



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2016년11월24일
(11) 등록번호 10-1679528
(24) 등록일자 2016년11월18일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
H01J 37/32 (2006.01) H01L 21/3065 (2006.01)
(52) CPC특허분류
H01J 37/32091 (2013.01)
H01J 37/32623 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2015-7022471(분할)
(22) 출원일자(국제) 2009년12월16일
심사청구일자 2015년08월19일
(85) 번역문제출일자 2015년08월19일
(65) 공개번호 10-2015-0103304
(43) 공개일자 2015년09월09일
(62) 원출원 특허 10-2011-7013687
원출원일자(국제) 2009년12월16일
심사청구일자 2014년12월16일
(86) 국제출원번호 PCT/US2009/068186
(87) 국제공개번호 WO 2010/080421
국제공개일자 2010년07월15일
(30) 우선권주장
61/139,488 2008년12월19일 미국(US)
12/634,959 2009년12월10일 미국(US)
(56) 선행기술조사문헌
JP2003309111 A*
JP2005203491 A*
JP2008263226 A*
KR100586402 B1
*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자
램 리써치 코포레이션
미국 94538 캘리포니아주 프레몬트 쿠싱 파크웨이
4650
(72) 발명자
피셔 안드레아스
미국 94538 캘리포니아주 프레몬트 쿠싱 파크웨이
4650 램 리써치 코포레이션 리걸 디파트먼트 씨/
오
허드슨 에릭
미국 94538 캘리포니아주 프레몬트 쿠싱 파크웨이
4650 램 리써치 코포레이션 리걸 디파트먼트 씨/
오
(74) 대리인
특허법인인벤투스

전체 청구항 수 : 총 18 항

심사관 : 김주승

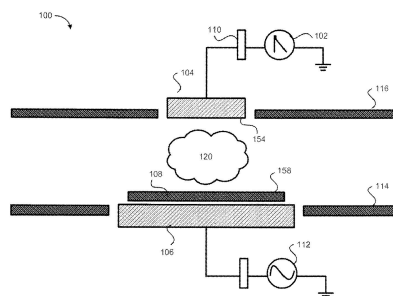
(54) 발명의 명칭 플라즈마 프로세싱 시스템에서의 이온 에너지 분배 제어

(57) 요약

플라즈마 프로세싱 시스템 적어도 기판을 플라즈마로 프로세싱한다. 플라즈마 프로세싱 챔버는 이온 에너지 분배를 제어하는 것이 가능하다. 플라즈마 프로세싱 시스템은 제 1 전극을 포함할 수도 있다. 플라즈마 프로세싱 시스템은 또한 제 1 전극과 상이하고, 기판을 베어링하도록 구성된 제 2 전극을 포함한다. 플라즈

(뒷면에 계속)

대표도



마 프로세싱 시스템은 또한 제 1 전극과 커플링된 신호 소스를 포함할 수도 있다. 신호 소스는 기관이 플라즈마 프로세싱 시스템에서 프로세싱될 때 기관에서의 이온 에너지 분배를 제어하기 위해 제 1 전극을 통해 비-사인 신호를 제공할 수도 있고, 여기서 비-사인 신호는 주기적이다.

(52) CPC특허분류

H01L 21/3065 (2013.01)

명세서

청구범위

청구항 1

적어도 기판을 플라즈마로 프로세싱하는 플라즈마 프로세싱 시스템으로서,

비-기판 베어링 (non-substrate bearing; NSB) 전극인 제 1 전극;

상기 제 1 전극의 중심으로부터 외향 확장되도록 상기 제 1 전극을 둘러싸도록 구성되며, 상기 제 1 전극으로부터 물리적으로 분리 배치된 제 1 접지 플레이트;

제 2 전극으로서, 상기 제 2 전극은 상기 제 1 전극과 상이하고, 상기 제 2 전극은 상기 기판을 베어링하도록 구성되고, 상기 제 1 전극은 상기 제 2 전극의 직경보다 작은 직경을 갖는, 상기 제 2 전극;

상기 제 2 전극의 중심으로부터 외향 확장되도록 상기 제 2 전극을 둘러싸도록 구성되며, 상기 제 2 전극으로부터 물리적으로 분리 배치되는 제 2 접지 플레이트로서, 프로세싱 동안 상기 플라즈마는 상기 제 1 전극과 상기 제 2 전극 사이에서 규정되고, 상기 제 1 전극의 중심과 상기 제 2 전극의 중심은 서로 실질적으로 정렬 (align) 되며, 상기 제 1 접지 플레이트의 내부 직경 영역은 상기 제 2 전극 상부에 배치된, 상기 제 2 접지 플레이트; 및

상기 제 1 전극과 커플링되고, 상기 기판이 상기 플라즈마 프로세싱 시스템내에서 상기 제 2 전극 상에서 프로세싱될 때 상기 기판에서의 이온 에너지 분배를 제어하기 위해 상기 제 1 전극에만 비-사인 신호 (non-sinusoidal signal) 를 제공하도록 구성된 제 1 신호 소스로서, 상기 비-사인 신호는 주기적인, 상기 제 1 신호 소스를 포함하고,

상기 제 2 전극은 또 다른 신호 소스에 커플링되는 경우, 상기 또 다른 신호 소스로부터의 사인 신호 (sinusoidal signal) 만 수신하도록 구성되고,

상기 제 1 신호 소스는 상기 비-사인 신호를 상기 기판에 인가하기 위해 상기 제 1 전극에 주기적 신호를 제공하도록 구성되고, 상기 주기적 신호는 상기 제 1 신호 소스로부터 제공되고, 적어도 제 1 세트의 주기적으로 램프된 (ramped) 부분들을 포함하고, 상기 제 1 세트의 주기적으로 램프된 부분들의 램프된 부분 각각은 포지티브 기울기를 갖는, 플라즈마 프로세싱 시스템.

청구항 2

제 1 항에 있어서,

상기 제 1 전극을 상기 제 1 접지 플레이트로부터 전기적으로 절연시키기 위해 상기 제 1 전극의 적어도 일부와 상기 제 1 접지 플레이트 사이에 배치된 유전체 층을 더 포함하는, 플라즈마 프로세싱 시스템.

청구항 3

제 1 항에 있어서,

상기 제 2 전극은, 상기 기판이 상기 제 2 전극과 상기 제 1 전극 사이에 배치되도록 상기 제 1 전극에 대향하여 배치된, 플라즈마 프로세싱 시스템.

청구항 4

제 1 항에 있어서,

상기 제 1 전극과 커플링되고, 상기 플라즈마를 발생시켜 상기 기판을 프로세싱하기 위해 상기 제 1 전극에 사인 신호를 제공하도록 구성된 제 2 신호 소스를 더 포함하는, 플라즈마 프로세싱 시스템.

청구항 5

제 1 항에 있어서,

상기 제 2 전극과 커플링되고, 상기 플라스마를 발생시켜 상기 기판을 프로세싱하기 위해 상기 제 2 전극에 사인 신호를 제공하도록 구성된 제 2 신호 소스를 더 포함하는, 플라스마 프로세싱 시스템.

청구항 6

삭제

청구항 7

제 1 항에 있어서,

상기 주기적 신호는 적어도 주기적 펄스들을 더 포함하는, 플라스마 프로세싱 시스템.

청구항 8

제 7 항에 있어서,

상기 비-사인 신호는 상기 플라스마 프로세싱 시스템 내에서 포지티브 이온들을 끌어당기기 위해 상기 주기적 펄스들 사이에 적어도 일정한 네거티브 부분들을 더 포함하는, 플라스마 프로세싱 시스템.

청구항 9

제 1 항에 있어서,

상기 제 1 전극과 상기 제 1 신호 소스 사이에 위치하는 직류 (DC) 블로킹 커패시터인 블로킹 커패시터로서, 상기 블로킹 커패시터는 상기 제 1 전극과 분리된, 상기 블로킹 커패시터를 더 포함하고,

상기 제 2 전극 상에 상기 DC 블로킹 커패시터가 존재하고, 상기 DC 블로킹 커패시터가 기생 용량 및 직렬 용량을 감소시킬 때, 상기 기관에서의 이온 에너지 분배를 제어함에 있어서 효율성이 개선되는, 플라스마 프로세싱 시스템.

청구항 10

제 9 항에 있어서,

상기 제1 전극의 전극 보호 (shield) 가 상기 제 1 전극과 상기 제 1 접지 플레이트 사이에서 요구되지 않는, 플라스마 프로세싱 시스템.

