수신되는 수정된 RF 신호의 일부는 출력부 04에서 저 주파수의 RF 신호를 제공하도록 인덕터 L4, 커패시터 C8, 고 주파수 차단 회로 (504D), 및 커패시터 C16에 의해 프로세싱된다.

[0071] 유사하게, 고 주파수 매칭 네트워크 (408) (도 4) 로부터 입력부 (522) 에서 수신되는 수정된 RF 신호는 결합기 및 분배기 (121) 내에서 출력부들 (01 내지 04) 에서 RF 신호들을 제공하도록 커패시터들 (C17 내지 C24) 에 의해 프로세싱된다. 예를 들어, 입력부 (522) 에서 수신되는 고 주파수의 수정된 RF 신호의 일부는 출력부 01에서 고 주파수의 RF 신호를 제공하도록 커패시터들 (C17 및 C18) 에 의해 프로세싱된다. 또 다른 예로서, 입력부 (522) 에서 수신되는 고 주파수의 수정된 RF 신호의 일부는 출력부 02에서 고 주파수의 RF 신호를 제공하도록 커패시터들 (C19 및 C20) 에 의해 프로세싱된다. 또 다른 예로서, 입력부 (522) 에서 수신되는 고 주파수의 수정된 RF 신호의 일부는 출력부 03에서 고 주파수의 RF 신호를 제공하도록 커패시터들 (C21 및 C22) 에 의해 프로세싱된다. 여전히 또 다른 예로서, 입력부 (522) 에서 수신되는 고 주파수의 수정된 RF 신호의 일부는 출력부 04에서 고 주파수의 RF 신호를 제공하도록 커패시터들 (C23 및 C24) 에 의해 프로세싱된다.

[0072] 저 주파수 회로 (506) 및 고 주파수 회로 (508) 로부터 출력부들 (01 내지 04) 에서 수신된 RF 신호들은 출력부들 (01 내지 04) 에서 결합된 RF 신호들을 제공하도록 출력부들 (01 내지 04) 에서 결합된다. 예를 들어, 출력부 01에서 결합된 RF 신호를 생성하도록 저 주파수 회로 (506) 로부터 출력부 01에서 수신된 RF 신호는 고 주파수 회로 (508) 로부터 출력부 01에서 수신된 RF 신호와 출력부 01에서 합산된다. 또 다른 예로서, 출력부 02에서 결합된 RF 신호를 생성하도록 저 주파수 회로 (506) 로부터 출력부 02에서 수신된 RF 신호는 고 주파수 회로 (508) 로부터 출력부 02에서 수신된 RF 신호와 출력부 02에서 합산된다. 또 다른 예로서, 출력부 03에서 결합된 RF 신호를 생성하도록 저 주파수 회로 (506) 로부터 출력부 03에서 수신된 RF 신호는 고 주파수 회로 (508) 로부터 출력부 03에서 수신된 RF 신호와 출력부 03에서 합산된다. 또 다른 예로서, 출력부 04에서 결합된 RF 신호를 생성하도록 저 주파수 회로 (506) 로부터 출력부 04에서 수신된 RF 신호는 고 주파수 회로 (508) 로부터 출력부 04에서 수신된 RF 신호와 출력부 04에서 합산된다.

- [0073] 출력부 01에서 생성된 결합된 RF 신호는 스테이션 1에서 웨이퍼 (101)의 플라즈마 프로세싱을 위해 출력부 01로부터 폐쇄된 위치의 스위치 S1, 밸런싱 인덕터 L9, 및 OUT#1을 통해 스테이션 1로 전송되거나 개방 위치의 스위치 S1을 통해 더미 부하 DL1로 전송된다. 유사하게, 출력부 02에서 생성된 결합된 RF 신호는 스테이션 2에서 웨이퍼 (101)의 플라즈마 프로세싱을 위해 출력부 02로부터 폐쇄된 위치의 스위치 S2, 밸런싱 인덕터 L11, 및 OUT#2를 통해 스테이션 2로 전송되거나 개방 위치의 스위치 S2를 통해 더미 부하 DL2로 전송된다. 게다가, 출력부 03에서 생성된 결합된 RF 신호는 스테이션 3에서 웨이퍼 (101)의 플라즈마 프로세싱을 위해 출력부 03로부터 폐쇄된 위치의 스위치 S3, 밸런싱 인덕터 L13, 및 OUT#3을 통해 스테이션 3으로 전송되거나 개방 위치의 스위치 S3을 통해 더미 부하 DL3으로 전송된다. 또한, 출력부 04에서 생성된 결합된 RF 신호는 스테이션 4에서 웨이퍼 (101)의 플라즈마 프로세싱을 위해 출력부 04로부터 폐쇄된 위치의 스위치 S4, 밸런싱 인덕터 L15, 및 OUT#4를 통해 스테이션 4로 전송되거나 개방 위치의 스위치 S4를 통해 더미 부하 DL4로 전송된다.
- [0074] 회로들이 스테이션 1 내에서 플라즈마를 신속하게 점화하기 위해 미리 규정된 동작 주파수로부터 미리 결정된 범위 내에서 공진하도록 밸런싱 인덕터 L9는 회로들, 예를 들어, 스테이션 1의 샤워헤드 (150) 및 스테이션 1의 페데스탈, 등의 공진 주파수를 변화시킨다. 유사하게, 회로들이 스테이션 2 내에서 플라즈마를 신속하게 점화하기 위해 미리 규정된 동작 주파수로부터 미리 결정된 범위 내에서 공진하도록 밸런싱 인덕터 L11은 회로들, 예를 들어, 스테이션 2의 샤워헤드 (150) 및 스테이션 2의 페데스탈, 등의 공진 주파수를 변화시킨다. 또한, 회로들이 스테이션 3 내에서 플라즈마를 신속하게 점화하기 위해 미리 규정된 동작 주파수로부터 미리 결정된 범위 내에서 공진하도록 밸런싱 인덕터 L13은 회로들, 예를 들어, 스테이션 3의 샤워헤드 (150) 및 스테이션 3의 페데스탈, 등의 공진 주파수를 변화시킨다. 게다가, 회로들이 스테이션 4 내에서 플라즈마를 신속하게 점화하기 위해 미리 규정된 동작 주파수로부터 미리 결정된 범위 내에서 공진하도록 밸런싱 인덕터 L15는 회로들, 예를 들어, 스테이션 4의 샤워헤드 (150) 및 스테이션 4의 페데스탈, 등의 공진 주파수를 변화시킨다. 미리 규정된 동작 주파수는 동작 중일 때 저 주파수 생성기 (402)의 동작 주파수 또는 동작 중일 때 저 주파수 생성기 (402)의 동작 주파수와 동작 중일 때 고 주파수 생성기 (404)의 동작 주파수의 조합이다. 밸런싱 인덕터의 추가의 기술은 전체가 참조로서 본 명세서에 인용되는 미국 특허 번호 제 6,199,506 호에 제공된다.
- [0075] 결합된 RF 신호들 중 일 결합된 RF 신호가 스테이션들 (1 내지 4) 중 일 스테이션에 제공되지 않는 경우에, 출력부들 (01 내지 04) 중 대응하는 출력부는 더미 부하들 (DL1 내지 DL4) 중 대응하는 더미 부하에 커플링된다. 예를 들어, 결합된 RF 신호들 중 일 결합된 RF 신호가 스테이션 1에 제공되지 않을 때, 프로브 제어 및 시스템 제어부 (110)의 프로세서는 출력부 01을 더미 부하 DL1에 커플링하도록 스위치 S1을 개방하게 스위치 S1로 신호를 전송한다. 출력부들 (OUT#2 내지 OUT#4)을 통해 다른 결합된 RF 신호들을 수신하는 다른 스테이션들 (2 내지 4)이 그 대응하는 입력부들에서 임피던스의 변화를 보이지 않도록 더미 부하 DL1은 스테이션 1의 임피던스로부터 미리 결정된 한계값 내의 임피던스를 갖는다.
- [0076] 일부 실시예들에서, 스위치들 (S1 내지 S4)의 위치들, 예를 들어, 개방 위치, 폐쇄된 위치, 등은 모니터링되고 그리고 프로세스 파라미터를 달성하도록 제어되고, 이 예들은 이하에 제공된다. 예를 들어, 센서, 예를 들어, 전압 센서, 전류 센서, 등이 스위치가 개방 위치 또는 폐쇄 위치에 있는지를 결정하도록 스위치의 정상적으로 폐쇄된 단자 또는 정상적으로 개방된 단자에 커플링된다. 센서는 이송 케이블을 통해 프로브 제어 및 시스템 제어부 (110)의 프로세서에 커플링된다. 센서는 이송 케이블을 통해 프로세서로 스위치의 위치를 제공한다. 프로세서는 위치가 미리 결정된 프로세스 파라미터, 예를 들어, 압력, 온도, 에칭 레이트, 증착 레이트, 복소 전력, 등에 대응하는지를 결정한다. 위치가 미리 결정된 프로세스 파라미터에 대응하지 않는다고 결정할 시, 위치가 미리 결정된 프로세스 파라미터에 대응하도록 프로세서는 스위치의 위치를 변화시킨다. 미리 결정된 프로세스 파라미터와 스위치의 위치 사이의 대응, 예를 들어, 1 대 1 관계, 맵핑, 등은 메모리 디바이스에 저장된다. 이 방식으로, 스위치들 (S1 내지 S4) 중 하나 이상의 스위치들의 위치들은 모니터링되고 그리고 스위치들 (S1 내지 S4) 중 하나 이상의 스위치들의 위치들에 대응하는 미리 결정된 프로세스 파라미터를 달성하도록 제어된다.
- [0077] 일부 실시예들에서, 스위치들 (S1 내지 S4)의 폐쇄 또는 개방은 동기 방식으로 스테이션들 (1 내지 4)에 대한 전력을 인에이블하거나 디스에이블하도록, 동기화되고, 예를 들어, 동시에 발생하고, 미리 결정된 시간 범위 내에서 발생하고, 등을 한다. 예를 들어, 프로세서는 동기식으로 스위치들을 폐쇄하거나 스위치들을 개방하도록, 스위치들 (S1 내지 S4) 중 하나 이상의 스위치들로 신호를 동기식으로, 예를 들어, 동시에, 미리 결정된 시간 범위 내에, 등으로 전송한다.
- [0078] 도 6은 프로브 제어 및 시스템 제어부 (110)에 의한 결합기 및 분배기 (121)의 튜닝 엘리먼트들의 제어를 예시하기 위한 시스템 (600)의 실시예의 도면이다. 시스템 (600)은 결합기 및 분배기 (121) (그 일부가

