



(19) 대한민국특허청(KR)  
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2016년11월29일  
(11) 등록번호 10-1677226  
(24) 등록일자 2016년11월11일

- (51) 국제특허분류(Int. Cl.)  
H01J 37/317 (2006.01) C23C 14/48 (2006.01)  
C23C 14/54 (2006.01) G21K 5/00 (2006.01)  
H01J 37/304 (2006.01)
- (52) CPC특허분류  
H01J 37/3171 (2013.01)  
C23C 14/48 (2013.01)
- (21) 출원번호 10-2015-7034316  
(22) 출원일자(국제) 2014년05월02일  
심사청구일자 2016년04월22일  
(85) 번역문제출일자 2015년12월01일  
(65) 공개번호 10-2016-0003258  
(43) 공개일자 2016년01월08일  
(86) 국제출원번호 PCT/US2014/036549  
(87) 국제공개번호 WO 2014/179672  
국제공개일자 2014년11월06일
- (30) 우선권주장  
61/819,080 2013년05월03일 미국(US)  
14/037,207 2013년09월25일 미국(US)
- (56) 선행기술조사문헌  
US20080073584 A1\*  
US20110042578 A1  
\*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

- (73) 특허권자  
베리안 세미콘덕터 이큅먼트 어소시에이츠, 인크.  
미국 01930 매사추세츠주 글로스터 도리 로드 35
- (72) 발명자  
토도로브, 스타니슬라브 에스.  
미국 01983 매사추세츠 탑스필드, 하이 스트리트 233  
감멜, 조지 엠.  
미국 01945 매사추세츠 마블헤드 레오 로드 21  
(뒷면에 계속)
- (74) 대리인  
특허법인에이아이피

전체 청구항 수 : 총 13 항

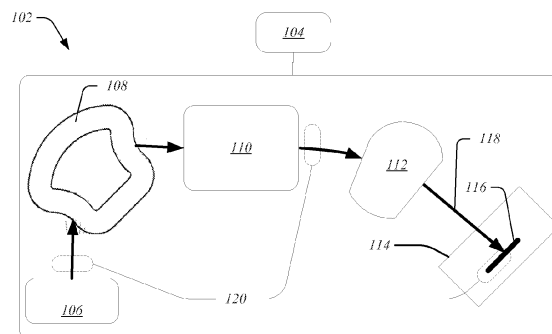
심사관 : 임은정

(54) 발명의 명칭 이온 주입 균일성을 제어하기 위한 장치 및 기술들

(57) 요약

이온 주입기내 이온 빔을 제어하는 시스템은 제 1 주파수에서의 이온빔의 복수개의 빔 전류 측정들을 감지하는 검출기 시스템, 복수개의 빔 전류 측정들에 기초하여 이온 빔의 변화를 결정하는 분석 컴포넌트를 포함하고, 변화는 제 1 주파수와 다른 제 2 주파수에서의 이온 빔의 빔 전류 변화에 해당한다. 시스템은 또한 변화를 줄이기 위해서 분석 컴포넌트의 출력에 응답하여 이온 빔을 조정하는 조정 컴포넌트를 포함하되, 분석 컴포넌트 및 조정 컴포넌트는 이온 빔이 이온 주입기내에서 생성되는 동안 이온 빔의 변화를 임계값 아래로 동적으로 줄이도록 구성된다.

대표도 - 도1a



(52) CPC특허분류

**C23C 14/54** (2013.01)

**G21K 5/00** (2013.01)

**H01J 37/304** (2013.01)

**H01J 2237/24535** (2013.01)

**H01J 2237/24542** (2013.01)

**H01J 2237/31703** (2013.01)

(72) 발명자

**스프렌클리, 리차드 알렌**

미국 01982 매사추세츠 사우스 해밀톤 그린브룩 로드 65

**후스sey 노르만 이.**

01949 매사추세츠 미들턴 포리스트 스트리트 192

**신클레이어, 프랭크**

미국 02170 매사추세츠 퀸시 로얄 스트리트 14

**장, 성우**

미국 01982 매사추세츠 사우스 해밀톤 브리지 스트리트 110

**울슨, 죠셉 씨.**

미국 01915 매사추세츠 비버리 미팅 플레이스 씨클 5

**덤버레이크 데이비드 로저**

02421 매사추세츠 렉싱턴 아웃룩 드라이브 46

**덱커-루케, 커트 티.**

미국 01982 매사추세츠 해밀톤 그레고리 아일랜드 로드 21이

## 명세서

### 청구범위

#### 청구항 1

이온 주입기내 이온 빔을 제어하는 시스템에 있어서,

제 1 주파수에서 복수개의 상기 이온 빔의 빔 전류 측정들을 감지하는 검출기 시스템;

상기 복수개의 빔 전류 측정들에 기초하여 상기 이온 빔의 변화를 결정하는 분석 컴포넌트로서, 상기 변화는 상기 제 1 주파수와 다른 제 2 주파수에서 상기 이온 빔의 빔 전류 변화에 해당하는, 상기 분석 컴포넌트; 및

상기 변화를 줄이기 위해서 상기 분석 컴포넌트의 출력에 응답하여 상기 이온 빔을 조정하는 조정 컴포넌트를 포함하되, 상기 분석 컴포넌트 및 상기 조정 컴포넌트는 상기 이온 빔이 상기 이온 주입기내에서 생성되는 동안 상기 이온 빔의 상기 변화를 임계값 아래로 동적으로 줄이도록 구성되되,

상기 검출기 시스템은

상기 이온 주입기내 제 1 위치에 배치되고 상기 복수개의 빔 전류 측정들을 수행하기 위해 빔 전류를 감지하도록 구성된 전류 검출기; 및

상기 전류 검출기의 업스트림에 배치된 블로킹 컴포넌트(blocking component)를 포함하되, 상기 블로킹 컴포넌트는:

상기 이온 빔의 사이즈 및 상기 이온 빔의 빔 위치가 개별 빔 사이즈 한계치 및 빔 위치 한계치내에 있을 때 상기 이온 빔의 전부를 투과시키고, 및

상기 이온 빔의 사이즈가 상기 빔 사이즈 한계치를 초과하거나 또는 상기 이온 빔의 빔 위치가 상기 빔 위치 한계치를 초과할 때 상기 이온 빔의 일부를 인터셉트(intercept)하도록 구성되는, 시스템.

#### 청구항 2

청구항 1에 있어서, 상기 분석 컴포넌트는

상기 복수개의 빔 전류 측정들의 이산 푸리에 변환(discrete Fourier transform)에 기초하여 주파수 도메인 파워 스펙트럼을 생성하고; 및

상기 주파수 도메인 파워 스펙트럼내 식별된 주파수 도메인 피크(frequency domain peak)에 기초하여 상기 이온 빔의 상기 변화를 결정하도록 구성되는, 시스템.

#### 청구항 3

청구항 2에 있어서, 상기 분석 컴포넌트는

상기 주파수 도메인 피크의 FOM(figure of merit)를 산출하고, 상기 FOM는 상기 주파수 도메인 파워 스펙트럼내 전체 파워에 대한 상기 주파수 도메인 피크내에 수용된 파워의 비율과 같고;

상기 주파수 도메인 피크의 상기 FOM를 임계값과 비교하고; 및

상기 주파수 도메인 피크의 상기 FOM이 상기 임계값을 초과할 때 조정을 위해 상기 이온 주입기의 파라미터를 플래그(flag)하도록 구성되는, 시스템.

#### 청구항 4

삭제

#### 청구항 5

청구항 1에 있어서, 상기 이온 빔을 상기 블로킹 컴포넌트로 조종하도록 구성된 빔 조향 제어기를 더 포함하는, 시스템.

**청구항 6**

청구항 1에 있어서, 상기 제 1 주파수는 16 Hz 보다 더 큰, 시스템.

**청구항 7**

청구항 1에 있어서, 샘플링 지속(sampling run), 상기 이온 빔의 상기 변화의 결정, 및 빔 조정이 함께 빔 조정 루프(beam adjustment loop)를 구성하고, 상기 시스템은 상기 이온 빔의 변화가 임계값 보다 작을 때까지 상기 빔 조정 루프를 수행하도록 구성되는, 시스템.