청구항 11

기관을 플라스마로 프로세싱하는 플라스마 프로세싱 시스템으로서,

비-기관 베어링 (non-substrate bearing; NSB) 전극인 제 1 전극;

상기 제 1 전극의 중심으로부터 외향 확장되도록 상기 제 1 전극을 둘러싸도록 구성되며, 상기 제 1 전극으로부터 물리적으로 분리 배치된 제 1 접지 플레이트;

제 2 전극으로서, 상기 제 2 전극은 상기 제 1 전극과 상이하고, 상기 제 2 전극은 상기 기관을 베어링하도록 구성되고, 상기 제 1 전극은 상기 제 2 전극의 직경보다 작은 직경을 갖는, 상기 제 2 전극;

상기 제 2 전극의 중심으로부터 외향 확장되도록 상기 제 2 전극을 둘러싸도록 구성되며, 상기 제 2 전극으로부터 물리적으로 분리 배치되는 제 2 접지 플레이트로서, 프로세싱 동안 상기 플라스마는 상기 제 1 전극과 상기 제 2 전극 사이에서 규정되고, 상기 제 1 전극의 중심과 상기 제 2 전극의 중심은 서로 실질적으로 정렬 (align) 되며, 상기 제 1 접지 플레이트의 내부 직경 영역은 상기 제 2 전극 상부에 배치된, 상기 제 2 접지 플레이트; 및

상기 제 1 전극과 커플링되고, 상기 기관이 상기 플라스마 프로세싱 시스템 내에서 상기 제 2 전극 상에서 프로세싱될 때 상기 기관에서의 이온 에너지 분배를 제어하기 위해 상기 제 1 전극에만 비-사인 신호 (non-sinusoidal signal) 를 제공하도록 구성된 제 1 신호 소스로서, 상기 비-사인 신호는 주기적인, 상기 제 1 신호 소스를 포함하고,

상기 제 2 전극은 사인 신호 (sinusoidal signal) 를 제공하는 또 다른 신호 소스에 커플링되고,

상기 제 2 전극의 직경보다 작은 직경을 갖는 상기 제 1 전극은 상기 제 2 전극의 면적에 대한 상기 제 1 전극의 면적의 제 1 면적비를 규정하고, 상기 제 1 면적비는 상기 제 2 전극에 공급되는 상기 사인 신호의 듀티 사이클의 제 1 듀티 사이클로 조절되며,

상기 제 2 전극의 면적에 대한 상기 제 1 전극의 면적의 제 2 면적비는 상기 제 2 전극에 공급되는 상기 사인 신호의 듀티 사이클의 제 2 듀티 사이클로 조절되며, 상기 제 2 전극에 공급되는 상기 사인 신호의 듀티 사이클의 제 2 듀티 사이클이 상기 제 1 듀티 사이클보다 클 때, 상기 제 2 면적비는 상기 제 1 면적비보다 크고,

상기 제 1 신호 소스는 상기 비-사인 신호를 상기 기판에 인가하기 위해 상기 제 1 전극에 주기적 신호를 제공하도록 구성되고, 상기 주기적 신호는 상기 제 1 신호 소스로부터 제공되고, 적어도 제 1 세트의 주기적으로 램프된 (ramped) 부분들을 포함하고, 상기 제 1 세트의 주기적으로 램프된 부분들의 램프된 부분 각각은 포지티브 기울기를 갖는, 플라즈마 프로세싱 시스템.

청구항 12

제 11 항에 있어서,

상기 제 1 전극과 상기 제 1 신호 소스 사이에 위치하는 직류 (DC) 블로킹 커패시터인 블로킹 커패시터로서, 상기 블로킹 커패시터는 상기 제 1 전극과 분리된, 상기 블로킹 커패시터를 더 포함하는, 플라즈마 프로세싱 시스템.

청구항 13

제 11 항에 있어서,

상기 주기적 신호는 적어도 주기적 펄스들을 더 포함하는, 플라즈마 프로세싱 시스템.

청구항 14

제 11 항에 있어서,

상기 비-사인 신호는 상기 플라즈마 프로세싱 시스템내에서 포지티브 이온들을 끌어당기기 위해 상기 주기적 신호의 펄스들 사이에 적어도 일정한 네거티브 부분들을 더 포함하는, 플라즈마 프로세싱 시스템.

청구항 15

기판을 플라즈마로 프로세싱하는 플라즈마 프로세싱 시스템으로서,

비-기판 베어링 (non-substrate bearing; NSB) 전극인 제 1 전극;

상기 제 1 전극의 중심으로부터 외향 확장되도록 상기 제 1 전극을 둘러싸도록 구성되며, 상기 제 1 전극으로부터 물리적으로 분리 배치된 제 1 접지 플레이트;

제 2 전극으로서, 상기 제 2 전극은 상기 제 1 전극과 상이하고, 상기 제 2 전극은 상기 기판을 베어링하도록 구성되고, 상기 제 1 전극은 상기 제 2 전극의 직경보다 작은 직경을 갖는, 상기 제 2 전극;

상기 제 2 전극의 중심으로부터 외향 확장되도록 상기 제 2 전극을 둘러싸도록 구성되며, 상기 제 2 전극으로부터 물리적으로 분리 배치되는 제 2 접지 플레이트로서, 프로세싱 동안 상기 플라즈마는 상기 제 1 전극과 상기 제 2 전극 사이에서 규정되고, 상기 제 1 전극의 중심과 상기 제 2 전극의 중심은 서로 실질적으로 정렬 (align) 되며, 상기 제 1 접지 플레이트의 내부 직경 영역은 상기 제 2 전극 상부에 배치된, 상기 제 2 접지 플레이트; 및

상기 제 1 전극과 커플링되고, 상기 기판이 상기 플라즈마 프로세싱 시스템 내에서 상기 제 2 전극 상에서 프로세싱될 때 상기 기판에서의 이온 에너지 분배를 제어하기 위해 상기 제 1 전극에만 비-사인 신호 (non-sinusoidal signal) 를 제공하도록 구성된 제 1 신호 소스로서, 상기 비-사인 신호는 상기 비-사인 신호를 상기 기판에 인가하기 위해 주기적 신호를 상기 제 1 전극에 제공하도록 구성되고, 상기 주기적 신호는 상기 제 1 신호 소스로부터 제공되고, 적어도 제 1 세트의 주기적으로 램프된 부분들을 포함하고, 상기 제 1 세트의 주기적으로 램프된 부분들의 램프된 부분 각각은 포지티브 기울기를 가지고,

상기 제 2 전극은 사인 신호 (sinusoidal signal) 를 제공하는 또 다른 신호 소스에 커플링되고,

상기 비-사인 신호는 상기 플라스마 프로세싱 시스템내에서 포지티브 이온들을 끌어당기기 위해 상기 주기적 신호의 펄스들 사이에 적어도 일정한 네거티브 부분들을 더 포함하는, 플라스마 프로세싱 시스템.

청구항 16

제 15 항에 있어서,

제1 듀티 사이클을 갖는 신호가 상기 제2 전극에 제공되는 경우, 상기 제 2 전극의 직경보다 작은 직경을 갖는 상기 제 1 전극은 상기 제 2 전극의 면적에 대한 상기 제 1 전극의 면적의 제 1 면적비를 규정하고, 상기 제1 면적비는 상기 제 2 전극에 공급되는 상기 사인 신호의 상기 제 1 듀티 사이클로 조절되는, 플라스마 프로세싱 시스템.

청구항 17

제 16 항에 있어서,

제2 듀티 사이클을 갖는 사인 신호가 상기 제2 전극에 제공되는 경우, 상기 제 2 전극의 면적에 대한 상기 제 1 전극의 면적의 제 2 면적비는 상기 제 2 전극에 공급되는 상기 사인 신호의 상기 제 2 듀티 사이클로 조절되며, 상기 제 2 전극에 공급되는 상기 사인 신호의 상기 제 2 듀티 사이클이 상기 제 1 듀티 사이클보다 클 때, 상기 제 2 면적비는 상기 제 1 면적비보다 큰, 플라스마 프로세싱 시스템.

청구항 18

제 15 항에 있어서,

상기 제 1 전극과 상기 제 1 신호 소스 사이에 위치하는 직류 (DC) 블로킹 커패시터인 블로킹 커패시터로서, 상기 블로킹 커패시터는 상기 제 1 전극과 분리된, 상기 블로킹 커패시터를 더 포함하는, 플라스마 프로세싱 시스템.