예시됨), 파라미터 프로브들 (408A 내지 408D), 및 복수의 모터들 (M1, M2, M3, M4, M5, M6, M7, 및 M8) 을 포함한다. 모터 M1은 연결 메커니즘 (602A) 을 통해 커패시터 C5에 커플링된다. 유사하게, 모터 M2는 연결 메커니즘 (602B) 을 통해 커패시터 C6에 커플링되고, 모터 M3은 연결 메커니즘 (602C) 을 통해 커패시터 C7에 커플링되고, 그리고 모터 M4는 연결 메커니즘 (602D) 을 통해 커패시터 C8에 커플링된다. 게다가, 모터 M5는 연결 메커니즘 (602E) 을 통해 커패시터 C17에 커플링되고, 모터 M6은 연결 메커니즘 (602F) 을 통해 커패시터 C19에 커플링되고, 모터 M7은 연결 메커니즘 (602G) 을 통해 커패시터 C22에 커플링되고, 그리고 모터 M8은 연결 메커니즘 (602H) 을 통해 커패시터 C24에 커플링된다. 연결 메커니즘의 예들은 하나 이상의 로드들 (rods), 또는 복수의 로드들과 하나 이상의 기어들의 조합, 등을 포함한다.

[0079] 파라미터 프로브 (408A) 는 이송 케이블 (604A), 예를 들어, 직렬 이송 케이블, 병렬 이송 케이블, USB (universal serial bus) 케이블, 등을 통해 프로브 제어 및 시스템 제어부 (110) 에 커플링된다. 유사하게, 파라미터 프로브 (408B) 는 이송 케이블 (604B) 을 통해 프로브 제어 및 시스템 제어부 (110) 에 커플링되고, 파라미터 프로브 (408C) 는 이송 케이블 (604C) 을 통해 프로브 제어 및 시스템 제어부 (110) 에 커플링되고, 그리고 파라미터 프로브 (408D) 는 이송 케이블 (604D) 을 통해 프로브 제어 및 시스템 제어부 (110) 에 커플링된다.

[0080] 파라미터 프로브 (408A) 는 OUT#1에 커플링되고, 파라미터 프로브 (408B) 는 OUT#2에 커플링되고, 파라미터 프로브 (408C) 는 OUT#3에 커플링되고, 그리고 파라미터 프로브 (408D) 는 OUT#4에 커플링된다. 파라미터 프로브 (408A) 는 OUT#1에서 파라미터 프로브 (408A) 에 의해 측정된 파라미터의 값을 이송 케이블 (604A) 을 통해 프로브 제어 및 시스템 제어부 (110) 로 제공한다. 유사하게, 파라미터 프로브 (408B) 는 OUT#2에서 파라미터 프로브 (408B) 에 의해 측정된 파라미터의 값을 이송 케이블 (604B) 을 통해 프로브 제어 및 시스템 제어부 (110) 로 제공한다. 게다가, 파라미터 프로브 (408C) 는 OUT#3에서 파라미터 프로브 (408C) 에 의해 측정된 파라미터의 값을 이송 케이블 (604C) 을 통해 프로브 제어 및 시스템 제어부 (110) 로 제공한다. 파라미터 프로브 (408D) 는 OUT#4에서 파라미터 프로브 (408D) 에 의해 측정된 파라미터의 값을 이송 케이블 (604D) 을 통해 프로브 제어 및 시스템 제어부 (110) 로 제공한다.

[0081] RF 전력이 온일 때, 예를 들어, 출력부들 (OUT#1, OUT#2, OUT#3, 및 OUT#4), 등을 통해 스테이션들 (1 내지 4) 로 제공될 때, 프로세스 파라미터들, 예를 들어, 상기에 기술된 바와 같은 파라미터, 스테이션들 (1 내지 4) 내의 압력, 스테이션들 (1 내지 4) 내의 온도, 등은 인시츄 (insitu) 변화한다. 게다가, RF 전력이 온일 때, 플라즈마는 스테이션들 (1 내지 4) 내에서 생성 및 유지되고 그리고 프로브 제어 및 시스템 제어부 (110) 의 프로세서는 파라미터 프로브들 (408A 내지 408D) 로부터 파라미터의 값들을 수신하고 그리고, OUT#1, OUT#2, OUT#3, 및 OUT#4에서의 파라미터의 값들이 최소화되고, 예를 들어, 서로 미리 결정된 범위 내에 있는, 등이도록 커패시터들 (C5, C6, C7, C8, C17, C19, C22, 및 C24) 중 대응하는 하나 이상의 커패시터들의 하나 이상의 커패시턴스들이 변화되는지를 결정한다. 예를 들어, 프로세서는 파라미터 프로브 (408A) 로부터 수신된 파라미터의 값과 파라미터 프로브 (408B) 로부터 수신된 파라미터의 값을 비교하고, 그리고 값들이 서로 미리 결정된 범위 내에 있는지를 결정한다. 값들이 미리 결정된 범위 내에 없다고 결정할 시, 프로세서는 대응하는 하나 이상 커패시터들 (C5, C6, C17, 및 C19) 의 커패시턴스들의 하나 이상의 값들을 식별하도록 프로브 제어 및 시스템 제어부 (110) 의 메모리 디바이스에 저장된 대응에 액세스한다. 하나 이상의 값들을 식별할 시, 커패시터 C5의 커패시턴스의 식별된 값이 달성되도록 프로세서는 모터 M1을 구동하도록 상당한 양의 전류를 생성한다. 예시를 위해, 상당한 양의 구동 전류가 프로세서로부터 모터 M1의 고정자로 전송된다. 구동 전류를 수신할 시, 고정자는 모터 M1을 구동하도록 모터 M1의 회전자를 회전시키게 전기장을 생성한다. 모터 M1은 커패시터 C5의 커패시턴스의 식별된 값을 달성하기 위해 커패시터 C5의 플레이트들 사이의 거리를 변화시키거나 커패시터 C5의 플레이트를 회전시키도록 구동된다. 커패시터 C5의 커패시턴스의 변화는 OUT#1로부터 스테이션 1로 제공된 결합된 RF 신호의 전력의 레벨을 더 변화시키기 위해 출력부 01에서 저 주파수를 가진 RF 신호의 전력의 레벨을 더 변화시키도록 커패시터 C5로부터 출력되는 저 주파수의 RF 신호의 전력의 레벨, 예를 들어, 양, 피크 대 피크 (peak-to-peak) 크기, RMS (root mean square) 값, 등을 변화시킨다. 일부 실시예들에서, 커패시터 C5의 커패시턴스의 변화는 OUT#1로부터 스테이션 1로 제공된 결합된 RF 신호의 위상을 더 변화시키기 위해 출력부 01에서 저 주파수를 가진 RF 신호의 위상을 더 변화시키도록 커패시터 C5로부터 출력되는 저 주파수의 RF 신호의 위상을 변화시킨다. 다양한 실시예들에서, 커패시터 C5의 커패시턴스의 변화는 OUT#1로부터 스테이션 1로 제공된 결합된 RF 신호의 전력의 레벨 및 위상을 더 변화시키기 위해 출력부 01에서 저 주파수를 가진 RF 신호의 전력의 레벨 및 위상을 더 변화시키도록 커패시터 C5로부터 출력되는 저 주파수의 RF 신호의 전력의 레벨 및 위상을 변화시킨다.