**청구항 8**

청구항 7에 있어서, 상기 분석 컴포넌트는 미리 결정된 수의 빔 조정 루프들 후에도 상기 이온 빔의 변화가 임계값을 초과할 때 이온 주입 프로세스를 종료하도록 구성되는, 시스템.

**청구항 9**

이온 주입기에 있어서,

이온 빔을 생성하는 이온 소스;

제 1 주파수에서 복수개의 상기 이온 빔의 빔 전류 측정들을 감지하는 검출기 시스템; 및

제어기로 하여금:

상기 복수개의 빔 전류 측정들에 기초하여 상기 이온 빔의 변화를 결정하고, 상기 변화는 상기 제 1 주파수와 다른 제 2 주파수에서 상기 이온 빔의 빔 전류 변화에 해당하고; 및

상기 이온 빔의 변화가 임계값을 초과할 때 상기 이온 주입기내 파라미터의 조정을 수행하기 위한 신호를 생성하게 하는 명령들을 포함하는 적어도 하나의 컴퓨터-판독가능한 스토리지 매체를 포함하는 상기 제어기를 포함하되,

상기 적어도 하나의 컴퓨터-판독가능한 스토리지 매체는 상기 제어기로 하여금 상기 이온 빔을 상기 검출기 시스템의 블로킹 컴포넌트로 조종하게 하는 명령들을 포함하고,

상기 검출기 시스템의 전류 검출기의 업스트림에 배치된 상기 블로킹 컴포넌트는 :

빔 사이즈 및 빔 위치가 개별 빔 사이즈 한계치 및 빔 위치 한계치내에 있을 때 상기 이온 빔의 전부를 투과시키고, 및

상기 빔 사이즈가 상기 개별 빔 사이즈 한계치를 초과하거나 또는 상기 빔 위치가 상기 빔 위치 한계치를 초과할 때 상기 이온 빔의 일부를 인터셉트하도록 구성되는, 이온 주입기.

**청구항 10**

청구항 9에 있어서, 상기 적어도 하나의 컴퓨터-판독가능한 스토리지 매체는 상기 제어기로 하여금

상기 복수개의 빔 전류 측정들로부터의 빔 전류 세기의 이산 푸리에 변환(discrete Fourier transform)에 기초하여 주파수 도메인 파워 스펙트럼을 생성하고; 및

상기 주파수 도메인 파워 스펙트럼내 식별된 주파수 도메인 피크(frequency domain peak)에 기초하여 상기 이온 빔의 변화를 결정하게 하는 명령들을 포함하는, 이온 주입기.

**청구항 11**

청구항 10에 있어서, 상기 적어도 하나의 컴퓨터-판독가능한 스토리지 매체는 상기 제어기로 하여금

상기 주파수 도메인 피크의 파워에 기초하여 상기 주파수 도메인 피크의 FOM(figure of merit)를 산출하고;

상기 주파수 도메인 피크의 상기 FOM를 임계값과 비교하고;

상기 감지된 주파수 도메인 피크의 상기 FOM가 상기 임계값을 초과할 때 상기 조정을 수행하기 위해 빔 조정 컴포넌트에 지시하는 명령들을 포함하는, 이온 주입기.

## 청구항 12

삭제

## 청구항 13

청구항 10에 있어서, 상기 제 1 주파수는 16 Hz 보다 더 큰, 이온 주입기.

## 청구항 14

청구항 10에 있어서, 샘플링 지속(sampling run)을 수행하는 단계 및 상기 파라미터의 조정을 수행하는 단계는 빔 조정 루프(loop)를 포함하고, 상기 적어도 하나의 컴퓨터-판독가능한 스토리지 매체는 상기 제어기로 하여금 상기 이온 빔의 변화가 임계값보다 작을 때까지 추가의 빔 조정 루프들을 지시하게 하는 명령들을 포함하는, 이온 주입기.

## 청구항 15

청구항 9에 있어서, 상기 적어도 하나의 컴퓨터-판독가능한 스토리지 매체는 상기 제어기로 하여금 미리 결정된 수의 빔 조정 루프들 후에도 상기 이온 빔의 변화가 임계값을 초과할 때 이온 주입 프로세스를 종료시키는 신호를 발송하게 하는 명령들을 포함하는, 이온 주입기.

## 발명의 설명

### 기술 분야

[0001] 본 출원은 2013년 5월 3일에 출원된 U.S. 가특허 출원 61/819,080에 우선권을 주장한다.

[0002] 기술 분야

[0003] 본 실시예들은 이온 주입 장치에 관한 것으로, 보다 상세하게는, 이온 주입 장치에서 이온 빔 균일성 제어에 관한 것이다.

### 배경 기술

[0004] 오늘날 반도체 전자 기기들, 솔라 셀들, 및 다른 기술들을 위한 제조는 실리콘 및 다른 유형들의 기판들을 도핑하거나 또는 다른 방식으로 변경하는 이온 주입기 시스템들에 의존한다. 전형적인 이온 주입기 시스템은 이온 빔을 발생시킴으로써 그리고 이온들이 표면 아래에서 휴지상태(rest)가 되도록 기판으로 그것들을 조향시킴으로써 도핑을 수행한다. 많은 애플리케이션들에서, 정의된 형상을 갖는 이온 빔들 및 이온 빔 영역 예컨대 스팟 빔 또는 리본 빔은 이온 빔 영역보다 더 큰 기판 영역으로 종(specie)들을 주입하기 위해 기판 위에서 스캔된다. 대안적으로, 기판이 정적상태 빔에 대하여 스캔되거나 또는 둘모두 기판 및 빔이 서로에 대하여 스캔될 수 있다. 임의의 이들 환경들에서 많은 애플리케이션들은 기판의 큰 부분상에서 균일하게 주입되는 것을 필요로 한다.

[0005] 이온 빔에 의해 생성될 수 있는 일 유형의 불-균일성은 “마이크로불균일성(micrononuniformity)”으로 칭해지고 기판상의 변화하는 이온 도우즈(ion dose)의 규칙적인 패턴들의 존재를 나타낸다. 이런 패턴들은 예를 들어 기판이 특정 방향을 따라서 스캔될 때 관측되는 가변하는 이온 도우즈의 스트라이프(stripe)들로서 보일 수 있다. 예를 들어, 만약 기판이 스캔되는 동안 이온 빔이 빔 전류에서 주기적인 변화를 보인다면, 저 이온 도우즈 영역들과 교번하는 고 이온 도우즈 영역들로 이루어진 마이크로불균일성의 패턴이 발생할 수 있다. 빔 전류에서의 이런 주기적인 변화는 이온 주입기내 상이한 소스들로부터 생성될 수 있다. 예를 들어, 렌즈와 같은 빔 프로세싱 컴포넌트내의 기계적 소스들 예컨대 진동들은 빔 전류내 변동(변조)을 유도할 수 있다. 특히, 정전기 컴포넌트, 자기 컴포넌트, 또는 기계 컴포넌트와 같은 빔라인 컴포넌트내 변동들은 기판에서 이온 빔 세기들의 변화들을 유발할 수 있다. 일부 경우들에서, 이온 빔이 빔라인을 통하여 전파할 때 빔 위치, 빔 사이즈, 및/또는 빔 다이버전스(beam divergence) 및 방향은 변동을 거둬할 수 있다.

[0006] 게다가, 빔 전류에서의 주기적인 변화와 관련된 주파수는 소정의 기판 스캔 속도에 대하여 "평균하기(average out)" 위해 요구되는 주파수에 대하여 대개 상대적으로 낮다. 소정의 방향을 따라서 통상 사용되는 기판의 스캔 속도에 대하여, 이온 빔의 단면 크기는 흔히 이런 빔 전류 변화를 평균하기에 너무 작고, 이에 의해 스캐닝동안에 기판상에 생성되는 스트라이프된 마이크로불균일성의 패턴으로 귀결된다.