청구항 19

제 15 항에 있어서,

상기 주기적 신호는 적어도 주기적 펄스들을 더 포함하는, 플라스마 프로세싱 시스템.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 기관 (또는 웨이퍼) 의 플라스마 프로세싱에 관한 것이다. 특히, 본 발명은 플라스마 프로세싱 시스템에서 기관을 프로세싱할 때 이온 에너지 분배를 제어하는 것에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 이온 에너지 분배를 제어하는 것은 기관을 프로세싱함에 있어서 몇 가지 이점을 제공할 수도 있다. 예를 들어, 이온 에너지 분배를 제어하는 것은 상이한 재료 간의 에칭 선택도의 제어, 피쳐 에지 (예를 들어, 트렌치 또는 비아의 에지) 에서의 패시팅 (faceting) 감소, 및 높은 중형비 접촉에서의 프로파일의 제어를 가능하게 할 수도 있다. 최근의 플라스마 프로세싱 애플리케이션에서, 바람직한 프로세싱 결과를 달성하기에는 이온 에너지의 분배를 제어하는 것이 중대할 수도 있다. 이온 에너지 분배를 제어하는 방법은 예를 들어, 미국특허 제6,201,208호 "Method And Apparatus For Plasma Processing With Control Of Ion Energy Distribution At The Substrates" (2001년 3월 13일 발행) 에 개시되어 있다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0003] 이온 에너지 분배를 제어하기 위한 종래 기술은 기관을 지지하는 기관 베어링 전극에 비-사인 (non-sinusoidal) 무선 주파수 (RF) 신호/전력을 제공하는 것을 수반하기 쉽다. 이 비-사인 신호는 예를 들어, 이온을 끌어당

김으로써 이온 에너지 분배를 제어할 수도 있다. 또한, 이온 에너지 분배를 제어하기 위한 종래 기술은 비-사인 RF 신호 소스와 기관 베어링 전극 사이에 외부의 DC 블로킹 커패시터를 사용하는 것을 필요로 하기 쉽다.

[0004] 반도체 프로세싱 분야에 있어서의 주어진 부단의 진보와 종래 기술의 접근법과 연관된 몇 가지 불편이 존재하여, 플라즈마 프로세싱 챔버에서의 이온 에너지 분배를 제어하기 위한 개선된 기술 및 장치가 요구된다.

과제의 해결 수단

[0005] 본 발명의 일 실시형태는 적어도 기관을 플라즈마로 프로세싱하는 플라즈마 프로세싱 시스템에 관한 것이다. 플라즈마 프로세싱 챔버는 이온 에너지 분배를 제어하는 것이 가능하다. 플라즈마 프로세싱 시스템은 제 1 전극을 포함할 수도 있다. 플라즈마 프로세싱 시스템은 또한 제 1 전극과 상이하고, 기관을 베어링하도록 구성된 제 2 전극을 포함한다. 플라즈마 프로세싱 시스템은 또한 제 1 전극과 커플링된 신호 소스를 포함할 수도 있다. 신호 소스는 기관이 플라즈마 프로세싱 시스템에서 프로세싱될 때 기관에서의 이온 에너지 분배를 제어하기 위해 제 1 전극을 통해 비-사인 신호를 제공할 수도 있고, 여기서 비-사인 신호는 주기적이다.

[0006] 상기 개요는 본 명세서에 개시된 본 발명의 많은 실시형태 중 하나에 관한 것일 뿐이고, 본 명세서의 청구범위에 제시되어 있는 본 발명의 범위를 한정할 의도는 없다. 이러한 본 발명의 특징 및 다른 특징은 하기의 도면과 함께 본 발명의 상세한 설명에서 더욱 상세히 후술될 것이다.

도면의 간단한 설명

[0007] 본 발명은 한정이 아닌 예로서 예시되며, 첨부 도면의 도면에서 동일한 참조 번호는 동일한 엘리먼트를 지칭한다.

도 1 은 본 발명의 하나 이상의 실시형태에 따른 플라즈마 프로세싱 동안에 이온 에너지 분배를 제어하는 것이 가능한 플라즈마 프로세싱 시스템의 컴포넌트의 개략적 표현을 도시한다.

도 2 는 본 발명의 하나 이상의 실시형태에 따른 플라즈마 프로세싱 동안에 이온 에너지 분배를 제어하는 것이 가능한 플라즈마 프로세싱 시스템의 컴포넌트의 개략적 표현을 도시한다.

도 3 은 본 발명의 하나 이상의 실시형태에 따른 플라즈마 프로세싱 동안에 이온 에너지 분배를 제어하는 것이 가능한 플라즈마 프로세싱 시스템의 컴포넌트의 개략적 표현을 도시한다.

도 4 는 이온 에너지 분배를 제어하는 것이 가능한 종래 기술의 플라즈마 프로세싱 시스템을 나타낸 회로 모델의 개략적 표현을 도시한다.

도 5 는 본 발명의 하나 이상의 실시형태에 따른 이온 에너지 분배를 제어하는 것이 가능한 플라즈마 프로세싱 시스템을 나타낸 회로 모델의 개략적 표현을 도시한다.

도 6a 는 이온 에너지 분배를 제어하는 것이 가능한 종래 기술의 플라즈마 프로세싱 시스템에서 이온 에너지 분배를 제어하기 위해 기관에 인가된 비-사인 신호의 개략적 표현을 도시한다.

도 6b 는 종래 기술의 배치에 기초하여 계산된 이온 에너지 분배의 개략적 표현을 도시한다.

도 7a 는 본 발명의 하나 이상의 실시형태에 따른 이온 에너지 분배를 제어하기 위해 드라이버에 의해 제공된 비-사인 신호의 개략적 표현을 도시한다.

도 7b 는 본 발명의 하나 이상의 실시형태에 따른 배치에 기초하여 계산된 이온 에너지 분배의 개략적 표현을 도시한다.

도 8 은 본 발명의 하나 이상의 실시형태에 따른 이온 에너지 분배를 제어하는 것이 가능한 플라즈마 프로세싱 시스템을 나타낸 회로 모델의 개략적 표현을 도시한다.

도 9a 는 본 발명의 하나 이상의 실시형태에 따른 이온 에너지 분배를 제어하기 위해 드라이버에 의해 제공된 비-사인 신호의 개략적 표현을 도시한다.

도 9b 는 본 발명의 하나 이상의 실시형태에 따른 배치에 기초하여 계산된 이온 에너지 분배의 개략적 표현을 도시한다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0008] 이하, 본 발명은 첨부된 도면에 예시된 바와 같은 몇 가지 실시형태를 참조하여 상세히 기술될 것이다. 다 음의 설명에서, 다양한 구체적 세부 내용이 본 발명의 완전한 이해를 제공하기 위해 제시된다. 그러나, 본 발명이 이러한 구체적 세부 내용의 일부 또는 전부 없이 실행될 수도 있다는 것은 당업자에게는 자명할 것이다. 다른 실례에서, 널리 공지된 프로세스 단계 및/또는 구조는, 본 발명을 불필요하게 모호하게 하지 않기 위해 상세히 기술되지 않았다.
- [0009] 본 발명의 하나 이상의 실시형태는 적어도 기판을 플라즈마로 프로세싱하는 동안에 이온 에너지 분배를 제어하 는 것이 가능한 플라즈마 프로세싱 시스템에 관한 것이다. 다이오드 구성 또는 트라이오드 구성일 수도 있 는 플라즈마 프로세싱 시스템은, 기판과 물리적 접촉하고 있지 않고/않거나 기판을 베어링하기 위한 것이 아닌 적어도 하나의 비-기판 베어링 (non-substrate bearing; NSB) 전극을 포함한다.
- [0010] 일 실시형태에서, 플라즈마 프로세싱 시스템은 NSB 전극과 커플링된 이온 에너지 분배 제어 신호 소스를 포함할 수도 있다. 이온 에너지 분배 제어 신호 소스는 기판이 플라즈마 프로세싱 시스템에서 프로세싱될 때 기판 에서의 이온 에너지 분배를 제어하기 위해 NSB 전극에 비-사인 무선 주파수 (RF) 신호/전력을 제공할 수도 있다.
- [0011] 일 예로서, NSB 전극은 기판 베어링에 대향하여 배치된 상부 전극, 기판을 지지하는 하부 전극을 나타낼 수도 있다. 대안으로 또는 추가로, NSB 전극은 예를 들어, 플라즈마를 둘러싸는 원통형 전극 (예를 들어, 링 형 상의 전극) 을 나타낼 수도 있다.
- [0012] 프로세싱 플라즈마를 지속 및 발생시키기 위하여, 플라즈마를 발생 및 지속시키기 위한 고주파수 사인 신호/전 력이 본 발명의 다양한 실시형태에 따라 상부 전극, 링 전극, 및/또는 하부 전극에 제공될 수도 있다.
- [0013] NSB 전극에 전달된 비-사인 신호/전력에 의해, 플라즈마 프로세싱 시스템은 이온 에너지 분배 제어 신호/전력을 전달하기 위한 단순화된 전기적 경로를 가질 수도 있어서, 종래 기술에 비해 적어도 몇 가지 이점을 가질 수도 있다.
- [0014] 예를 들어, 기판 베어링 전극과 비교하면, NSB 전극은 통상적으로 최소의 절연 및 클램핑 요건을 갖거나 또는 절연 및 클램핑 요건을 갖지 않아서, 본 발명의 실시형태는 비-사인 전력공급형 전극에 대한 설계 제약이 거의 없을 수도 있다.
- [0015] 또한, NSB 전극의 사이즈를 기판의 사이즈에 매칭시킬 필요가 없기 때문에, NSB 전극의 사이즈를 감소시킬 수도 있다. 본 발명자들은 일부 경우에, (이온이 고에너지로 기판에 도달하는 퍼센티지에 관한) 임의의 주어진 RF 사인 신호 듀티 사이클에서의 프로세스 윈도우와 챔버에서의 총 전극 면적에 대한 NSB 전극의 면적 비 사이 에 가능한 트레이드오프가 존재하는 것으로 여겨진다는 것을 안다. 더 높은 듀티 사이클은 일부 경우에, 기 판에서의 고전압 시스 디벨롭 (sheath develop) 을 보장하기 위하여 더 큰 면적비를 필요로 하는 것으로 여겨진 다. 반대로, 더 낮은 듀티 사이클은, 기판에서의 고전압 시스를 유지하면서 더 낮은 면적비를 이용하는 능 력이 발생할 수도 있다. 높은 듀티 사이클의 플라즈마 발생 RF 신호에 대하여 면적비가 너무 작으면, 비-사 인 전압이 기판 시스에 걸쳐 강하하지 않으며, 이러한 고에너지 이온이 생성되지 않는다.
- [0016] 그럼에도 불구하고, 본 발명의 실시형태는 종래 기술과 연관된 기생 용량 문제를 최소화 또는 제거하는 것이 가 능할 수도 있다. NSB 전극은 기판 베어링 전극보다 설계 제약이 거의 없어서, 접지에 대한 더 작은 부유 용 량으로 설계될 수 있다. 이것은 결국 RF 전류를 더 적게 인출하고 스텝 전압 변화에 대한 더 빠른 응답을 갖는다. 유리하게는, 이온 에너지 분배를 제어함에 있어서의 정확도가 개선될 수도 있고, 이온 에너지 분배 를 제어하는 것과 연관된 RF 컴포넌트의 비용을 최소화시킬 수도 있다.
- [0017] 하나 이상의 실시형태에서, 이온 에너지 분배를 제어하기 위한 비-사인 신호가 NSB 전극에 제공될 때, 비-사인 소스와 NSB 전극 사이에 외부의 별도 DC 블로킹 커패시터를 사용할 필요없이 이러한 비-사인 신호를 NSB 전극에 제공하는 것이 가능하다. 비-사인 소스와 NSB 전극 사이에 DC-블로킹 커패시터가 개재되지 않은 이러한 경 우, 이를테면 접지 전극에 석영 재료 (또는 유사하게 적합한 재료) 의 층을 사용함으로써 다른 전극면을 DC 접 지로부터 절연시키는 것이 바람직하다.
- [0018] 다른 실시형태에서, 이온 에너지 분배를 제어하기 위한 비-사인 신호가 NSB 전극에 제공될 때, 비-사인 소스와 NSB 전극 사이의 외부의 별도 DC 블로킹 커패시터를 통해 이러한 비-사인 신호를 NSB 전극에 제공하는 것이 가 능하다. 비-사인 신호 소스와 NSB 전극 사이에 DC-블로킹 커패시터가 이용되는 이러한 경우, 이를테면 접지 전극에 석영 재료 (또는 유사하게 적합한 재료) 의 층을 사용함으로써 다른 전극면을 DC 접지로부터 절연시킬