- [0082] 유사하게, 대응하는 하나 이상의 커패시터들 (C5, C6, C17, 및 C19) 의 커패시턴스들의 하나 이상의 값들을 식별할 시, 커패시터 C6의 커패시턴스의 식별된 값이 달성되도록 프로세서는 모터 M2를 구동하기 위해 상당한 전류를 생성한다. 커패시터 C6의 커패시턴스의 변화는 OUT#2로부터 스테이션 2로 제공된 결합된 RF 신호의 전력의 레벨을 더 변화시키기 위해 출력부 02에서 저 주파수를 가진 RF 신호의 전력의 레벨을 더 변화시키도록 커패시터 C6으로부터 출력되는 저 주파수의 RF 신호의 전력의 레벨을 변화시킨다. 일부 실시예들에서, 커패시터 C6의 커패시턴스의 변화는 OUT#2로부터 스테이션 2로 제공된 결합된 RF 신호의 위상을 더 변화시키기 위해 출력부 02에서 저 주파수를 가진 RF 신호의 위상을 더 변화시키도록 커패시터 C6으로부터 출력되는 저 주파수의 RF 신호의 위상을 변화시킨다. 다양한 실시예들에서, 커패시터 C6의 커패시턴스의 변화는 OUT#2로부터 스테이션 2로 제공된 결합된 RF 신호의 전력의 레벨 및 위상을 더 변화시키기 위해 출력부 02에서 저 주파수를 가진 RF 신호의 전력의 레벨 및 위상을 더 변화시키도록 커패시터 C6으로부터 출력되는 저 주파수의 RF 신호의 전력의 레벨 및 위상을 변화시킨다.
- [0083] 게다가, 유사하게, 대응하는 하나 이상의 커패시터들 (C5, C6, C17, 및 C19) 의 커패시턴스들의 하나 이상의 값들을 식별할 시, 커패시터 C17의 커패시턴스의 식별된 값이 달성되도록 프로세서는 모터 M5를 구동하기 위해 상당한 전류를 생성한다. 커패시터 C17의 커패시턴스의 변화는 OUT#1로부터 스테이션 1로 제공된 결합된 RF 신호의 전력의 레벨을 더 변화시키기 위해 출력부 01에서 고 주파수를 가진 RF 신호의 전력의 레벨을 더 변화시키도록 커패시터 C17로부터 출력되는 고 주파수의 RF 신호의 전력의 레벨을 변화시킨다. 일부 실시예들에서, 커패시터 C17의 커패시턴스의 변화는 OUT#1로부터 스테이션 1로 제공된 결합된 RF 신호의 위상을 더 변화시키기 위해 출력부 01에서 고 주파수를 가진 RF 신호의 위상을 더 변화시키도록 커패시터 C17로부터 출력되는 고 주파수의 RF 신호의 위상을 변화시킨다. 다양한 실시예들에서, 커패시터 C17의 커패시턴스의 변화는 OUT#1로부터 스테이션 1로 제공된 결합된 RF 신호의 전력의 레벨 및 위상을 더 변화시키기 위해 출력부 01에서 고 주파수를 가진 RF 신호의 전력의 레벨 및 위상을 더 변화시키도록 커패시터 C17로부터 출력되는 고 주파수의 RF 신호의 전력의 레벨 및 위상을 변화시킨다.
- [0084] 게다가, 유사하게, 대응하는 하나 이상의 커패시터들 (C5, C6, C17, 및 C19) 의 커패시턴스들의 하나 이상의 값들을 식별할 시, 커패시터 C19의 커패시턴스의 식별된 값이 달성되도록 프로세서는 모터 M6를 구동하기 위해 상당한 전류를 생성한다. 커패시터 C19의 커패시턴스의 변화는 OUT#2로부터 스테이션 2로 제공된 결합된 RF 신호의 전력의 레벨을 더 변화시키기 위해 출력부 02에서 고 주파수를 가진 RF 신호의 전력의 레벨을 더 변화시키도록 커패시터 C19로부터 출력되는 고 주파수의 RF 신호의 전력의 레벨을 변화시킨다. 일부 실시예들에서, 커패시터 C19의 커패시턴스의 변화는 OUT#2로부터 스테이션 2로 제공된 결합된 RF 신호의 위상을 더 변화시키기 위해 출력부 02에서 고 주파수를 가진 RF 신호의 위상을 더 변화시키도록 커패시터 C19로부터 출력되는 고 주파수의 RF 신호의 위상을 변화시킨다. 다양한 실시예들에서, 커패시터 C19의 커패시턴스의 변화는 OUT#2로부터 스테이션 2로 제공된 결합된 RF 신호의 전력의 레벨 및 위상을 더 변화시키기 위해 출력부 02에서 고 주파수를 가진 RF 신호의 전력의 레벨 및 위상을 더 변화시키도록 커패시터 C19로부터 출력되는 고 주파수의 RF 신호의 전력의 레벨 및 위상을 변화시킨다. 이 방식으로, 커패시터들 (C5, C6, C17, 및 C19) 의 커패시턴스들 중 하나 이상의 커패시턴스들은 OUT#1 및 OUT#2에서의 파라미터의 값들이 서로 미리 결정된 범위 내에 있을 때까지 변화된다.
- [0085] 다양한 실시예들에서, 결합기 및 분배기 (121) 의 커패시터에 커플링되는 모터를 구동하기 위한 전류의 양과 전류의 양으로 달성된 커패시터의 커패시턴스 사이의 연관, 예를 들어, 1 대 1 관계, 맵핑, 등은 메모리 디바이스 내에 저장되는 대응에 저장된다.
- [0086] 일부 실시예들에서, 프로브 제어 및 시스템 제어부 (110) 의 프로세서는 파라미터 프로브들 (408A 내지 408D) 로부터 파라미터의 값들을 수신하고 그리고 OUT#1에서 파라미터의 값이 제 1 미리 설정된 범위 내에 있고, OUT#2에서 파라미터의 값이 제 2 미리 설정된 범위 내에 있도록, OUT#3에서 파라미터의 값이 제 3 미리 설정된 범위 내에 있도록, 그리고 OUT#4에서 파라미터의 값이 제 4 미리 설정된 범위 내에 있도록 커패시터들 (C5, C6, C7, C8, C17, C19, C22, 및 C24) 중 대응하는 하나 이상의 커패시터들의 하나 이상의 커패시턴스들이 변화되는 지를 결정한다. 예를 들어, 프로세서는 파라미터 프로브 (408A) 로부터 수신된 파라미터의 값을 수신하고, 그리고 값이 제 1 미리 설정된 범위 내에 있는지를 결정한다. 값이 제 1 미리 설정된 범위 내에 없다고 결정할 시, 프로세서는 값이 제 1 미리 설정된 범위 내에 있을 때까지 대응하는 하나 이상의 커패시터들 (C5 및 C17) 의 커패시턴스들의 하나 이상의 값들을 식별하도록 프로브 제어 및 시스템 제어부 (110) 의 메모리 디바이스에 저장된 대응에 액세스한다.
- [0087] 이들 실시예들에서, 대응하는 하나 이상 커패시터들 (C5 및 C17) 의 커패시턴스들의 하나 이상의 값들을 식별할