[0007] 다른 불-균일성은 또한 이온 빔내 이온 전류 밀도의 급격한 변화들과 관련된 이온 빔 특성들에, 예컨대 “과열 점(hot spot)들” 내 고 주파수 변화로부터 기인할 수 있다. 전형적으로 이런 불균일들은 기관들이 프로세스된 후까지 감지되지 않을 수 있다. 게다가, 소정의 애플리케이션의 요건들에 의존하는, 수십분의 일 퍼센트 또는 심지어 그 이하만큼 작은 이온 도우즈 불-균일성은 수락할 수 없다. 감지되지 않은 마이크로불균일성은 따라서 의도하지 않은 사용할 수 없는 제품의 생산으로 귀결될 수 있다. 본 개션들이 요구되는 이들 및 다른 고려사항들에 대한 것이다.

## 발명의 내용

### 과제의 해결 수단

[0008] 실시예들은 이온 빔들을 제어하기 위한 장치 및 방법들에 관련된다. 일 실시예에서, 이온 주입기내 이온 빔을 제어하는 시스템은 제 1 주파수에서의 상기 이온 빔의 복수개의 빔 전류 측정들을 감지하는 검출기 시스템, 상기 복수개의 빔 전류 측정들에 기초하여 상기 이온 빔의 변화를 결정하는 분석 컴포넌트를 포함하고, 상기 변화는 상기 제 1 주파수와 다른 제 2 주파수에서의 상기 이온 빔의 빔 전류 변화에 해당한다. 상기 시스템은 또한 상기 변화를 줄이기 위해서 상기 분석 컴포넌트의 출력에 응답하여 상기 이온 빔을 조정하는 조정 컴포넌트를 포함하되, 상기 분석 컴포넌트 및 상기 조정 컴포넌트는 상기 이온 빔이 상기 이온 주입기내에서 생성되는 동안 상기 이온 빔의 상기 변화를 임계값 아래로 동적으로 줄이도록 구성된다.

[0009] 다른 실시예에서, 이온 주입기는 이온 빔을 생성하는 이온 소스 및 제 1 주파수에서 복수개의 상기 이온 빔의 빔 전류 측정들을 감지하는 검출기 시스템을 포함한다. 상기 이온 주입기는 또한 실행될 때 제어기로 하여금: 상기 복수개의 빔 전류 측정들에 기초하여 상기 이온 빔의 변화를 결정하고, 상기 이온 빔의 상기 변화는 상기 제 1 주파수와 다른 제 2 주파수에서의 상기 이온 빔의 빔 전류 변화에 해당하고; 및 상기 이온 빔 변화가 임계값을 초과할 때 상기 이온 주입기내 파라미터의 조정을 수행하기 위한 신호를 생성하는 명령들을 포함하는 적어도 하나의 컴퓨터-판독가능한 스토리지 매체를 포함하는 상기 제어기를 포함한다.

### 도면의 간단한 설명

[0010] 도 1a는 대표적인 이온 주입기를 도시한다;  
 도 1b는 대표적인 제어 시스템을 도시한다;  
 도 2는 본 실시예들에 따른 제어 시스템을 이용한 기관 프로세싱의 결과들을 보여주는 평면도를 도시한다;  
 도 3a는 제 1 대표적인 푸리에 변환 스펙트럼을 도시한다;  
 도 3b는 제 2 대표적인 푸리에 변환 스펙트럼을 도시한다;  
 도 4a는 이온 빔이 개구 및 이온 빔 위치 및/또는 이온 빔 사이즈에서의 변조를 감지하는 검출기 배열을 통과하도록 조종되는 시나리오를 도시한다;  
 도 4b는 도 4a의 배열에 의해 생성된 대표적인 빔 전류 커브를 예시한다;  
 도 5a 및 5b는 이온 빔이 개구 및 이온 빔 위치 및/또는 이온 빔 사이즈에서의 변조를 감지하는 검출기 배열을 통과하도록 조종되는 다른 시나리오를 도시한다;  
 도 5c는 도면들 5a 및 5b에 도시된 시나리오에 의해 생성된 대표적인 이온 빔 전류 커브를 예시한다; 및  
 도 6은 제 1 대표적인 로직 플로우를 도시한다.

### 발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0011] 본 출원에서 설명된 실시예들은 이온 주입기내 이온 빔을 다루거나 제어하기 위한 장치 및 방법들을 제공한다. 이온 주입기의 예들은 빔라인 이온 주입기(beamline ion implanter)를 포함한다. 본 실시예들에 의해 커버되는 이온 주입기들은 전체적으로 스팟의 형상을 갖는 단면을 가지는 “스팟(spot) 이온 빔들”을 생성하는 것들 및 길게된 단면을 갖는 “리본(ribbon) 이온 빔들” 또는 “리본 빔들”을 생성하는 것들을 포함한다. 본 실시예들에서, 이온 주입기내 이온 빔 균일성을 동적으로 제어하는 시스템이 제공된다. 시스템은 이온 빔내 이온 빔 전류를 측정하거나 또는 샘플링하기 위해 채용된 검출기 (또는 검출기 시스템), 샘플링된 이온 빔 전류에 기초하여 이온 빔내 불-균일성을 결정하는 분석 컴포넌트, 및 결정된 불-균일성의 결과로서 이온 주입기의 파라미터를

조정하는 조정 컴포넌트를 포함한다. 이온 주입기에 대한 조정은 동적 방식으로 수행되는데, 즉, 이온 빔 특성들을 제어하는 파라미터들은 이온 빔이 이온 주입기를 통과하도록 지향되고 측정되는 동안 동적으로 조정된다. 이 프로세스는 반복적인 방식으로 불-균일성이 임계값이하로 약해지는 것을 샘플링된 이온 빔 전류가 나타낼 때까지 이온 주입 장치의 파라미터 또는 파라미터들에 대한 조정을 통하여 이온 빔 특성들 조정을 시도하는 폐루프(closed loop)로 수행될 수 있다.

[0012] 본 실시예들은 따라서 기판 예컨대 반도체 웨이퍼상에 생성될 수 있는 마이크로불균일성에 대한 잠재적인 원인들의 실시간 감지를 제공한다. 이는 기판 프로세싱의 완료후 마이크로불균일성을 감지하는 현재의 접근법들에 비하여 장점을 제공하고, 현재의 접근법들은 완전한 디바이스들이 기판들의 배치(batch) 또는 배치들상에서 제조된 후에, 또는 광대한 오프라인 측정이 수행된후에 주입 프로세스가 완료된 후에 일어날 수 있다. 기판내 마이크로불균일성 패턴들을 생성하는 원인이 될 수 있는 이온 주입기내 상태들의 실시간 감지는 이온 빔 조정 또는 “튜닝”을 위한 자동화된 폐루프 제어를 가능하게 한다. 이는 예방 유지보수 동작들후에 부적절한 복구를 포함하여 이온 주입기의 다양한 하드웨어 컴포넌트들로 문제들을 쉽게 감지하는 보다 최적의 셋업 프로세스 및/또는 능력을 낳는다.

[0013] 도 1a 는 이온 주입기의 하드웨어 또는 컴포넌트들을 동적으로 조정하기 위해 사용되는 제어 시스템 (104)을 갖는 빔라인 이온 주입기 (102)를 도시한다. 당해 기술분야의 통상의 기술자들은 도 1의 이온 주입기는 빔라인 이온 주입기로 인식할 것이고 이와 같이 본 출원에서 나타내질 수 있다. 빔라인 이온 주입기 (102)는 이온 소스 (106), 자기 분석기(magnetic analyzer) (108), 보정기 자석 (corrector magnet)(112) 및 기판 스테이지 (substrate stage) (114)를 포함하는 여러 통상의 컴포넌트들을 포함할 수 있다. 다양한 실시예들에서 빔라인 이온 주입기 (102)는 이온 빔 (118)을 스팟 유형 이온 빔 또는 리본 빔으로 생성한다. 빔라인 이온 주입기 (102)는 이온 빔이 이온 소스 (106)로부터 기판 (116)로 전파할 때 이온 빔 (118)을 형상화, 집속, 가속, 감속, 및 벡팅할 수 있는 다양한 추가의 빔 프로세싱 컴포넌트들을 포함할 수 있다. 예를 들어, 스캐너 (110)가 기판 (116)에 대하여 이온 빔 (118)을 스캔하도록 제공될 수 있다.