필요가 없다.

- [0019] 다른 실시형태에서, 이온 에너지 분배를 제어하기 위한 비-사인 신호가 기관 베어링 전극에 제공될 수도 있다. 이 경우, 플라스마 발생에 이용된 사인 신호가 동일한 기관 베어링 전극에 제공될 수도 있고 또는 그 기관 베어링 전극 이외의 전극에 제공될 수도 있다. 이 실시형태에서, 이를테면 유전체 커버링 (예를 들어, 석영 층 또는 유사하게 적합한 재료) 의 사용을 통해 다른 전극면이 DC 접지와 절연되거나 또는 기관 베어링 전극이 고유 직렬 용량, 예를 들어, 일부 기관 베어링 척 내부에 세라믹층을 가진 경우와 같은 내부 유전체 층을 갖는 한, (이온 에너지 분배 제어에 이용되는) 비-사인 신호 소스와 기관 베어링 전극 사이에 외부의 별도 DC-블로킹 커패시터가 이용되는 요건을 제거하는 것이 또한 가능하다.
- [0020] 하나 이상의 실시형태에서, 본 발명은 기관에서의 이온 에너지 분배를 제어하기 위한 플라스마 프로세싱 시스템에서 구현되는 방법에 관한 것일 수도 있다.
- [0021] 본 발명의 특징 및 이점은 다음의 설명 및 도면을 참조하여 더 잘 이해될 수도 있다.
- [0022] 도 1 은 본 발명의 하나 이상의 실시형태에 따른 기관 (108) 의 플라스마 (120) 에 의한 프로세싱 동안에 이온 에너지 분배를 제어하는 것이 가능한 플라스마 프로세싱 시스템 (100) 의 컴포넌트의 개략적 표현을 도시한다. 플라스마 프로세싱 시스템 (100) 은 기관 베어링 전극 (106), 비-기관 베어링 (NSB) 전극 (104), 플라스마 발생 신호 소스 (112), 및 이온 에너지 분배 제어 신호 소스 (102) 를 포함할 수도 있다.
- [0023] 기관 베어링 전극 (106) (예를 들어, 하부 전극) 은 기관 (108) 을 지지할 수도 있다. 기관 베어링 전극 (106) 은 정전력을 이용하여 기관 (108) 을 클램핑할 수도 있고 (또는 끌어당길 수도 있고) 기관 (108) 과 물리적 접촉할 수도 있다.
- [0024] NSB 전극 (104) (예를 들어, 상부 전극) 은 기관 베어링 전극 (106) 에 대향하여 배치될 수도 있고 기관 (108) 의 표면 (158) 에 대면하는 표면 (154) 을 포함할 수도 있다. 그러나, NSB 전극은 일반적으로 비-기관 베어링인 임의의 전극을 나타낼 수도 있다.
- [0025] 하나 이상의 실시형태에서, 표면 (154) 의 면적은 실질적으로 표면 (158) 의 면적보다 작을 수도 있고, 실질적으로 접지 평면 (116 및 114) 보다 작을 수도 있다. 상술한 면적비/듀티 사이클의 트레이드오프를 가정하면, NSB 전극 (104) 의 작은 사이즈는 일부 경우에서 기생 용량 및 직렬 용량 문제를 감소시키는 것을 가능하게 할 수도 있고, 일부 경우에는 이온 에너지 분배를 제어함에 있어서 효율성을 개선시키는 것을 가능하게 할 수도 있다.
- [0026] 일 실시형태에서, 플라스마 발생 신호 소스 (112) 는 기관 베어링 전극 (106) 과 커플링될 수도 있다. 플라스마 발생 신호 소스 (112) 는 플라스마 (120) 를 확립하고 플라스마 (120) 의 밀도를 지속시키기 위해 플라스마 발생 신호 (예를 들어, 고주파수 사인 신호) 를 제공할 수도 있다. 플라스마 발생 신호가 기관 베어링 전극 (106) 및 기관 (108) 에 공급될 수도 있다. 하나 이상의 실시형태에서, 플라스마 발생 신호 소스 (112) 는 NSB 전극 (104) 과 커플링될 수도 있고 플라스마 발생 신호를 NSB 전극 (104) 에 제공할 수도 있다.
- [0027] 이온 에너지 분배 제어 신호 소스 (102) 는 기관 (108) 에서의 이온 에너지 분배를 제어하기 위해 이온 에너지 분배 제어 신호 (예를 들어, 비-사인 RF 신호) 를 제공할 수도 있다. 이온 에너지 분배 제어 신호 소스 (102) 는 DC-블로킹 커패시터 (110) 를 통해 NSB 전극 (104) 과 커플링될 수도 있다. 유리한 실시형태에서, 다른 전극면이 DC 접지로부터 보호되는 경우, 이를테면 최근의 많은 플라스마 챔버 설계에서 행해지는 바와 같이 접지 전극이 석영층 (또는 유사하게 적합한 재료) 으로 코팅될 때, DC 블로킹 커패시터 (110) 가 제거될 수도 있다. 이온 에너지 분배 제어 신호 소스 (102) 와 NSB 전극 (104) 사이에 외부의 DC-블로킹 커패시터가 사용되는 경우, 다른 전극면은 DC 접지로부터 보호될 필요가 없다.
- [0028] 다른 실시형태에서, 이온 에너지 분배 제어 신호 소스 (102) 는 기관 베어링 전극 (106) 에 커플링될 수도 있고, 외부의 별도 DC-블로킹 커패시터를 개재하여 사용할 필요없이 이온 에너지 분배를 제어할 목적으로 비-사인 신호를 제공할 수도 있다. 이 구성에서, 이를테면 최근의 많은 플라스마 챔버 설계에서 행해지는 바와 같이 다른 전극면이 석영층 (또는 유사하게 적합한 재료) 으로 코팅될 때 그 다른 전극면이 DC 접지로부터 보호되거나, 또는 기관 전극이 고유 내부 직렬 용량, 예를 들어, 일부 기관 베어링 척 내부에 세라믹층을 갖는 경우와 같은 내부 유전체 층을 갖거나 어느 쪽이든 바람직하다.
- [0029] 이온 에너지 분배 제어 신호의 특징 및 이점을 도 6a 내지 도 7b 의 예를 참조하여 후술한다.
- [0030] 도 2 는 본 발명의 하나 이상의 실시형태에 따른 기관 (208) 의 플라스마 (220) 에 의한 프로세싱 동안에 이온

에너지 분배를 제어하는 것이 가능한 플라즈마 프로세싱 시스템 (200) 의 컴포넌트의 개략적 표현을 도시한다.