시, 커패시터 C5의 커패시턴스의 식별된 값이 달성되도록 프로세서는 모터 M1을 구동하기 위해 상당한 전류를 생성한다. 예시를 위해, 상당한 구동 전류가 프로세서로부터 모터 M1의 고정자로 전송된다. 커패시터 C5의 커패시턴스의 구동 전류 변화들의 양은 제 1 미리 설정된 범위를 달성하기 위해 OUT#1로부터 스테이션 1로 제공된 결합된 RF 신호의 전력의 레벨 및/또는 위상을 더 변화시키도록 출력부 O1에서 저 주파수를 가진 RF 신호의 전력의 레벨 및/또는 위상을 더 변화시키기 위해 커패시터 C5로부터 출력되는 저 주파수의 RF 신호의 전력의 레벨 및/또는 위상을 변화시킨다. 유사하게, 하나 이상의 값들을 식별할 시, 커패시터 C17의 커패시턴스의 식별된 값이 달성되도록 프로세서는 모터 M5를 구동하기 위해 상당한 전류를 생성한다. 커패시터 C17의 커패시턴스의 변화는 OUT#1로부터 스테이션 1로 제공된 결합된 RF 신호의 전력의 레벨 및/또는 위상을 더 변화시키도록 출력부 O1에서 고 주파수를 가진 RF 신호의 전력의 레벨 및/또는 위상을 더 변화시키기 위해 커패시터 C17로부터 출력되는 고 주파수의 RF 신호의 전력의 레벨 및/또는 위상을 변화시킨다. 이 방식으로, 커패시터들 (C5 및 C17)의 커패시턴스들 중 하나 이상의 커패시턴스들은 OUT#1에서의 파라미터의 값이 OUT#2에서의 파라미터의 값으로부터 제 1 미리 설정된 범위 내에 있을 때까지 변화된다. 제 1 미리 설정된 범위 내에 있도록 OUT#1에서의 파라미터의 값, 및/또는 제 2 미리 설정된 범위 내에 있도록 OUT#2에서의 파라미터의 값, 및/또는 제 3 미리 설정된 범위 내에 있도록 OUT#3에서의 파라미터의 값, 및/또는 제 4 미리 설정된 범위 내에 있도록 OUT#4에서의 파라미터의 값을 달성함으로써 프로세스 가변성이 달성된다.

[0088] 다양한 실시예들에서, OUT#1에서의 파라미터의 값이 제 1 미리 설정된 범위 내에 있고 그리고 OUT#2에서의 파라미터의 값이 제 2 미리 설정된 범위 내에 있을 때, OUT#1 및 OUT#2에서의 파라미터의 값들은 서로 미리 결정된 범위 내에 있다. 다시, OUT#1 및 OUT#2에서의 파라미터의 값들이 서로 미리 결정된 범위 내에 있을 때 프로세스 가변성이 달성된다. 유사하게, 일부 실시예들에서, OUT#1 및 OUT#2에서의 파라미터의 값들이 미리 결정된 범위 외에 있지만 OUT#1에서의 파라미터의 값이 제 1 미리 설정된 범위 내에 있고 그리고 OUT#2에서의 파라미터의 값이 제 2 미리 설정된 범위 내에 있을 때 프로세스 가변성이 달성된다.

[0089] 다양한 실시예들에서, 파라미터 프로브 (408D)는 OUT#4에서 제 1 양의 전력을 측정하고, 파라미터 프로브 (408C)는 OUT#3에서 제 2 양의 전력을 측정하고, 파라미터 프로브 (408B)는 OUT#2에서 제 3 양의 전력을 측정하고, 그리고 파라미터 프로브 (408A)는 OUT#1에서 제 4 양의 전력을 측정한다. 제 1 양은 제 2 양보다 많고, 제 2 양은 제 3 양보다 많다. 제 3 양은 제 4 양보다 많다. 측정된 전력의 양들은 파라미터 프로브들 (408A 내지 408D)로부터 프로브 제어 및 시스템 제어부 (110)로 제공된다. 프로브 제어 및 시스템 제어부 (110)는 OUT#1 내지 OUT#4에서 서로 미리 결정된 범위 내의 전력의 양들을 달성하는 것으로 결정한다. 프로브 제어 및 시스템 제어부 (110)는, 제 4 양의 전력이 OUT#4에서 제 1 양의 전력으로부터 미리 결정된 범위 내에 있도록 OUT#1에서 결합된 RF 신호의 제 4 양의 전력을 더 증가시키기 위해 커패시터 C17로부터 출력부 O1로 전력량을 증가시키도록 커패시터 C17의 커패시턴스를 감소시키기 위해 모터 M5로 제어 신호를 전송한다.

[0090] 일부 실시예들에서, 파라미터의 인라인 측정들 (in line)을 제공하는 파라미터 프로브들 (408A 내지 408D) 대신 또는 파라미터 프로브들 (408A 내지 408D)에 더하여, 커패시터들 (C5, C6, C7, C8, C17, C19, C22, 및 C24) 중 대응하는 하나 이상의 커패시터들의 하나 이상의 커패시턴스들은 웨이퍼 측정값들, 예를 들어, 웨이퍼 측정 디바이스들을 사용하여 획득된 측정값들, 등에 기초하여 상기에 기술된 방식으로 수정된다. 웨이퍼 측정값들의 예들은 에칭 레이트들 및 증착 레이트들을 포함한다. 에칭 레이트 또는 증착 레이트는 본 명세서에서 프로세스 레이트로서 지칭된다. 웨이퍼 측정 디바이스의 예들은 에칭 레이트 측정 디바이스, 증착 레이트 측정 디바이스, 등을 포함한다. 예시를 위해, 웨이퍼 측정 디바이스들, 예를 들어, 4 개의 웨이퍼 측정 디바이스들, 등은 대응하는 이송 케이בל들을 통해 프로브 제어 및 시스템 제어부 (110)의 프로세서에 커플링되고 그리고 대응하는 스테이션들 (1 내지 4)로의 시선을 갖는다. 시선은 플라즈마가 대응하는 스테이션들 (1 내지 4)내에 생성되는 공간으로 지향된다. 예를 들어, 웨이퍼 측정 디바이스는 플라즈마에 의해 방출된 복사의 강도를 측정하도록 스테이션 1 내에서 플라즈마를 모니터링하는 분광 광도계를 포함한다. 강도는 스테이션 1의 플라즈마에 의해 프로세싱되는 웨이퍼 (101)의 층의 에칭 레이트 또는 증착 레이트에 정비례한다. 프로브 제어 및 시스템 제어부 (110)의 프로세서는 강도에 정비례하는 프로세스 레이트를 결정하도록 이송 케이בל을 통해 측정된 강도를 수신한다. 또 다른 예로서, 공지된 레시피에 대해, 웨이퍼 측정 디바이스는 웨이퍼 (101)의 프로세싱, 예를 들어, 에칭, 상부에 재료들을 증착, 등 전 또는 동안 시간 t_{m1} 에서 웨이퍼 (101)의 두께를 측정하고 그리고 웨이퍼 (101)의 프로세싱 후 시간 t_{m2} 에서 웨이퍼 (101)의 두께를 측정한다. 웨이퍼 측정 디바이스는 시간 t_{m2} 와 시간 t_{m1} 사이의 차에 대한 시간 t_{m2} 에서의 두께와 시간 t_{m1} 에서의 두께 사이의 차의 비로서 웨이퍼 (101)의 프로세스 레이트를 결정한다. 프로세스 레이트는 웨이퍼 측정 디바이스에 의해 이송 케이בל을 통해 프로브 제어 및 시스템 제어부 (110)의 프로세서로 제공된다. 일부 실시예들에서, 프로세스 레이트를 결정하는 웨이퍼 측정 디바이스 대신, 프로브 제어 및 시스템 제어부 (110)의 프로세서는 측정된 강도로부터 프로세