[0014] 이온 주입기는 또한 하나 이상의 이온 전류 검출기들, 검출기들 (120)을 포함하고, 이는 일부 실시예들에서 패러데이 검출기(Faraday detector)들일 수 있다. 검출기들 (120)은 다양한 실시예들에서 빔라인 이온 주입기 (102)내 다양한 위치들에 위치될 수 있고 그리고 정적상태이거나 또는 이동가능할 수 있다. 임의의 주입기 광 엘리먼트들에 파워를 제공하는 키(key) 파워 서플라이들의 전류 출력이 또한 모니터링될 수 있고; 즉, 파워 서플라이들은 또한 “검출기들”로서의 역할을 할 수 있다. 도 1b에 추가로 예시된 검출기들 (120)은 이온 빔 (118)내 변화를 줄이기 위해 빔라인 이온 주입기 (102)의 파라미터 또는 파라미터들을 동적으로 조정하는 제어 시스템 (104)의 일부를 형성할 수 있다. 조정된 파라미터(들)은 도 1a에 도시된 해당 컴포넌트들에 추가하여, 임의의 이온 빔 프로세싱 엘리먼트 예컨대 집속 엘리먼트(focusing element), 이온 빔 렌즈, 움직일 수 있는 개구, 빔 조향 컴포넌트를 포함하는 빔라인 이온 주입기 (102)의 하나 이상의 컴포넌트들과 관련된다. 실시예들은 이 상황에 제한되지 않는다.

[0015] 이제 도 1b로 가서, 다양한 실시예들에 따른 제어 시스템 (104)의 세부사항들이 도시된다. 이하에서 상세하게 설명될 제어 시스템은 일반적으로 개개의 하나 이상의 경우들에서 이온 빔의 하나 이상의 빔 전류 측정들을 수행하도록 구성된 검출기(detector)를 포함한다. 제어 시스템은 또한 하나 이상의 빔 전류 측정들에 기초하여 이온 빔에 의해 생성된 이온 빔 변화를 결정하기 위해 사용되는 분석 컴포넌트 (124)를 포함한다. 이온 빔 변화는 규칙적 주파수에서 발생하는 이온 빔 (전류) 변조(modulation) (변동(fluctuation))일 수 있다. 이온 빔 변화 (variation)는 이온 빔 사이즈에서의 변조 및/또는 이온 빔 위치에서의 변조를 포함할 수 있다. 특별히 실시예들, 이온 빔 변화는 또한 웨이퍼 평면내 빔 위치의 변조 (변동)일 수 있다. 이온 빔 변화는 대안적으로 빔 전류 또는 “과열점(hotspot)”에서의 급격한 기울기 및/또는 빔 높이에서의 변경일 수 있다. 제어 시스템은 또한 감지된 이온 빔 변화를 줄이기 위해 이온 주입기의 파라미터를 조정하는 조정 컴포넌트를 포함한다. 제어 시스템 (104)은 및 특별히, 분석 컴포넌트 및 빔 조정 컴포넌트는 이온 빔이 이온 주입 장치내에 생성되는 동안 이온 빔 변화를 동적으로 줄이도록 구성된다.

[0016] 도시된 실시예에서, 제어 시스템 (104)은 이온 빔 전류 및 빔 전류에서의 변화를 측정 및 결정하고, 빔 전류내 결정된 변화에 기초하여 적절한 때 빔라인 이온 주입기 (102)의 파라미터들을 조정하기 위해서 이온 빔 (118)의 빔 부분 (118a)을 수신하도록 구성된다. 제어 시스템 (104)은 검출기(들) (120), 빔 조향 제어기 (128), 분석 컴포넌트 (124), 및 조정 컴포넌트 (126)를 포함한다. 다양한 실시예들에서, 검출기 (120)에 의해 수신된 빔 부분 (118a)은 전체 이온 빔 (118)이거나 또는 단지 전체 이온 빔 (118)보다 작은 부분일 수 있다.



- [0017] 제어 시스템 (104) 및 그 내부에 컴포넌트들은 다양한 하드웨어 엘리먼트들, 소프트웨어 엘리먼트들, 또는 둘의 조합을 포함할 수 있다. 하드웨어 엘리먼트들의 예들은 디바이스들, 컴포넌트들, 프로세서들, 마이크로프로세서들, 마이크로컨트롤러들, 회로들, 회로 소자들 (예를 들어, 트랜지스터들, 저항기들, 커패시터들, 인덕터들, 및 등등), 집적 회로들, 애플리케이션 특정 집적 회로들 (ASIC), 프로그램 가능한 로직 디바이스들 (PLD), 디지털 신호 프로세서들 (DSP), 필드 프로그램 가능한 게이트 어레이 (FPGA), 메모리 유닛들, 로직 게이트들, 레지스터들, 반도체 디바이스, 칩들, 마이크로칩들, 칩셋들, 및 등등을 포함할 수 있다. 소프트웨어 엘리먼트들의 예들은 소프트웨어 컴포넌트들, 프로그램들, 애플리케이션들, 컴퓨터 프로그램들, 애플리케이션 프로그램들, 시스템 프로그램들, 기계 프로그램들, 동작 시스템 소프트웨어, 미들웨어, 펌웨어, 소프트웨어 모듈들, 루틴들, 서브루틴들, 기능들, 방법들, 절차들, 소프트웨어 인터페이스들, 애플리케이션 프로그램 인터페이스들 (API), 명령 세트들, 컴퓨팅 코드, 컴퓨터 코드, 코드 세그먼트들, 컴퓨터 코드 세그먼트들, 워드들, 값들, 심벌들, 또는 그것의 임의의 조합을 포함할 수 있다. 실시예가 하드웨어 엘리먼트들 및/또는 소프트웨어 엘리먼트들을 이용하여 구현되는지 여부를 결정하는 것은 소정의 구현예에 대하여 희망하는 임의의 개수의 요인들, 예컨대 희망하는 계산율, 파워 레벨들, 열 허용 오차들, 프로세싱 사이클 예산(budget), 입력 데이터 레이트들, 출력 데이터 레이트들, 메모리 자원들, 데이터 버스 속도 및 다른 디자인 또는 성능 제약들에 따라 변화할 수 있다.
- [0018] 이하의 논의에서는 다양한 실시예들이 소정의 주파수 (변조 주파수)까지의 이온 빔 변조를 감지하도록 디자인된 빔 전류 샘플링 기술들을 이용하여 이온 빔 변화 (이온 빔 변조)를 감지하기 위한 개시된다. 특별히 빔 전류 샘플링은 지정된 주파수와 다른 주파수들에서 발생할 수 있는 이온 빔 변조를 캡처하기 위해 지정된 주파수에서 수행된다. 일부 실시예들에서 변조 주파수는 샘플링 주파수보다 작고 특정 실시예들에서  $\frac{1}{2}$  샘플링 주파수보다 작다. 이런 상황들에서, 실시예들의 일부가 이하에서 상세하게 설명되고, 빔 전류 변조의 푸리에 변환 분석에 의해 식별된 특성 주파수(characteristic frequency)는 고유(unique)하다. 그러나, 다른 실시예들에서 FT 분석이 변조 주파수들의 패밀리에 대하여 동일한 분석 주파수를 생성할 수 있는 경우에 변조 주파수는 샘플링 주파수를 초과할 수 있다.
- [0019] 이온 빔 변조를 감지하기 위해 사용되는 특정 동작 모드들에서, 검출기 (120)는 복수개의 연속적인 규칙적 주기들과 같은 복수개의 경우들에서 빔 부분 (118a)을 샘플링할 수 있다. 샘플링은 예를 들어 1024 Hz의 주파수에서 또는 다른 주파수에서 발생할 수 있다. 본 출원에서 사용되는 용어들 “샘플” 또는 “샘플링”은 일반적으로 빔 전류가 각각의 샘플 주기동안 기록될 수 있어서 서로에 연속적일 수 있는 일련의 미리 결정된 샘플 주기들에 걸쳐 이온 빔의 빔 전류를 측정하는 것을 지칭한다. 샘플링은 전체 이온 빔 (118)보다 작을 수 있는 이온 빔 (118)의 일부 예컨대 빔 부분 (118a)을 측정하는 단계를 포함할 수 있다. 예를 들어, 각각의 샘플링 주기동안 이온 빔 (118)의 일부를 측정하는 검출기 또는 검출기들의 세트내 감지된 총 감지된 빔 전류는 합계되고 (summed) 저장될 수 있다. 용어 “샘플링 주기(sampling period)”는 “샘플링 주파수(sampling frequency)”의 역이다. 따라서, 1024 Hz의 샘플링 주파수는 1/1024 초, 또는 약 1 ms의 샘플링 주기에 해당한다. 다른 실시예들에서, 샘플링 주파수는 더 작을 수 있고, 예컨대 16 Hz보다 더 큰 임의의 주파수일 수 있다.
- [0020] 일부 예들, 패러데이 검출기들의 어레이내 단일 패러데이 검출기는 제어 시스템 (104)에 의한 빔 샘플링을 위해 사용될 수 있다. 제어 시스템 (104)은 일부 예들에서 수십 초분의 일들 수초들 내지 수십초들까지에 있을 수 있는 샘플링 지속 기간을 설정할 수 있다. 용어 “샘플링 지속(sampling run)”은 연속적인 주기들에 걸쳐 발생하는 다수의 샘플링 주기들상에서의 다수의 빔 전류 측정들의 기록 및/또는 축적을 지칭한다. 따라서, 수 초의 전형적인 샘플링 지속 기간동안에 일련의 몇천개의 샘플 측정이 약 1ms의 샘플링 주기동안 수행될 수 있다.
- [0021] 다른 이온 빔 전류 동작 모드들에서는 이온 빔은 연속적으로 측정될 수 있고 이온 빔으로부터의 빔 전류 데이터는 연속적으로, 간헐적으로 또는 주기적인 방식으로 분석된다.
- [0022] 이하에서 더 상세하게 설명될, 분석 컴포넌트 (124)는 샘플링 지속으로부터 축적된 데이터를 수신할 수 있고 다양한 동작들 예컨대 푸리에 변환 알고리즘을 이용하여 데이터를 프로세스할 수 있다. 분석 컴포넌트 (124)에 의해 실행된 샘플링 프로세싱의 결과들은 이어서 이온 빔 (118)내 변화를 줄이기 위해 빔라인 이온 주입기 (102)의 컴포넌트(들)의 파라미터를 조정하기 위해 적절한 때 신호들을 발송할 수 있는 빔 조정 컴포넌트 (126)에 공급될 수 있다.
- [0023] 제어 시스템 (104)은 기관 프로세싱 동안에 이온 빔 변화로부터 기인하는 기관상에서의 이온 도주즈에서의 잠재적인 문제들 예컨대 마이크로불균일성이 방지될 수 있거나 또는 빠르게 배제될 수 있도록 이온 빔 변화를 실시간으로 줄이는 능력을 제공한다. 특별히, 다양한 실시예들에서, 제어 시스템 (104)은 시간의 함수로 체계적 및/또는 주기적인 이온 빔의 빔 전류에서의 변화를 식별하고 축소 또는 배제하도록 동작한다. 상기에서 논의된 바