플라즈마 프로세싱 시스템 (200) 은 기관 베어링 전극 (206), NSB 전극 (204), 플라즈마 발생 신호 소스 (212), 및 (DC-블로킹 커패시터 (210) 및 NSB 전극 (204) 를 통해 비-사인 신호를 제공할 수도 있는) 이온 에너지 분배 제어 신호 소스 (202) 를 포함할 수도 있다. 플라즈마 프로세싱 시스템 (200) 의 컴포넌트 및 배치는 도 1 의 예에서의 플라즈마 프로세싱 시스템 (100) 의 컴포넌트 및 배치와 유사할 수도 있다. 또한, 기관 베어링 전극 (206) 및 NSB 전극 (204) 이 실질적으로 동일한 사이즈 및/또는 동일한 표면 면적을 가질 수도 있고, 연관된 접지 평면 (214 및 216) 이 실질적으로 동일한 사이즈 및/또는 동일한 표면 면적을 가질 수도 있도록, 플라즈마 프로세싱 시스템 (200) 이 대칭적 구성을 포함할 수도 있다.

[0031] DC-블로킹 커패시터 (210) 는 하나 이상의 실시형태에서 도 1 의 예에서의 DC-블로킹 커패시터의 제거와 관련하여 설명된 것과 유사한 고려 사항 하에서 제거될 수도 있다.

[0032] 도 3 은 본 발명의 하나 이상의 실시형태에 따른 기관 (308) 의 플라즈마 (320) 에 의한 프로세싱 동안에 이온 에너지 분배를 제어하는 것이 가능한 플라즈마 프로세싱 시스템 (300) 의 컴포넌트의 개략적 표현을 도시한다.

플라즈마 프로세싱 시스템 (300) 은 기관 (308) 을 지지하기 위한 기관 베어링 전극 (306), 플라즈마 (320) 를 둘러쌀 수도 있는 원통형 (예를 들어, 링 형상의) NSB 전극 (304), NSB 전극 (316), 플라즈마 발생 신호 소스 (312), 및 이온 에너지 분배 제어 신호 소스 (302) 를 포함할 수도 있다.

[0033] 플라즈마 발생 신호 소스 (312) 는 기관 베어링 전극 (306) 과 커플링될 수도 있다. 플라즈마 발생 신호 소스 (312) 는 플라즈마 (320) 를 확립하기 위해 플라즈마 발생 신호를 기관 베어링 전극 (306) 및 기관 (308) 에 제공할 수도 있다. 대안으로 또는 추가로, 플라즈마 발생 신호 소스 (312) 는 플라즈마 발생 신호를 원통형 NSB 전극 (304) 및/또는 NSB 전극 (316) 에 제공할 수도 있다.

[0034] 이온 에너지 분배 제어 신호 소스 (302) 는 DC-블로킹 커패시터 (310) 를 통해 원통형 NSB 전극 (304) 과 커플링될 수도 있다. 이온 에너지 분배 제어 신호 소스 (302) 는 비-사인 신호를 DC-블로킹 커패시터 (310) 및 원통형 NSB 전극 (304) 을 통해 제공할 수도 있고, 여기서 NSB 전극 (316) 은 접지될 수도 있다. 플라즈마 (320) 를 둘러싸면, 원통형 NSB 전극 (304) 은 이온 에너지 분배를 제어함에 있어서 균질성 및/또는 효율성을 촉진할 수도 있다.

[0035] 대안으로 또는 추가로, 이온 에너지 분배 제어 신호 소스 (302) 는 비-사인 신호를 NSB 전극 (316) 에 제공할 수도 있다.

[0036] DC-블로킹 커패시터 (310) 는 하나 이상의 실시형태에서 도 1 의 예에서의 DC-블로킹 커패시터의 제거와 관련하여 설명된 것과 유사한 고려 사항 하에서 제거될 수도 있다.

[0037] 도 4 는 이온 에너지 분배를 제어하는 것이 가능한 종래 기술의 플라즈마 프로세싱 시스템을 나타낸 회로 모델 (500) 의 개략적 표현을 도시한다. 회로 모델 (500) 은 NSB 전극부 (530) 및 기관 베어링 전극부 (520) 를 포함할 수도 있다. 회로부 (530) 는 NSB 전극에서의 플라즈마 시스를 나타내는 전류 소스 (514), 커패시터 (516), 및 다이오드 (518) 를 포함할 수도 있다. 다이오드 (518) 는 플라즈마 시스의 정류 속성의 모델이 될 수도 있고, 이는 시스의 주기적 붕괴에서 기인한다. 커패시터 (516) 는 플라즈마와 전극면 사이의 시스를 통한 RF 커플링의 모델이 될 수도 있다. 전류 소스 (514) 는 플라즈마 시스를 통과하는 DC 이온 전류의 모델이 될 수도 있다. 기관 베어링 전극부 (520) 는, NSB 전극부 (530) 의 다이오드 (518), 커패시터 (516), 및 전류 소스 (514) 와 유사하게, 다이오드 (508), 커패시터 (506), 및 전류 소스 (504) 를 각각 포함할 수도 있다.

[0038] 회로 모델 (500) 에서, 이온 에너지 분배 제어 신호 소스 (526) 는 이온 에너지 분배 제어 신호를 DC-블로킹 커패시터 (528) 및 기관 베어링 전극부 (520) 를 통해 공급할 수도 있다.

[0039] 도 5 는 본 발명의 하나 이상의 실시형태에 따른 이온 에너지 분배를 제어하는 것이 가능한 플라즈마 프로세싱 시스템을 나타낸 회로 모델 (550) 의 개략적 표현을 도시한 것으로, 여기서 이온 에너지 분배 제어 신호 소스 (576) 는 (도 4 의 경우에서 행해진) 기관 베어링 전극 대신에 NSB 전극에 커플링된다. 회로 모델 (550) 은 NSB 전극부 (580) 및 기관 베어링 전극부 (570) 를 포함할 수도 있다. 회로부 (580) 는 NSB 전극에서의 플라즈마 시스를 나타내는 전류 소스 (564), 커패시터 (566), 및 다이오드 (568) 를 포함할 수도 있다. 다이오드 (568) 는 플라즈마 시스의 정류 속성의 모델이 될 수도 있고, 이는 시스의 주기적 붕괴에서 기인한다. 커패시터 (566) 는 플라즈마와 전극면 사이의 시스를 통한 RF 커플링의 모델이 될 수도 있다. 전류 소스 (564) 는 플라즈마 시스를 통과하는 DC 이온 전류의 모델이 될 수도 있다. 기관 베어링 전극부 (570) 는,

NSB 전극부 (580) 의 다이오드 (568), 커패시터 (566), 및 전류 소스 (564) 와 유사하게, 다이오드 (558), 커패시터 (556), 및 전류 소스 (554) 를 각각 포함할 수도 있다.

[0040] 회로 모델 (550) 에서, 이온 에너지 분배 제어 신호 소스 (576) 는 이온 에너지 분배 제어 신호를 NSB 전극부 (580) 에 공급할 수도 있다.

[0041] 도 6a 는 종래 기술에 따라 기관에서의 이온 에너지 분배를 제어하기 위해 기관에 인가된 비-사인 신호 (400) (이하 "신호 (400)") 의 개략적 표현을 도시한다. 비-사인 신호 (400) 는 시간이 지나면서 제공된 전압 신호일 수도 있고, 그 전압 신호는 기관 전극에서 좁은 범위의 고에너지 이온을 생성하는데 최적화된다. 도 6b 는 모델에 의해 예측된 기관에서의 결과적인 IEDF 를 도시하고 있으며, 저에너지 익스트림 및 고에너지 익스트림의 2 개의 압도적인 피크를 갖는다.

[0042] 통상적인 플라스마 프로세싱 (예를 들어, 유전체 에칭) 의 경우, 기관면에 도달하는 이온의 대부분 또는 전부가 포지티브로 대전된다. 따라서, 고에너지 이온을 포함하는 기관에서의 제어된 이온 에너지 분배를 제공하기 위해, 신호 (400) 는 이온을 인출하는 플라스마 전위에 비해 네거티브 전위로 기관 전극을 구동하기 위한 t_1 과 t_2 사이의 부분 (412) 과 같은 하나 이상의 네거티브 비-사인 전압부를 포함할 수도 있다. 상당한 길이의 시간이 지나서, 바람직하며 실질적으로 일정한 에너지로 이온을 끌어당기기 위해 기관 전극의 네거티브 전위는 (사인으로 되는 것 대신에) 실질적으로 일정하게 유지되어야 한다.