스 레이트를 결정하고 그리고 저장을 위해 프로세스 레이트를 메모리 디바이스에 제공한다. 이들 실시예들에서, 에칭 레이트 및 증착 레이트는 부가적인 파라미터의 예들이다. 이들 실시예들에서, 프로세서는 프로세스 레이트가 미리 결정된 프로세스 레이트로부터 미리 규정된 범위와 매칭하거나 미리 규정된 범위 내에 있는지를 결정한다. 프로세스 레이트가 미리 규정된 범위 내에 없다고 결정할 시, 프로세서는 프로세스 레이트가 미리 결정된 프로세스 레이트로부터 미리 규정된 범위 내에 있도록 커패시터들 (C5, C6, C7, C8, C17, C19, C22, 및 C24) 중 대응하는 하나 이상의 커패시터들의 하나 이상의 커패시턴스들을 수정하도록 결정한다. 커패시터들 (C5, C6, C7, C8, C17, C19, C22, 및 C24) 중 대응하는 하나 이상의 커패시터들의 하나 이상의 커패시턴스들과 미리 결정된 프로세스 레이트 사이의 대응은 메모리 디바이스에 저장된다. 이 방식으로, 커패시터들 (C5, C6, C7, C8, C17, C19, C22, 및 C24) 중 대응하는 하나 이상의 커패시터들의 하나 이상의 커패시턴스들은 스테이션들 (1 내지 4) 중 하나 이상의 스테이션들과 연관된 미리 결정된 프로세스 레이트를 달성하도록 수정된다.

[0091] 몇몇의 실시예들에서, 출력부들 (OUT#1, OUT#2, OUT#3, 및 OUT#4) 에서 파라미터를 전송하는 대신 또는 전송하는 것에 더하여, 위치 센서들이 OUT#1, OUT#2, OUT#3, 및 OUT#4에서 파라미터의 값들이 최소화되도록 위치들을 제어하기 위해 커패시터들 (C5, C6, C7, C8, C17, C19, C22, 및 C24) 의 위치들, 예를 들어, 플레이트들 사이의 거리들, 플레이트들 사이의 각들, 등을 결정하도록 사용된다. 위치 센서들의 예들은 선형 센서들 및 회전 센서들을 포함한다. 예시를 위해, 위치 센서들은 전위차계들 또는 유도형 위치 센서들 또는 회전 인코더들을 포함한다. 위치 센서 각각은 커패시터의 위치를 측정하도록 커패시터들 (C5, C6, C7, C8, C17, C19, C22, 및 C24) 중 대응하는 커패시터들에 근접하게 배치된다. 위치 센서로부터 이송 케이블을 통해 프로브 제어 및 시스템 제어부 (110) 의 프로세서로 위치가 제공된다. 프로브 제어 및 시스템 제어부 (110) 는 위치가 미리 결정된 프로세스 파라미터에 대응하는지를 결정한다. 위치가 미리 결정된 프로세스 파라미터에 대응하지 않는다고 결정할 시, 프로세서는, 위치가 미리 결정된 프로세스 파라미터에 대응하고, 예를 들어, 미리 결정된 프로세스 파라미터와 1 대 1 관계를 갖고, 미리 결정된 프로세스 파라미터와 맵핑하는, 등을 하도록 상기에 기술된 방식으로 커패시터의 위치를 변화시킨다. 커패시터의 위치와 미리 결정된 프로세스 파라미터 사이의 대응은 메모리 디바이스에 저장된다. 이 방식으로, 커패시터들 (C5, C6, C7, C8, C17, C19, C22, 및 C24) 중 하나 이상의 커패시터들의 위치들은 모니터링되고 그리고 커패시터들 (C5, C6, C7, C8, C17, C19, C22, 및 C24) 중 하나 이상의 커패시터들의 위치들에 대응하는 미리 결정된 프로세스 파라미터를 달성하도록 제어된다.

[0092] 도 7은 출력부들 (OUT#1, OUT#2, OUT#3, 및 OUT#4) 에서 파라미터의 값들이 서로 미리 결정된 범위 내에 있도록 출력부들 (OUT#1, OUT#2, OUT#3, 및 OUT#4) 에서의 파라미터의 값들과 결합기 및 분배기 (121) 의 튜닝 엘리먼트들의 변수의 값들 사이의 대응의 예인 표 목록 (700) 을 예시하기 위한 실시예의 도면이다. 표 목록 (700) 은 결합기 및 분배기 (121) 의 메모리 디바이스에 저장된다. 표 목록 (700) 은 출력부들 (OUT#1 내지 OUT#4) 에서의 파라미터의 값들의 행, 및 결합기 및 분배기 (121) 의 커패시터들 (C5, C6, C7, C8, C17, C19, C22, 및 C24) 의 변수들의 값들의 행을 포함한다.

[0093] 표 목록 (700) 의 제 1 행은 OUT#1에서의 파라미터의 값 VL1, OUT#2에서의 파라미터의 값 VL2, OUT#3에서의 파라미터의 값 VL3, OUT#4에서의 파라미터의 값 VL4, 커패시터 C5의 커패시턴스의 값 V1, 커패시터 C6의 커패시턴스의 값 V2, 커패시터 C7의 커패시턴스의 값 V3, 커패시터 C8의 커패시턴스의 값 V4, 커패시터 C17의 커패시턴스의 값 V5, 커패시터 C19의 커패시턴스의 값 V6, 커패시터 C22의 커패시턴스의 값 V7, 및 커패시터 C24의 커패시턴스의 값 V8 사이의 대응이다. 예를 들어, OUT#1에서 파라미터의 값이 VL1이도록 측정되고 그리고 OUT#2에서 파라미터의 값이 VL2가 아닐 때, OUT#2에서 값 VL2를 달성하도록, 커패시터 C5의 커패시턴스의 값은 V1이도록 변화되고, 그리고/또는 커패시터 C6의 커패시턴스의 값은 V2이도록 변화되고, 그리고/또는 커패시터 C17의 커패시턴스의 값은 V5이도록 변화되고, 그리고/또는 커패시터 C19의 커패시턴스의 값은 V6이도록 변화된다. 값들 (VL1 및 VL2) 은 서로 미리 결정된 범위 내에 있다. 유사하게, 표 목록 (700) 의 제 2 행은 OUT#1에서의 파라미터의 값 VL5, OUT#2에서의 파라미터의 값 VL6, OUT#3에서의 파라미터의 값 VL7, OUT#4에서의 파라미터의 값 VL8, 커패시터 C5의 커패시턴스의 값 V9, 커패시터 C6의 커패시턴스의 값 V10, 커패시터 C7의 커패시턴스의 값 V11, 커패시터 C8의 커패시턴스의 값 V12, 커패시터 C17의 커패시턴스의 값 V13, 커패시터 C19의 커패시턴스의 값 V14, 커패시터 C22의 커패시턴스의 값 V15, 및 커패시터 C24의 커패시턴스의 값 V16 사이의 대응이다.

[0094] 본 명세서에서 기술된 실시예들은 핸드-헬드 하드웨어 유닛들, 마이크로프로세서 시스템들, 마이크로프로세서-기반 또는 프로그램가능한 소비자 전자장치들, 미니컴퓨터들, 메인프레임 컴퓨터들 등을 포함하는 다양한 컴퓨터 시스템 구성들에서 실시될 수도 있다. 실시예들은 또한 네트워크를 통해서 링크된 리모트 프로세싱 하드웨어 유닛들에 의해서 태스크들이 수행되는 분산형 컴퓨팅 환경들에서 실시될 수 있다.