와 같이, 주기적인 변화들이 패턴들 예컨대 이온 빔에 종속되고 있는 기관상의 교변하는 가변 이온 도우즈의 스트라이프들로서 명백해진 마이크로불균일성을 생성할 수 있기 때문에 이온 빔내 빔 전류의 이런 주기적인 변화들은 특별히 문제일 수 있다.

[0024] 도 2는 빔 전류에 주기적인 변화를 처음에 경험할 수 있는 이온 빔의 제어 시스템 (104)에 의한 조정 후에 기관상의 이온 도우즈 패턴의 도시를 보여준다. 도 2의 예에서, 기관 (220)은 스팟 빔인 이온 빔 (212)에 의해 프로세스된다. 도 2의 관찰 관점은 도시된 직교 좌표계 시스템의 X-Y 평면내 이온 빔 (212)에 노출된 기관 (220)의 표면을 보여주는 상부 평면도이다. 이온 빔 (212)은 방향 (204) (X 방향)을 따라서 왔다 갔다 하면서 스캔될 수 있고 동시에 기관 (220)은 방향 (204)에 수직일 수 있는 방향 (206) (Y 방향)을 따라서 이동된다. 이런식으로, 전체 기관 (220)이 이온 빔 (212)에 노출될 수 있다. 이온 빔(212)의 높이는 기호 H로 표시된다.

[0025] 이온 빔 (212)의 제어 시스템 (104)의 부존재시에 빔 전류에서의 주기적인 변화를 경험할 수 있어서 저 이온 도우즈 스트라이프들과 교변하는 고 이온 도우즈 스트라이프들로 이루어진 마이크로불균일성의 패턴이 생성된다. 빔 전류에서의 이런 주기적인 변화는 빔라인 이온 주입기(102)내 상이한 소스들로부터 생성될 수 있다. 예를 들어, 렌즈와 같은 빔 프로세싱 컴포넌트내의 기계적 소스들 예컨대 진동들은 빔 전류내 변동(fluctuation) (변조(modulation))을 유도할 수 있다. 특히, 정전기 컴포넌트, 자기 컴포넌트, 또는 기계 컴포넌트와 같은 빔라인 컴포넌트내 변동들은 기관(220)에서 이온 빔 세기들의 변화들을 유발할 수 있다. 일부 경우들에서, 이온 빔(212)이 빔라인을 통하여 전파할 때 빔 위치, 빔 사이즈, 및/또는 빔 다이버전스 및 방향은 변동을 거듭할 수 있다.

[0026] 제어 시스템 (104)은 기관에 비-균일한 이온 도우즈를 전달하는 것을 피하기 위해 조정들이 수행될 수 있도록 빔 변화를 감지함으로써 이 문제를 다룬다. 특별히, 다양한 실시예들에서, 제어 시스템 (104)은 이런 빔 전류 변조를 식별하기에 충분한 빔 전류 샘플링 레이트를 생성하고 빔 전류 변조를 줄이거나 또는 배제하기위해 이온 주입기의 파라미터들을 동적으로 조정하도록 구성되어, 기관에 더 균일한 이온 도우즈의 전달로 귀결된다. 따라서, 도 2에 도시된 바와 같이 동적으로 조정되는 이온 빔은 즉, 이온 빔 (212)은 기관 (220)에 전달된다. 이는 단위 면적당 이온 도우즈가 기관 (220)에 걸쳐 균일한 균일한 이온 도우즈 영역 (214)으로 귀결된다.

[0027] 앞에서 언급한 바와 같이, 다양한 실시예들에서, 빔 전류 샘플링은 적어도 이온 빔의 일부를 인터셉트(intercept)하는 패러데이 검출기 (120)와 같은 검출기에서 수행된다. 샘플링 주파수 또는 율은 이온 주입기내 많은 통상적인 소스들로부터의 빔 전류 변동들이 쉽게 검출가능하도록 충분히 빠르게 설정된다. 예를 들어, 샘플링 주파수는 상이한 경우들에서 512Hz, 1024 Hz, 또는 2048 Hz일 수 있다. 실시예들은 이 상황에 제한되지 않는다. 본 실시예들에 따른, 검출기 (120)에 의해 나타난 소정의 샘플링 지속동안의 빔 전류 샘플링은 시간 도메인에서 감지된 빔 전류 또는 파워의 변화를 표시하는 데이터로 기록된다. 10Hz 빔 변조가 10 초동안 측정된 일 예에서, 감지된 빔 전류는 최소값과 최대값사이에서 100번 변동을 거듭한다.