[0043] 그러나, 기관은 통상적으로, 내부 또는 외부의 직렬 용량으로 인해 DC 접지에 대하여 전기적으로 플로팅될 수도 있고, 입사 이온으로부터 축적된 전하를 방전하지 않을 수도 있다. 따라서, 이따금, 예를 들어, 주기적으로, 플라스마로부터 전자를 끌어당겨 기관 전극 상에 축적된 전하를 중성화하기 위해 신호 (400) 는 펄스 (402) 와 같은 포지티브 펄스를 포함할 필요가 있을 수도 있다. 예로서, (2.5 ms 의 주기 길이를 가진) 400 kHz 의 주파수에서 펄스가 주기적으로 인가될 수도 있다.

[0044] 네거티브 전압부 (예를 들어, 부분 (412)) 동안에 기관 전극 상에 포지티브 전하가 축적한 것으로 가정하면, NSB 전극에서의 인가 파형의 포지티브 전압부 동안에 기관 전극에서 더욱 더 포지티브 전위가 발달한다. 이것은 기관에서의 이온 에너지가 점진적으로 감소하는 것을 야기할 것이고, 본질적으로 기관에서 시간 평균화된 IEDF 로 고에너지 피크가 저하되어 넓어지는 것을 야기할 것이다. 이것은 도 6a 에 도시된 파형을 형성함으로써 해결될 수 있다.

[0045] 도 7a 는 드라이버에 의해 NSB 전극으로 인가된 비-사인 신호 (450) (이하 "신호 (450)") 의 개략적 표현을 도시한 것으로, 그 NSB 전극은 본 발명의 하나 이상의 실시형태에 따라 신호 (400) 와 유사한 신호를 기관에 인가하는 것을 야기한다. 일 예로서, 드라이버는 도 1 의 예에서 도시된 성형된 파형 발생기를 나타낼 수도 있다. 신호 (450) 는 신호 (400) 의 네거티브 전압부 (예를 들어, 부분 (412)) 에 대응하는 램프된 (ramped) 포지티브 전압부 (예를 들어, 램프된 부분 (462)) 를 포함할 수도 있다. 또한, 신호 (450) 는 신호 (400) 의 펄스 (예를 들어, 펄스 (402)) 에 대응하는 펄스 (예를 들어, 펄스 (452)) 를 포함할 수도 있다. 도시된 예에서, 신호 (450) 는 신호 (400) 의 반전일 뿐이며, RF 전력 인가의 위치의 변화로 인해 인가 전압의 극성의 변화가 요구된다.

[0046] 기관 전극의 점진적 대전을 해결하기 위하여, 신호 (450) 에서는, 신호 (400) 에서의 실질적으로 일정한 부분 (412) 을 형성하기 위해 기관 전극에서의 포지티브 이온의 증가를 상쇄시키기 위하여 주기적 펄스 간의 포지티브 부분, 예를 들어, 부분 (452) 각각의 크기가 시간이 지나면서 증가하도록 구성될 수도 있다. 따라서, 실질적으로 일정한 에너지로 이온이 기관에 유효하게 효과적으로 끌어당겨질 수도 있다.

[0047] 회로 (500 또는 550) 중 어느 하나에서 인가 전압 파형이 NSB 전극에서가 아닌 기관 전극에 걸쳐 주로 강하하는 것을 보장하기 위하여, (신호 (450) 에서의 펄스 (452) 의 폭 (456) 에 대응하는) 펄스 (402) 의 최적의 폭 (406) 은 총 전극 면적에 대한 NSB 전극의 사이즈에 의존할 수도 있다.

[0048] 도 6b 는 도 4 의 예에 예시된 회로 모델 (500) 에서의 배치와 같은 기관 베어링 전극에 공급된 비-사인 신호를 갖는 제 1 종래 기술의 배치에 기초하여 계산된 이온 에너지 분배 (710) 의 개략적 표현을 도시한다. 이온 에너지 분배 (710) 는 저 이온 에너지 피크 (712) 및 고 이온 에너지 피크 (714) 를 포함할 수도 있다.

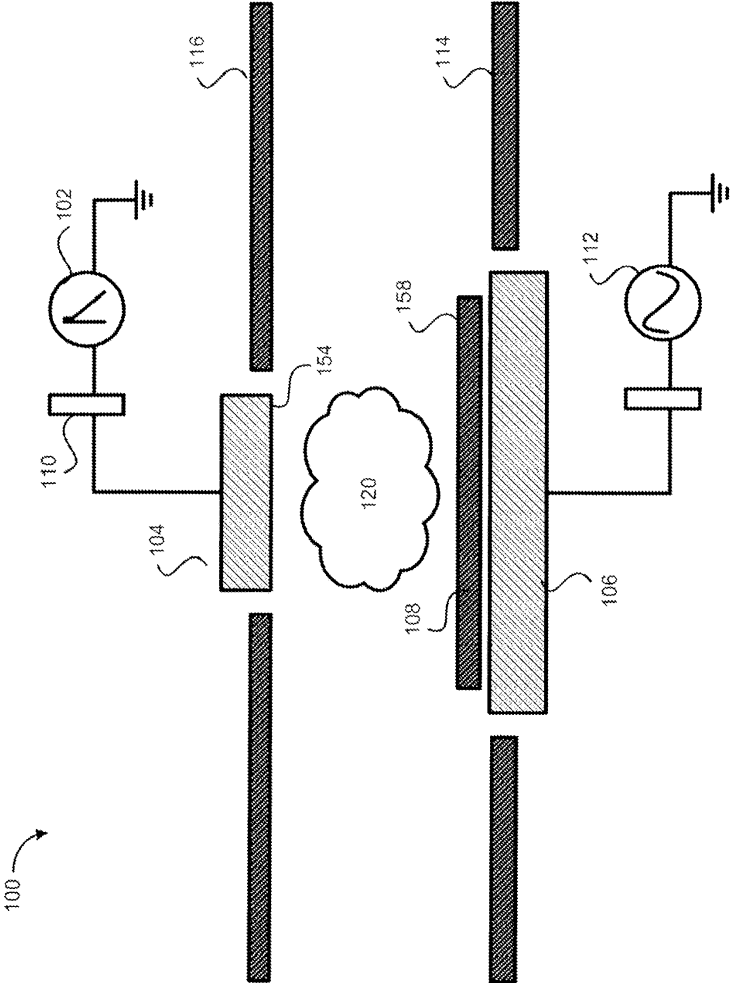
[0049] 도 7b 는 일 실시형태에 따른, 도 5 의 예에 예시된 회로 모델 (550) 에서의 배치와 같은 배치에 기초한 이온 에너지 분배 (730) 의 개략적 표현을 도시한 것으로, 본 발명의 하나 이상의 실시형태에 따라 비-사인 신호가 NSB (비-기관 베어링) 전극에 공급된다. 저 이온 에너지 피크 (732) 및 고 이온 에너지 피크 (734) 를 갖는 이온 에너지 분배 (730) 는 이온 에너지 분배 (710) 와 실질적으로 동등할 수도 있고 또한 특정 애플리케이션에

적합할 수도 있다.