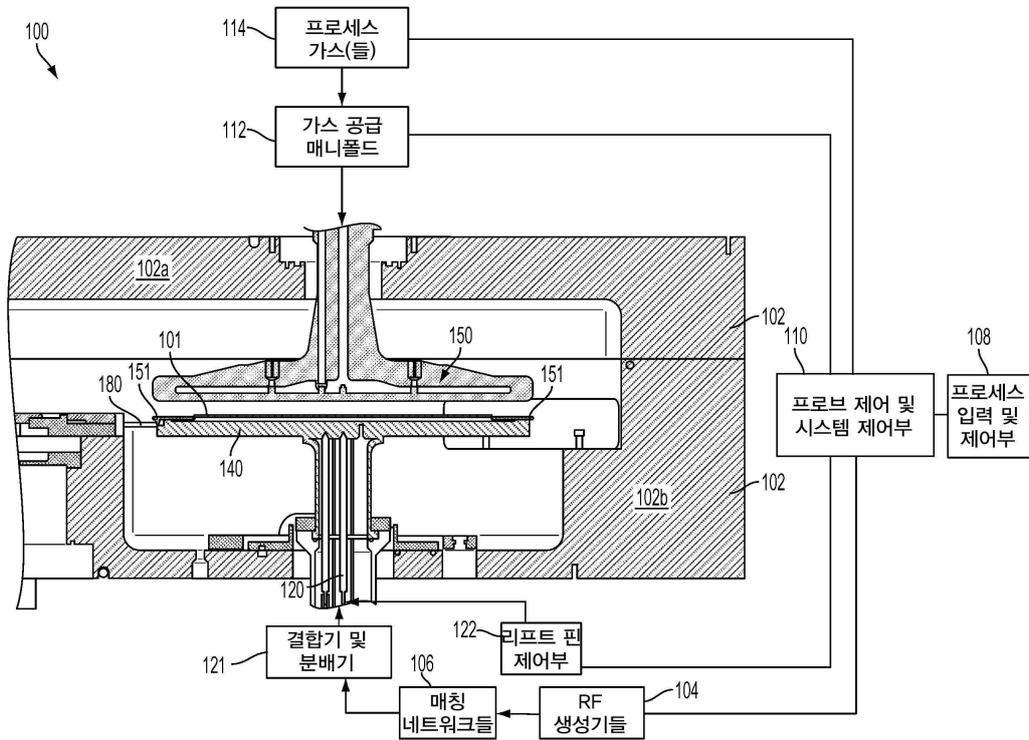
- [0095] 일부 실시예들에서, 제어기는 상술한 실례들의 일부일 수 있는 시스템의 일부이다. 이러한 시스템들은, 프로세싱 톨 또는 톨들, 챔버 또는 챔버들, 프로세싱용 플랫폼 또는 플랫폼들, 및/또는 특정 프로세싱 컴포넌트들 (웨이퍼 페데스탈, 가스 플로우 시스템, 등) 을 포함하는, 반도체 프로세싱 장비를 포함한다. 이들 시스템들은 반도체 웨이퍼 또는 기판의 프로세싱 이전에, 프로세싱 동안에 그리고 프로세싱 이후에 그 동작을 제어하기 위한 전자장치에 통합된다. 전자장치는 시스템 또는 시스템들의 다양한 컴포넌트들 또는 하위부품들을 제어할 수도 있는 "제어기"로서 지칭된다. 제어기는, 시스템의 프로세싱 요건들 및/또는 타입에 따라서, 프로세스 가스들의 전달, 온도 설정사항들 (예를 들어, 가열 및/또는 냉각), 압력 설정사항들, 진공 설정사항들, 전력 설정사항들, RF 생성기 설정사항들, RF 매칭 회로 설정사항들, 주파수 설정사항들, 플로우 레이트 설정사항들, 유체 전달 설정사항들, 위치 및 동작 설정사항들, 톨 및 다른 전달 톨들 및/또는 시스템과 연결되거나 인터페이스된 로드록들 내외로의 웨이퍼 전달들을 포함하는, 본 명세서에 개시된 임의의 프로세스들을 제어하도록 프로그램된다.
- [0096] 일반적으로 말하면, 다양한 실시예들에서, 제어기는 인스트럭션들을 수신하고 인스트럭션들을 발행하고 동작을 제어하고 세팅 동작들을 인에이블하고, 엔드포인트 측정들을 인에이블하는 등을 하는 다양한 집적 회로들, 로직, 메모리, 및/또는 소프트웨어를 갖는 전자장치로서 규정된다. 집적 회로들은 프로그램 인스트럭션들을 저장하는 펌웨어의 형태의 칩들, DSP들 (digital signal processors), ASIC (application specific integrated circuit) 으로서 규정되는 칩들, PLD들, 및/또는 프로그램 인스트럭션들 (예를 들어, 소프트웨어) 을 실행하는 하나 이상의 마이크로프로세서들, 또는 마이크로제어기들을 포함한다. 프로그램 인스트럭션들은 반도체 웨이퍼 상에서 또는 반도체 웨이퍼에 대한 특정한 프로세스를 실행하기 위한 동작 파라미터들을 규정하는, 다양한 개별 설정사항들 (또는 프로그램 파일들) 의 형태로 제어기로 또는 시스템으로 전달되는 인스트럭션들이다. 일부 실시예들에서, 동작 파라미터들은 하나 이상의 층들, 재료들, 금속들, 옥사이드들, 실리콘, 실리콘 다이옥사이드, 표면들, 회로들, 및/또는 웨이퍼의 다이들의 제조 동안에 하나 이상의 프로세싱 단계들을 달성하도록 프로세스 엔지니어에 의해서 규정된 레시피의 일부이다.
- [0097] 제어기는, 일부 실시예들에서, 시스템에 통합되거나, 시스템에 커플링되거나, 이와 달리 시스템에 네트워킹되거나, 또는 이들의 조합으로 되는 컴퓨터에 커플링되거나 이의 일부이다. 예를 들어, 제어기는 웨이퍼 프로세싱의 리모트 액세스를 가능하게 하는 공장 (fab) 호스트 컴퓨터 시스템의 전부 또는 일부 또는 "클라우드" 내에 있다. 컴퓨터는 제조 동작들의 현 진행을 모니터링하고, 과거 제조 동작들의 이력을 조사하고, 복수의 제조 동작들로부터 경향들 또는 성능 예측치들을 조사하고, 현 프로세싱의 파라미터들을 변경하고, 현 프로세싱을 따르는 프로세싱 단계들을 설정하고, 또는 새로운 프로세스를 시작하기 위해서 시스템으로의 리모트 액세스를 인에이블한다.
- [0098] 일부 실시예들에서, 리모트 컴퓨터 (예를 들어, 서버) 는 로컬 네트워크 또는 인터넷을 포함하는 네트워크를 통해서 프로세스 레시피들을 시스템에 제공한다. 리모트 컴퓨터는 차후에 리모트 컴퓨터로부터 시스템으로 전달될 파라미터들 및/또는 설정사항들의 입력 또는 프로그래밍을 가능하게 하는 사용자 인터페이스를 포함한다. 일부 예들에서, 제어기는 하나 이상의 동작들 동안 수행될 프로세싱 단계들 각각에 대해 파라미터들을 명시하는 데이터의 형태로 인스트럭션들을 수신한다. 이 파라미터들은 제어기가 제어하거나 인터페이스하도록 구성되는 톨의 타입 및 수행될 프로세스의 타입에 특정적임이 이해되어야 한다. 따라서, 상술한 바와 같이, 제어기는 예를 들어, 함께 네트워킹되어서 함께 공통 목적을 위해서 작용하는, 예컨대, 본 명세서에 기술된 프로세스들 및 제어들과 같은 하나 이상의 개별 제어기들을 포함함으로써 분산된다. 이러한 목적들을 위한 분산형 제어기의 예는 챔버 상의 프로세스를 제어하도록 조합되는, (예를 들어, 플랫폼 레벨에서 또는 리모트 컴퓨터의 일부로서) 리모트로 위치한 하나 이상의 집적 회로들과 통신하는 챔버 상의 하나 이상의 집적 회로들을 포함한다.
- [0099] 비한정적으로, 다양한 실시예들에서, 예시적인 시스템들은 플라즈마 에칭 챔버 또는 모듈, 증착 챔버 또는 모듈, 스핀-린스 챔버 또는 모듈, 금속 도금 챔버 또는 모듈, 세팅 챔버 또는 모듈, 베벨 에지 에칭 챔버 또는 모듈, PVD (physical vapor deposition) 챔버 또는 모듈, CVD (chemical vapor deposition) 챔버 또는 모듈, ALD (atomic layer deposition) 챔버 또는 모듈, ALE (atomic layer etch) 챔버 또는 모듈, 이온 주입 챔버 또는 모듈, 트랙 (track) 챔버 또는 모듈, 및 반도체 웨이퍼들의 제조 및/또는 제작 시에 사용되거나 연관되는 임의의 다른 반도체 프로세싱 시스템들을 포함한다.
- [0100] 일부 실시예들에서, 상기 기술된 동작들은 몇몇의 타입들의 플라즈마 챔버들, 예를 들어, 유도 결합된 플라즈마 (ICP) 반응기, TCP (transformer coupled plasma) 챔버, 용량 결합된 플라즈마 반응기, 전도체 톨들, 유전체 톨들을 포함한 플라즈마 챔버, ECR (electron cyclotron resonance) 반응기를 포함한 플라즈마 챔버, 등에 적용된다는 것이 더 주의된다. 예를 들어, 하나 이상의 RF 생성기들은 ICP 반응기 내에서 인덕터에 커플링된다.