[0028] 이온 주입기는 적절하게 조정되지 않으면 빔 전류 변조를 생성할 수 있는 다수의 상이한 컴포넌트들을 가질 수 있다는 것에 유의하여야 한다. 기관은 일반적으로 이온 소스로부터의 다운스트림에 가장 먼 지점에 위치되기 때문에, 기관은 임의의 이들 컴포넌트들에서의 이온 빔 변조에 종속될 수 있다. 게다가, 변조 주파수는 상이한 컴포넌트들간에 변화할 수 있다. 따라서, 상이한 시나리오들에서 빔 전류 데이터는 단일 변조 주파수 또는 다수의 상이한 변조 주파수들에 해당하는 검출기 (120)에 의해 샘플링될 수 있다.

[0029] 이어서, 분석 컴포넌트 (124)는 파워를 주파수 함수로 표현한 주파수 도메인 스펙트럼으로 빔 전류 데이터를 변환하기 위해 샘플링된 빔 전류 데이터에 기초하여 푸리에 변환 (FT) 동작을 수행할 수 있다. 빔 전류의 주기적인 변조가 검출기 (120)에 의해 기록된 경우에서, 이런 FT 스펙트럼은 하나 이상의 개별 주파수들에서 하나 이상의 피크들을 나타낼 수 있고, 개별 주파수에서 각각의 피크는 주입기의 특정 컴포넌트에 의해 발생된 빔 전류 이온에 주어진 변조의 특성이다.

[0030] 도 3a는 약 7 Hz의 주파수에서 피크 (302)를 나타내는 하나의 예시적인 FT 스펙트럼 (300)을 도시한다. FT 스펙트럼 (300)은 커브 아래 영역이 파워에 관련되는 주파수 도메인 파워 스펙트럼(frequency domain power spectrum)을 나타낸다. 일 예에서, 피크 (302)는 아래와 같이 분석 컴포넌트 (124)에 의해 식별될 수 있다. 피크 (302) 및 임의의 다른 식별된 피크들에 대하여 FOM(figure of merit)이 산출될 수 있다. 일부 실시예들에서 FOM은 주파수 도메인 파워 스펙트럼내 전체 파워에 대한 문제의 피크에 포함된 파워의 비율로서 정의된다. 만약 FOM이 미리 결정된 임계값을 초과하면 분석 컴포넌트 (124)는 이온 주입기 파라미터에 대한 조정들이 수행될 수 있도록 식별된 피크를 조정 컴포넌트 (126)로 플래그(flag)(발송)할 수 있다. 조정 컴포넌트 (126)에 의해 수행된 조정들은 식별된 피크 (302)와 관련된 빔 전류내 변조에서의 감소로 이어질 수 있다. 도 3a의 예에서,

피크 (302)로부터 산출된 FOM은 임계값을 초과한다고 생각될 수 있어서 조정 컴포넌트 (126)에 의한 이온 주입기 조정을 트리거할 수 있다.

[0031] 도 3b는 약 5 Hz의 주파수에서 피크 (312)를 나타내는 다른 예시적인 FT 스펙트럼 (310)를 도시한다. 이 예에서, 피크 (312)는 분석 컴포넌트 (124)에 의해 식별될 수 있다. 이 경우에서 피크 (312)는 낮은 세기를 가져서 피크 (312)로부터 산출된 FOM은 레벨 (314)로서 도 3b에 개략적으로 도시된 미리 결정된 임계값을 초과하지 않는다. 따라서, 피크 (312)에 의해 표시된 빔 전류 밀도에서의 변동이 교정(remedy)을 필요로 하기에 충분하지 않다는 결정이 수행되었기 때문에 분석 컴포넌트 (124)는 식별된 피크가 조정 컴포넌트 (126)로 플래그되지 않도록 결정할 수 있다.

[0032] 샘플링된 빔 전류의 FT 스펙트럼내 결정된 피크에 응답하여, 다양한 실시예들에 따른 조정 컴포넌트 (126)는 이온 주입기의 어떤 파라미터들이 조정될 지를 결정할 수 있다. 예를 들어, 조정 컴포넌트 (126)가 제어기내에 포함된 실시예들에서, 제어기는 상이한 컴포넌트들, 이동가능한 개구들, 및 등등을 위한 파워 서플라이들을 포함하는 다수의 빔라인 컴포넌트들에 결합될 수 있다. 제어기는 추가적으로 감지된 이온 빔 전류 변조(변동)를 축소 또는 배제하는 것을 시도하기 위해 다양한 컴포넌트들내에 조정될 수 있는 선택된 파라미터들로 미리 구성될 수 있다. 일 예로서 조정 컴포넌트 (126)는 빔 전류 변조를 배제하기 위해서 또는 빔 전류 변조를 임계값 아래로 축소하기위해서 이온 주입기의 선택된 파라미터(들)를 다시 조율하는 제어 신호들을 발송하도록 디자인된 제어 소프트웨어를 포함할 수 있다.

[0033] 다양한 실시예들에서, 하의 적어도 하나를 수행함으로써 다량의 슬릿(다량의 슬릿)을 회전시키는 동작을 조정하는 제어 신호들이 발송될 수 있다. 다량의 슬릿을 회전시킴으로써 유발될 수 있는 주기적인 변조를 회피하기 위해서 회전하는 다량의 슬릿을 통과하여 이온 빔이 보다 정밀하게 빠져나가도록 분석기 자석을 최적화하는 신호가 발송될 수 있다. 슬릿을 통과하여 지나가는 이온 빔과의 임의의 상호작용을 줄이기 위해 회전하는 다량의 슬릿내 구멍의 사이즈를 증가시키는 신호가 발송될 수 있다. 회전하는 다량의 슬릿의 회전을 정지시키고 그리고 이온 빔을 정적상태(stationary)에서 동작시키기 위한 신호가 발송될 수 있다.

[0034] 일부 실시예들에서, 조정 컴포넌트 및/또는 분석 컴포넌트는 FT 스펙트럼내 감지된 피크의 주파수에 기초하여 조정될 적절한 하드웨어/파라미터의 결정을 수행하도록 구성될 수 있다. 예를 들어 28 Hz 피크는 회전하는 다량 슬릿 고장(malfunction)의 특성일 수 있으나 4 Hz 피크는 집속 엘리먼트 문제를 나타낼 수 있다.

[0035] 다양한 실시예들에서, 제어 시스템 (104)은 일련의 페루프 사이클들, 또한 기간이 정해진(termed) 빔 조정 루프들을 수행하도록 구성될 수 있다. 각각의 빔 조정 루프는 이온 빔의 복수개의 빔 전류 측정들을 포함하는 샘플링 지속(sampling run)을 포함하고, 이온 빔 변화의 결정 및 샘플링 지속의 결과들에 기초된 적절한 빔 조정이 뒤따른다. 제어 시스템은 이온 빔 변화가 임계값 아래일 때까지 다수의 빔 조정 루프들을 수행하도록 구성될 수 있다. 임계값의 일 예는 샘플링 지속으로 수집된 빔 전류 데이터의 푸리에 변환 스펙트럼내 피크로부터 산출된 FOM에 대한 앞서 언급한 임계값이다. 따라서, 만약, 일련의 조정들 후에 이런 스펙트럼들내 피크(들)이 FOM가 더 이상 임계값을 초과하지 않는 크기로 축소된다면, 빔라인 컴포넌트들에 추가 조정은 중단될 수 있다.

[0036] 일부 실시예들에서, 소정의 수의 빔 조정 루프들이 수행된 후에 이온 빔 변화가 여전히 임계값을 초과하면 제어 시스템 예컨대 제어 시스템 (104)은 이온 빔 프로세스를 종료하도록 구성될 수 있다. 이것은 이온 주입 장치가 빔 전류 변화를 허용할 수 있는 범위내에 있게 하기 위해 컴포넌트들을 자동으로 교정할 수 없고, 수동 개입이 필요하다는 것을 운영자에게 신호할 수 있다.