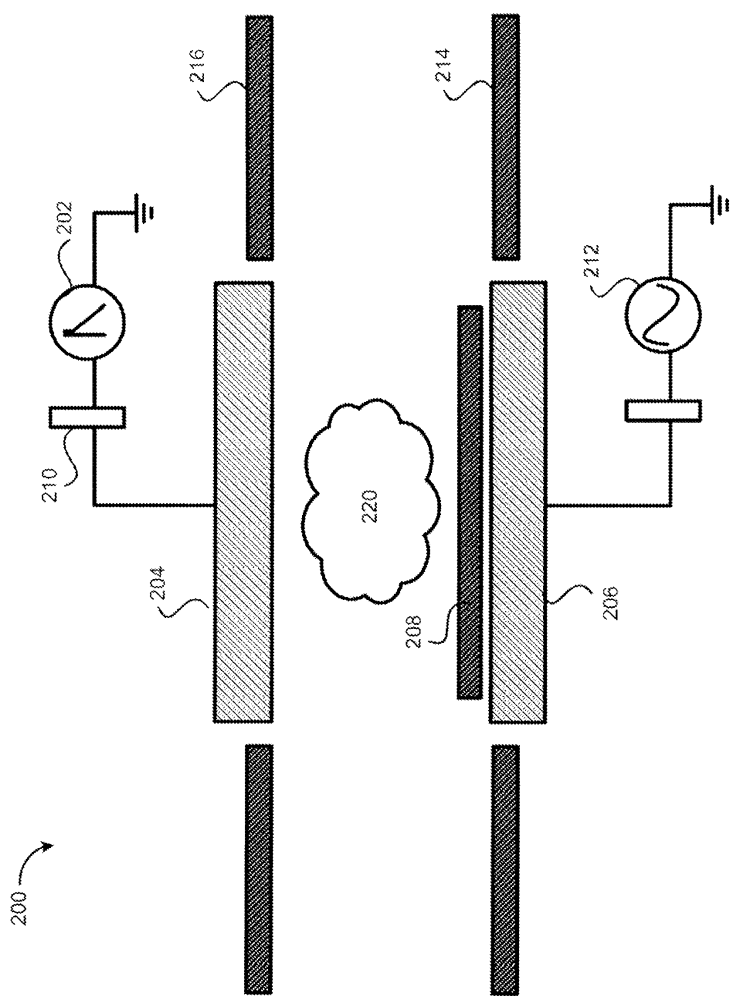
- [0050] NSB 전극부 (580) 에 반전 및 인가되는 이온 에너지 분배 (710) 를 발생시키기 위해 이용된 RF 파형을 갖는 도 5 의 예에 예시된 회로 모델 (550) 을 이용하는 것으로부터 이온 에너지 분배 (730) 가 획득될 수도 있다. 이온 에너지 분배 (730) 는 이온 에너지 분배 (710) 가 발생하는 임의의 제어 애플리케이션에 적합할 수도 있다.
- [0051] 도 1 내지 도 7b 중 하나 이상을 참조하여 설명한 바와 같이, NSB 전극부 (580) 를 통해 이온 에너지 분배 제어 신호를 공급하는 배치는 이를테면 제어 효율성, 에너지 효율성이 개선되고 비용 효율이 높다는 상당한 이점을 제공할 수도 있다.
- [0052] 도 8 은 본 발명의 일 실시형태에 따른 이온 에너지 분배를 제어하는 것이 가능한 플라즈마 프로세싱 시스템을 나타낸 회로 모델 (800) 의 개략적 표현을 도시한 것으로, 여기서 이온 에너지 분배 제어 신호 소스 (804) 는 블로킹 커패시터 (802) 를 통해 NSB 전극에 커플링된다. 블로킹 커패시터 (802) 외에는, 도 8 의 나머지 회로는 도 5 의 회로와 유사하여 여기서는 상세히 설명하지 않을 것이다.
- [0053] 도 8 의 이온 에너지 분배 제어 신호 소스 (804) 가 도 5 에 이용된 이온 에너지 분배 제어 신호 (도 7a 참조) 와 유사한 이온 에너지 분배 제어 신호 (도 9a 참조) 를 DC 블로킹 커패시터 (802) 를 통해 NSB 전극에 공급될 때, 도 9b 에 도시된 이온 에너지 분배는 도 5 의 회로와 연관된 도 7b 에서 획득된 것과 실질적으로 유사하다. 엄격히 말하면, 도 9a 의 이온 에너지 분배 제어 신호는 도 8 의 회로에 대하여 최적화되었다. 그럼에도 불구하고, 그 결과는 이온 에너지 분배 제어 신호 소스와 NSB 전극 사이에 (블로킹 커패시터 (802) 와 같은) 외부의 DC 블로킹 커패시터를 부가한 것이 (도 9b 와 도 7b 를 비교하여) 이온 에너지 분배가 상당히 달라지지 않는다는 것을 보여준다.
- [0054] 상술한 것으로부터 인식할 수 있는 바와 같이, NSB 전극에 전달되는 이온 에너지 분배 제어 신호/전력 (예를 들어, 비-사인 전력) 에 의해, 본 발명의 실시형태는 종래 기술에 비해 상당한 이점을 가질 수도 있다.
- [0055] 예를 들어, NSB 전극은 최소의 절연 및 클램핑 요건을 갖거나 또는 절연 및 클램핑 요건을 갖지 않을 수도 있기 때문에, 본 발명의 실시형태는 비-사인 전력공급형 전극에 대한 설계 제약이 거의 없다.
- [0056] NSB 가 기관 베어링 전극보다 설계 제약이 적기 때문에, 본 발명의 실시형태는 종래 기술과 연관된 기생 용량 문제를 최소화하거나 제거하는 것이 가능할 수도 있다. 앞서 설명한 면적비와 듀티 사이클 사이의 가능한 트레이드오프를 가정하면, NSB 전극의 사이즈를 기관의 사이즈와 매칭시킬 필요가 없기 때문에, NSB 전극의 사이즈가 감소될 수도 있다. 그 결과, 부유 용량이 더 감소될 수도 있다. 더 작은 부유 용량은 펄스 스텝에 대한 더 빠른 응답 및 요구되는 RF 전류의 감소에 대응한다. 유리하게는, 이온 에너지 분배를 제어함에 있어서의 정밀도가 개선될 수도 있고, 이온 에너지 분배를 제어하는 것과 연관된 RF 컴포넌트의 비용을 최소화시킬 수도 있다.
- [0057] 본 발명은 수개의 실시형태의 측면에서 설명되었지만, 본 발명의 범위 내에 있는 변경예, 치환예, 및 등가예가 존재한다. 또한, 본 발명의 장치 및 방법을 구현하는 많은 다른 방식이 존재한다는 것에 유의해야 한다. 또한, 본 발명의 실시형태는 다른 애플리케이션에서의 유용성을 발견할 수도 있다. 요약서 섹션은 편의를 위해 본 명세서에 제공될 수도 있고, 단어수 제한으로 인해, 그에 따라 판독 편의를 위해 기입될 수도 있으며, 청구항의 범위를 한정하기 위해 이용되지 않아야 한다. 따라서, 다음의 첨부된 청구항은 본 발명의 범위 및 진정한 사상 내에 있는 이러한 모든 변경예, 치환예, 및 균등예를 포함하는 것으로 해석되는 것으로 의도될 수도 있다.