인덕터의 형상의 예들은 솔레노이드, 돔 형상의 코일, 편평한 형상의 코일, 등을 포함한다.

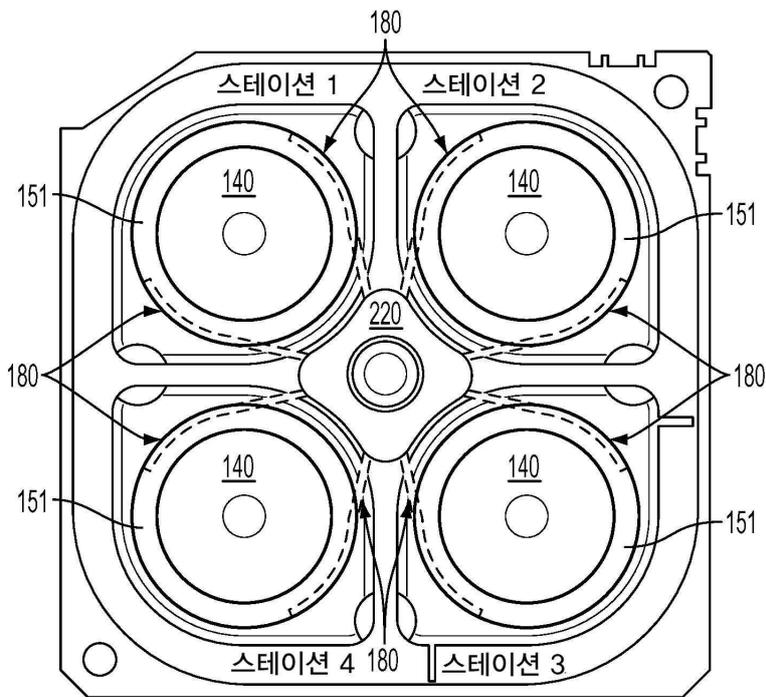
- [0101] 상술한 바와 같이, 튜에 의해서 수행될 프로세스 단계 또는 단계들에 따라서, 제어기는, 반도체 제조 공장 내의 튜 위치들 및/또는 로드 포트들로부터/로 웨이퍼들의 컨테이너들을 이동시키는 재료 이송 시에 사용되는, 다른 튜 회로들 또는 모듈들, 다른 튜 컴포넌트들, 클러스터 튜들, 다른 튜 인터페이스들, 인접 튜들, 이웃하는 튜들, 공장 도처에 위치한 튜들, 메인 컴퓨터, 다른 제어기 또는 튜들 중 하나 이상과 통신한다.
- [0102] 상기 실시예들을 고려하여, 실시예들 중 일부가 컴퓨터 시스템들에 저장된 데이터를 수반하는 다양한 컴퓨터-구현된 동작들을 채용한다는 것이 이해되어야 한다. 이들 동작들은 물리량들을 물리적으로 조작하는 동작들이다. 실시예들의 일부를 형성하는 본 명세서에 기술된 동작들 중 임의의 동작들은 유용한 머신 동작들이다.
- [0103] 실시예들 중 일부는 또한 이들 동작들을 수행하기 위한 하드웨어 유닛 또는 장치와 관련된다. 장치는 특수 목적 컴퓨터로 특별히 구성된다. 특수 목적 컴퓨터로서 규정될 때, 컴퓨터는 또한 특수 목적의 일부가 아닌 다른 프로세싱, 프로그램 실행 또는 루틴들을 수행하지만, 여전히 특수 목적을 위해 동작할 수 있다.
- [0104] 일부 실시예들에서, 동작들은 선택적으로 활성화된 컴퓨터에 의해 프로세싱될 수도 있거나, 컴퓨터 메모리, 캐시에 저장된 하나 이상의 컴퓨터 프로그램들에 의해 구성될 수도 있거나, 컴퓨터 네트워크를 통해 획득될 수도 있다. 데이터가 컴퓨터 네트워크를 통해 획득될 때, 데이터는 컴퓨터 네트워크 상의 다른 컴퓨터들, 예를 들어, 컴퓨팅 리소스들의 클라우드에 의해 프로세싱될 수도 있다.
- [0105] 하나 이상의 실시예들은 또한 비일시적인 컴퓨터-관독가능 매체 상의 컴퓨터 관독가능 코드로서 제작될 수 있다. 비일시적인 컴퓨터-관독가능 매체는 이후에 컴퓨터 시스템에 의해 관독되는 데이터를 저장하는 임의의 데이터 저장 하드웨어 유닛, 예를 들어, 메모리 디바이스, 등이다. 비일시적인 컴퓨터-관독가능 매체의 예들은 하드 드라이브들, NAS (network attached storage), ROM, RAM, CD-ROMs (compact disc-ROMs), CD-Rs (CD-recordables), CD-RWs (CD-rewritables), 자기 테이프들, 및 다른 광학 및 비광학 데이터 저장 하드웨어 유닛들을 포함한다. 일부 실시예들에서, 비일시적인 컴퓨터-관독가능 매체는 컴퓨터 관독가능 코드가 분산된 방식으로 저장되고 실행되도록 네트워크 커플링된 컴퓨터 시스템들을 통해 분산된 컴퓨터-관독가능 유형의 매체를 포함한다.
- [0106] 상기의 방법 동작들이 특정한 순서로 기술되었지만, 다양한 실시예들에서, 다른 하우스키핑 (housekeeping) 동작들이 동작들 사이에 수행되거나, 방법 동작들이 약간 상이한 시간들에서 발생하도록 방법 동작들이 조정되거나, 다양한 간격들로 방법 동작들의 발생을 허용하는 시스템 내에서 분산되거나, 상기 기술된 것과 상이한 순서로 수행된다는 것이 이해되어야 한다.
- [0107] 일 실시예에서, 본 개시에 기술된 다양한 실시예들에 기술된 범위로부터 벗어나지 않고 임의의 다른 실시예의 하나 이상의 특징들과 상기 기술된 임의의 실시예로부터의 하나 이상의 특징들이 결합된다는 것이 더 주의되어야 한다.
- [0108] 전술한 실시예들이 이해의 명료성의 목적들을 위해 일부 상세히 기술될지라도, 특정한 변화들 및 수정들이 첨부된 청구항들의 범위 내에서 실행될 수 있다는 것이 분명할 것이다. 따라서, 본 실시예들은 제한적인 것이 아닌 예시적인 것으로서 고려되고, 본 실시예들은 본 명세서에 주어진 상세사항들로 제한되지 않지만, 첨부된 청구항들의 범위 및 등가물들 내에서 수정될 수도 있다.