[0037] 하나의 특정 구현예에서, 만약, 미리 결정된 수의 빔 조정 루프들 후에, 이어서 선택된 파라미터(들)의 재조율(retuning)이 이온 빔 변조내 희망하는 개선을 생성하지 않는것을 수행된 빔 전류 샘플링 지속이 나타내면, 제어 시스템 (104)은 이온 빔을 웨이퍼 스테이지로 진입하지 못하게 구성될 수 있다. 예를 들어, 제어 시스템 (104)은 파인 빔 변조에 대한 원인이 식별되고 다른 수단들에 의해 개정(rectified)될 때까지 웨이퍼 프로세싱을 중단하는 것이 가능하게 되는 인터록(interlock)하는 제어 신호를 발송할 수 있다.

[0038] 추가의 실시예들에서, 빔 전류 변조를 감소하는 대신에, 제어 시스템 (104)은 이온 빔 위치에서의 변화들로 또는 이온 빔 사이즈에서의 변화들로 명확히 표시되는 이온 빔 변화를 감지하도록 구성될 수 있다. 이들 후자의 실시예들에서, 제어 시스템 (104)은 샘플링되고 있는 이온 빔의 빔 클리핑(clipping)을 일부러 도입하기위한 빔 조향 신호를 생성하도록 구성된 빔 조향 제어기 (128)를 포함할 수 있다. 예를 들어, 빔 조향 신호는 이온 빔의 일부가 빔라인 개구에 의해 인터셉트되도록 이온 빔을 조종할 수 있다. 그렇게 함으로써, 이온 빔의 공간 변조 예컨대 위치에서 또는 이온 빔 사이즈에서 변화는, 검출기에 의해 기록되는 전류 레벨 또는 이온 전류 세기의

변조로 변환될 수 있다. 특별히, 일부 환경들에서, 비-균일한 주입으로 이어질 수 있는 이온 빔 위치 및/또는 빔 사이즈에서 변조는 소정의 검출기에서 이온 빔 세기의 변조로 감지되지 않을 수 있다. 예를 들어, 만약 이온 빔이 빔 세기 변화없이 위치가 이동되면, 만약 이동된 이온 빔이 여전히 빔 전류 검출기들을 차단되지 않는 범위에 이르게 한다면 빔 전류 검출기들에 의해 측정된 빔 전류는 변하지 않을 수 있다. 그러나, 만약 개구 또는 다른 빔 블로킹 엘리먼트가 이온 빔의 부분들을 차단하도록 배열되고 만약 이온 빔이 범위를 넘어서 위치가 이동되거나 또는 더 크게 되면, 이동된 빔의 일부가 개구에 의해 인터셉트될 때 개구의 다운스트림에서 감지된 빔 전류는 변할 수 있다.

[0039] 따라서, 빔 위치 변조 또는 빔 사이즈 변조의 존재를 확인하기 위해, 이런 변조를 가리는 개구를 통하여 이온 빔이 조종될 수 있다. 도 4a에 관련하여, 이온 빔 위치 및/또는 이온 빔 사이즈에 변조를 가리는 개구 (404)를 통하여 이온 빔 (400)이 조종되는 시나리오가 도시된다. 개구 (404)는 추가 목적들을 위해 사용되는 빔라인 장치내 규칙적 개구 일 수 있거나 또는 이온 빔 변조를 감지하기 위한 전용 개구일 수 있다. 빔 전류 검출기 (412)는 빔 전류 및 빔 전류내 변화를 기록하기 위해 개구 (404)의 다운스트림에 위치된다. 특별히, 빔 전류 검출기는 본 출원에 상기에서 개괄적으로 설명된 샘플링 지속들을 수행할 수 있다. 이온 빔 (400)이 빔 위치내 과잉 변조를 경험하지 않는 원하는 상태들하에서, 개구 (404)는 임의의 이온 빔 (400)의 인터셉트 또는 블로킹 없이 이온 빔 (400)을 투과시키도록 구성될 수 있다. 그러나, 만약 이온 빔 (400)의 위치가 도시된 두개의 상이한 위치들사이에서 규칙적 방식으로 변동을 거듭한다면, 이온 빔 (400)은 그것이 중심 선 (405)으로부터 거리  $W_1$ 으로 방향(406)을 따라서 벗어난 하단 위치에 있을 때 부분적으로 차단되고, 도 4b에 도시된 이온 빔 전류 커브 (408)로 귀결된다. 특히, 빔 전류 커브 (408)는 이온 빔 (400)이 개구 (404)에 의해 인터셉트될 때 규칙적 일련의 골(trough)들 (410)을 나타낸다. 따라서, 개구 (404)는 이온 빔 위치에 변조를 감지된 빔 전류에 변조로 변환하는 기능을 제공하고, 빔 전류 변조는 이어서 상기에서 설명된 의심되는 빔라인 컴포넌트에 적절한 조정을 수행함으로써 정정될 수 있다.  $P_{v1}$ 은 골(410)을 포함하는 단일 주기를 나타낸다.

[0040] 이제 도 5a로 가서, 이온 빔 위치 및/또는 이온 빔 사이즈에 변조를 가리는 개구 (404)를 통하여 이온 빔 (500)이 조종되는 다른 시나리오가 도시된다. 빔 전류 검출기 (미도시)는 도 4a의 시나리오에서 처럼 빔 전류 및 빔 전류내 변화를 기록하기 위해 개구 (404)의 다운스트림에 위치될 수 있다. 이온 빔 (500)이 빔 사이즈내 과잉 변조를 경험하지 않는 원하는 상태들하에서, 개구 (404)는 도 5a에 예시된 임의의 이온 빔 (500)의 인터셉트 또는 블로킹 없이 이온 빔 (500)을 투과시키도록 구성될 수 있다. 그러나, 만약 이온 빔 (500)의 사이즈가 규칙적 방식으로, 도 5a 에 인스턴스 T1와 도 5b에 도시된 인스턴스 T2사이에서 변동을 거듭한다면, 이온 빔 (500)은 그것의 확대된 상태에서 개구 (404)에 의해 부분적으로 차단될 것이고, 도 5c에 도시된 바와 같이 규칙적 일련의 골들 (510)을 나타내는 빔 전류 (508)로 귀결된다. 따라서, 개구 (404)는 이온 빔 사이즈에 변조를 감지된 빔 전류에 변조로 변환하는 기능을 제공하고, 빔 전류 변조는 이어서 상기에서 설명된 의심되는 빔라인 컴포넌트에 적절한 조정을 수행함으로써 정정될 수 있다.

[0041] 개시된 아키텍처의 새로운 측면들을 수행하기 위한 대표적인 방법론들을 나타내는 플로우 차트가 본 출원에 포함된다. 설명의 단순화의 목적들을 위하여, 본 출원에 도시된 하나 이상의 방법론들은, 예를 들어, 플로우 차트 또는 흐름도의 형태로, 일련의 활동들로서 도시되고 설명되지만, 방법론들에 부합하는 일부 활동들이 본원에서 도시되고 설명된 것과 다른 활동들과 함께 동시에 및/또는 상이한 순서로 발생할 수 있는 것으로 방법론들은 활동들의 순서에 제한되지 않는 것으로 이해되고 인식될 것이다. 예를 들어, 당해 기술분야의 통상의 기술자들은 방법론은 일련의 상호관련된 상태들 또는 이벤트들로서 예컨대 상태 다이어그램으로 대안적으로 표현될 수 있는 것을 이해하고 인식할 것이다. 게다가, 방법론에서 예시된 모든 활동들이 새로운 구현예에 대하여 요구되지 않을 수 있다.