도면

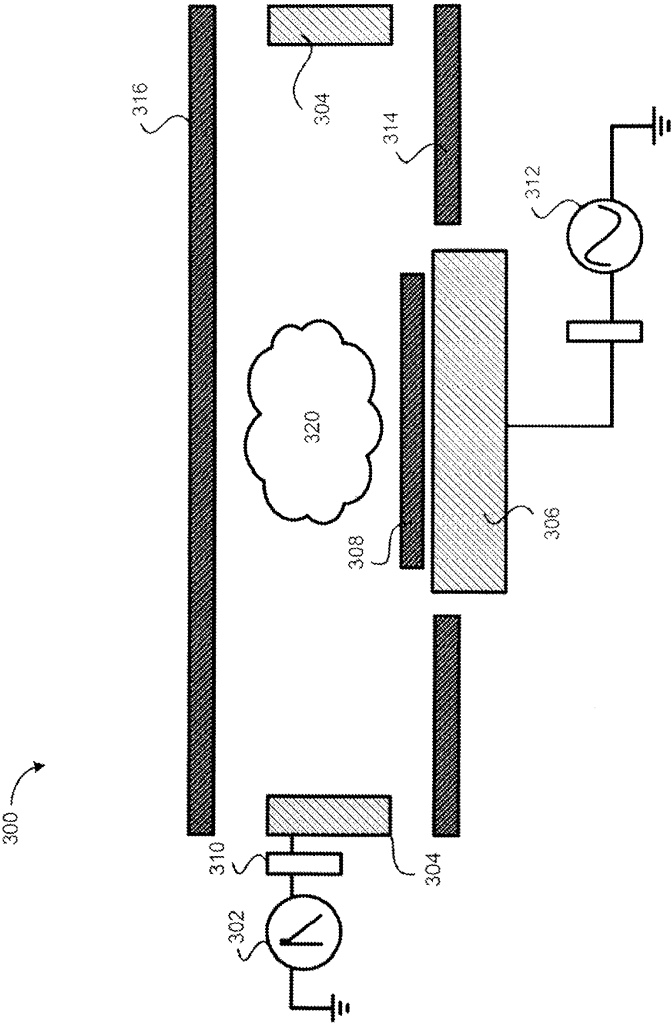
도면1



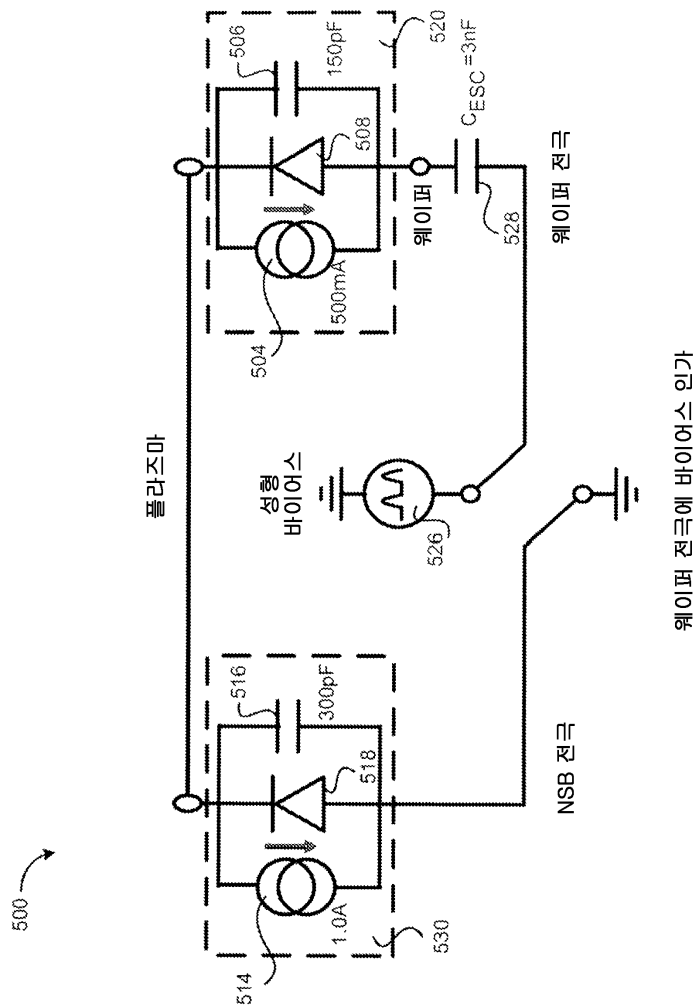
도면2



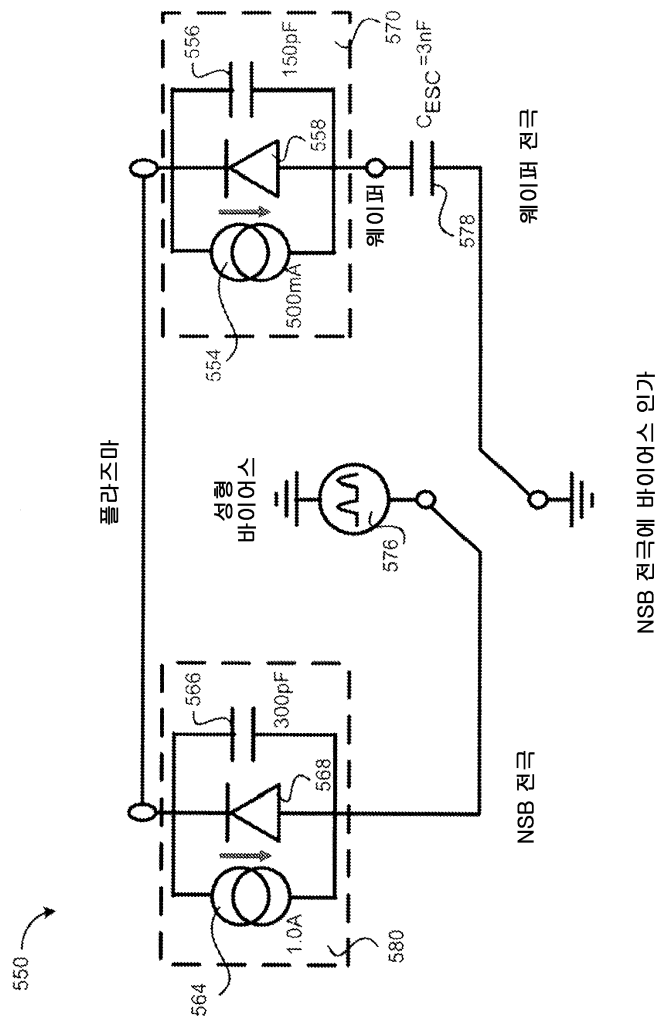
도면3



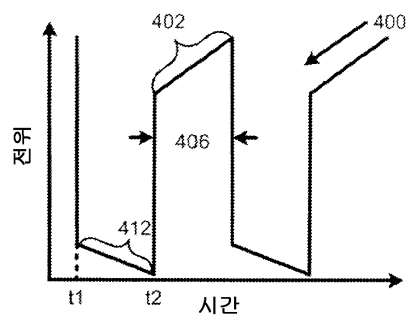
도면4



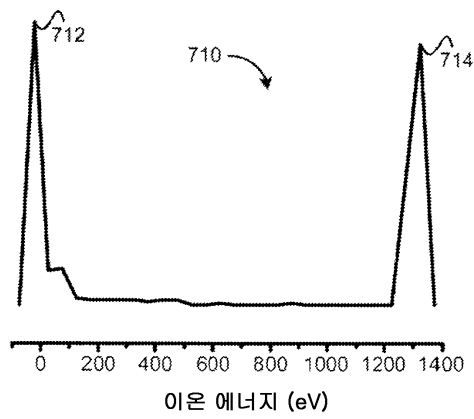
도면5



도면6a

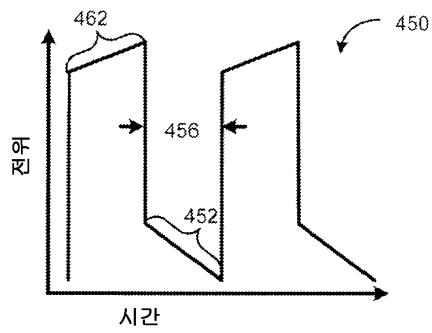


도면6b

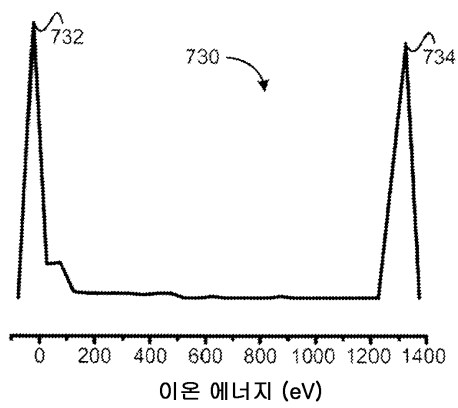


웨이퍼 전극에 바이어스 인가

도면7a

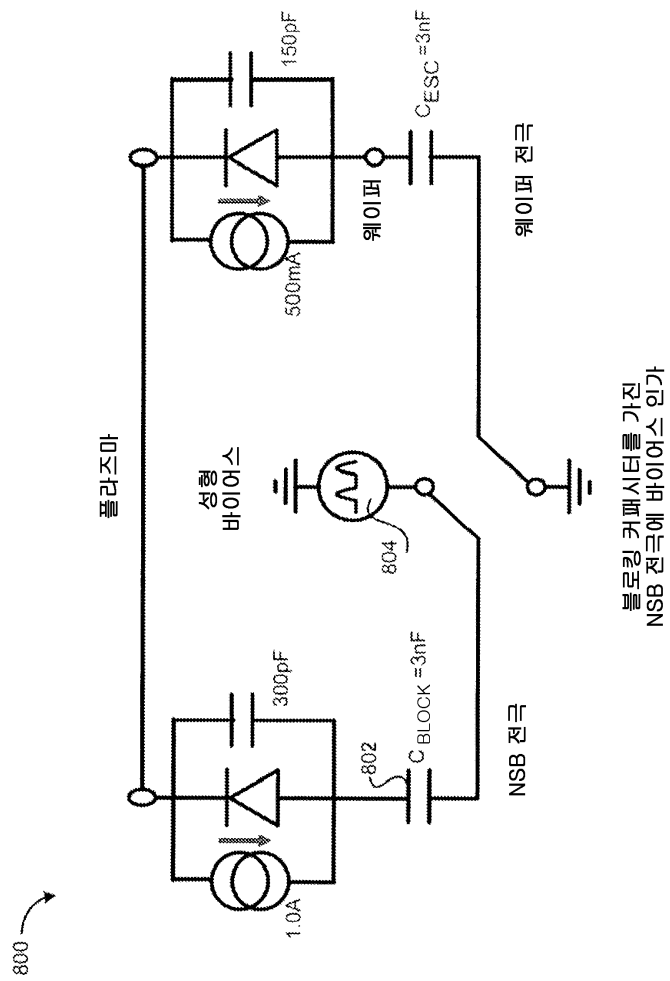


도면7b

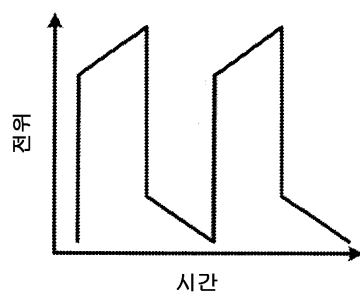


NSB 전극에 바이어스 인가

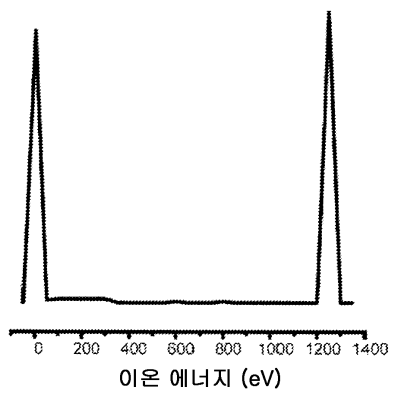
도면8



도면9a



도면9b



블로킹 커패시터를 가진
NSB 전극에 바이어스 인가