도면

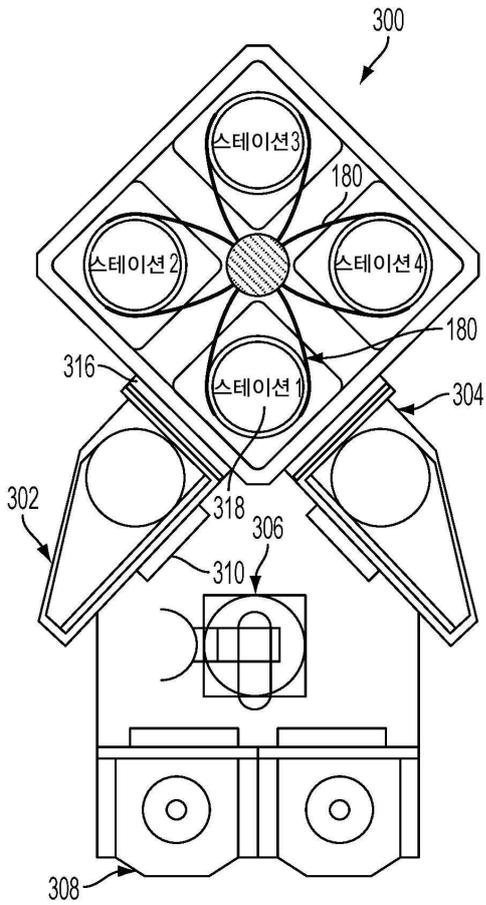
도면1



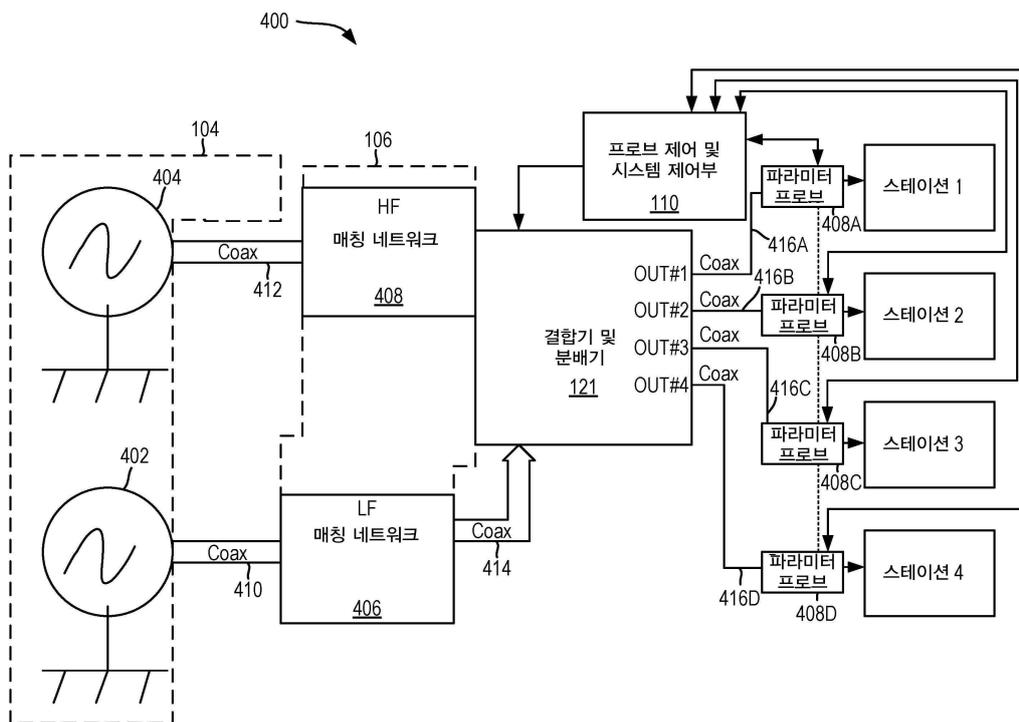
도면2



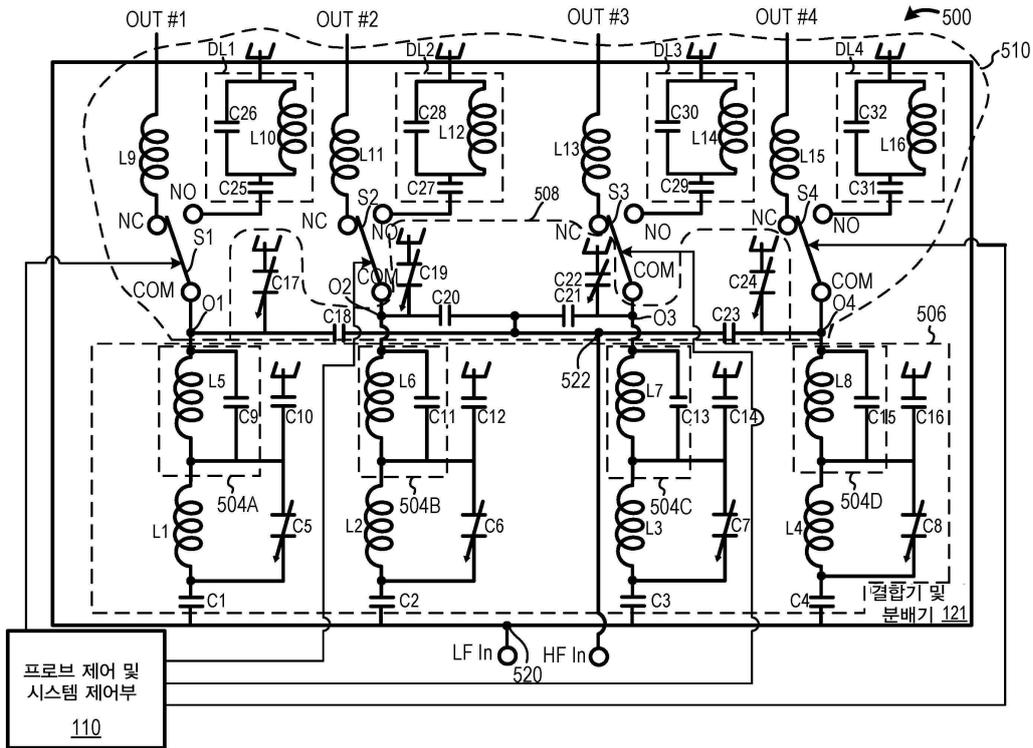
도면3



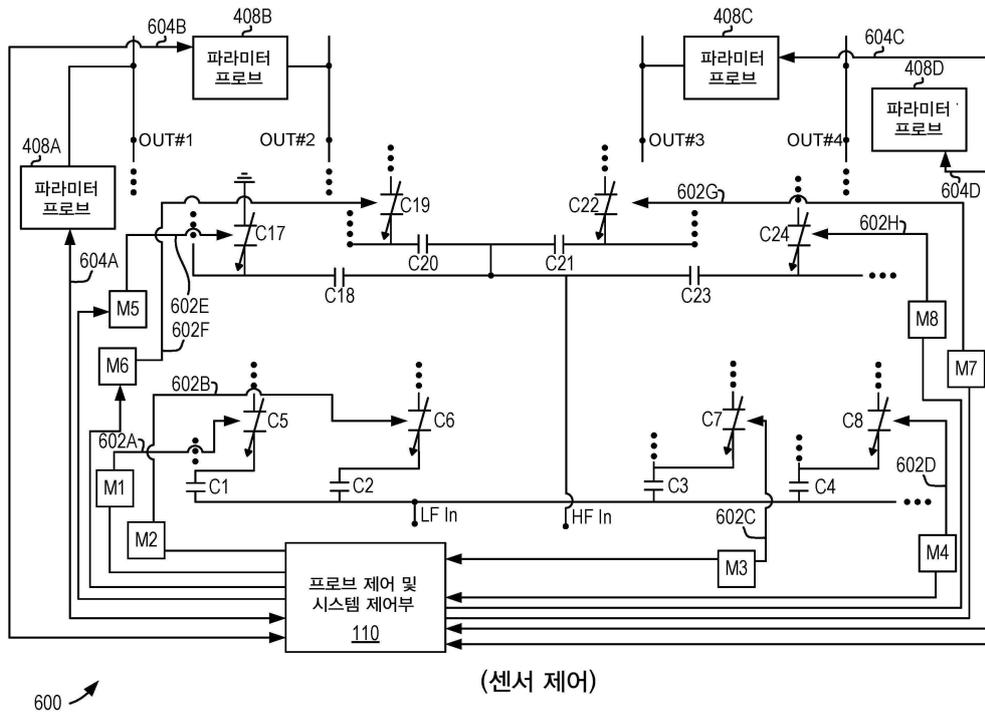
도면4



도면5



도면6



(센서 제어)

도면7

↖700

OUT #1	OUT #2	OUT #3	OUT #4	C5	C6	C7	C8	C17	C19	C22	C24
VL1	VL2	VL3	VL4	V1	V2	V3	V4	V5	V6	V7	V8
VL5	VL6	VL7	VL8	V9	V10	V11	V12	V13	V14	V15	V16
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