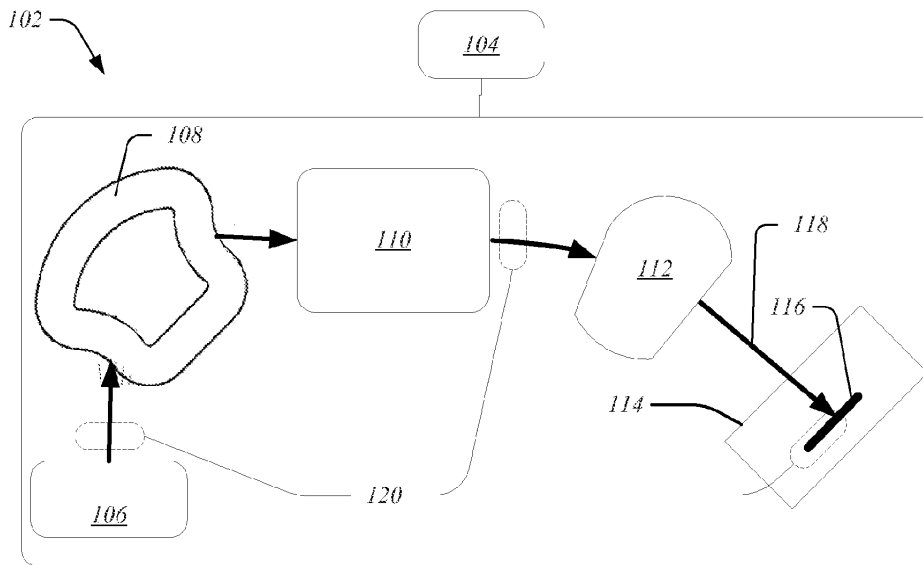
[0042] 도 6은 빔 전류 균일성을 제어하기 위한 제 1 예시적인 플로우(600)를 도시한다. 블록 (602)에서 플로우가 시작한다. 블록 (604)에서 복수개의 빔 전류 측정들이 수행된다. 빔 전류 측정들은 일 예에서 약 1 KHz 의 레이트에서 수행될 수 있다. 각각의 측정에서 감지된 빔 전류는 상기의 예에서 1 ms일 수 있는 측정의 지속기간동안 합해될 수 있다. 블록 (606)에서 빔 전류 샘플링 지속들의 푸리에 변환이 수행된다. 일 예에서, 이산의 푸리에 변환 동작이 파워 스펙트럼을 주파수 함수로 생성하기 위해 수행된다. 플로는 그런다음 결정 블록 (608)으로 진행하고, 푸리에 변환 스펙트럼내 피크 또는 피크들이 임계값을 초과하는지에 관한 결정이 이루어진다. 만약 그렇다면, 플로는 블록 (610)으로 진행한다. 블록 (610)에서 만약 이온 주입기의 파라미터들의 조정에서 시도 횟수가 한계값 또는 임계값을 초과하지 않으면, 플로는 블록 (612)로 진행한다. 블록 (612)에서, 이온 주입기의 선택 파라미터들이 조정된다. 플로는 그런다음 블록 (604)로 회귀한다.

[0043] 만약, 결정 블록 (608)에서 임계값을 초과하는 피크들이 식별되지 않으면, 플로우는 이온 주입기의 현재 파라미터들을 이용하여 이온 주입이 수행되는 블록 (614)로 이동한다. 만약, 블록 (610)에서 조정 시도의 수가 한계를 초과하면, 플로우는 이온 주입 프로세스가 중단되는 블록 (616)로 이동한다.

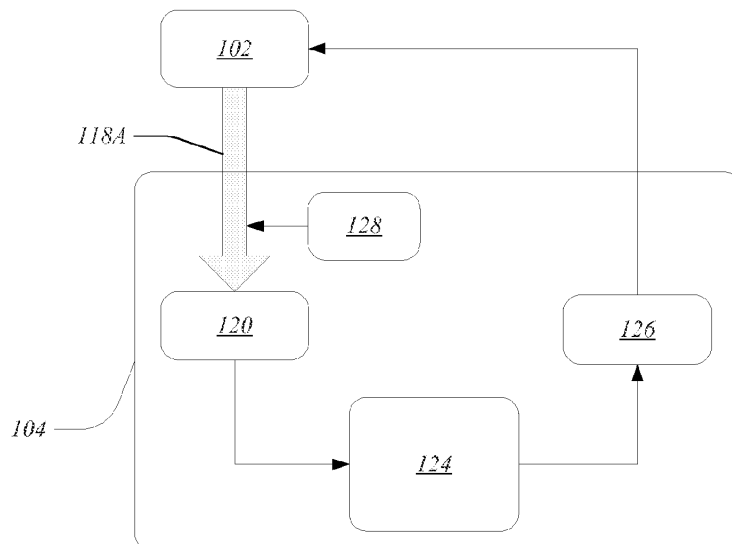
[0044] 본 발명은 본 명세서에 기술된 특정 실시예에 의해 그 범위가 제한되지 않는다. 오히려, 본 명세서에 기술된 이러한 실시예들에 더하여, 본 발명의 다른 다양한 실시예들 및 이에 대한 변화들이 당업자들에게 전술한 설명 및 첨부된 도면들로부터 명백해질 것이다. 따라서, 이러한 다른 실시예들 및 변화들은 본 발명의 범위 내에 속하는 것으로 의도된다. 또한, 본 발명이 본 명세서에서 특정 목적을 위한 특정 환경에서의 특정 구현의 맥락에서 기술되었으나, 당업자들은 본 발명의 유용성이 그에 한정되지 않고, 본 발명이 임의의 수의 목적들을 위한 임의의 수의 환경들 내에서 유익하게 구현될 수 있다는 것을 인식할 것이다. 따라서, 이하에서 제시되는 청구항들은 본 명세서에 기술된 바와 같은 본 발명의 완전한 폭 넓음과 사상의 관점에서 이해되어야 할 것이다.

## 도면

### 도면1a

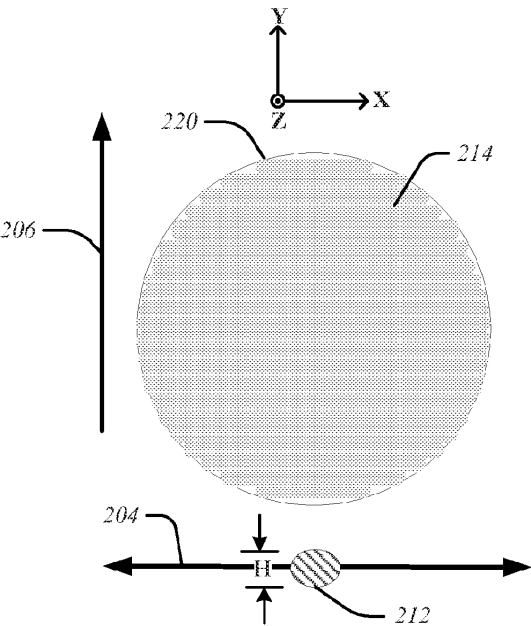


### 도면1b

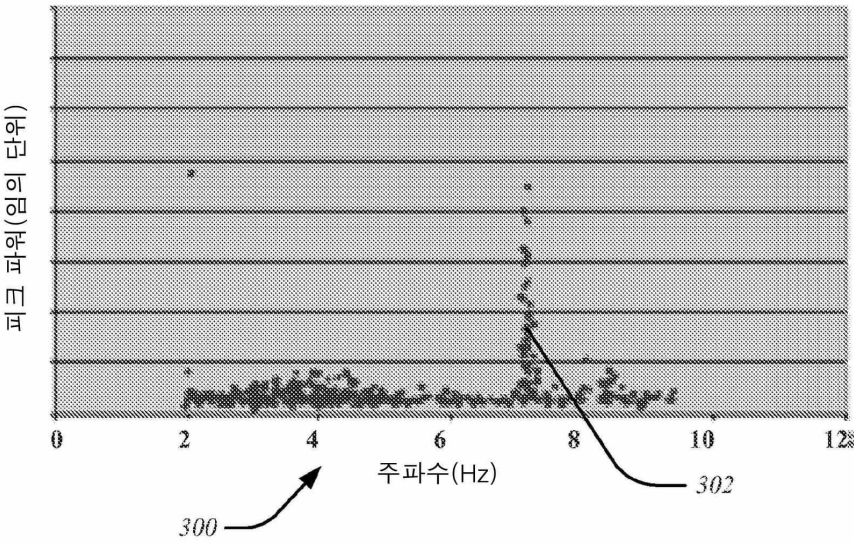




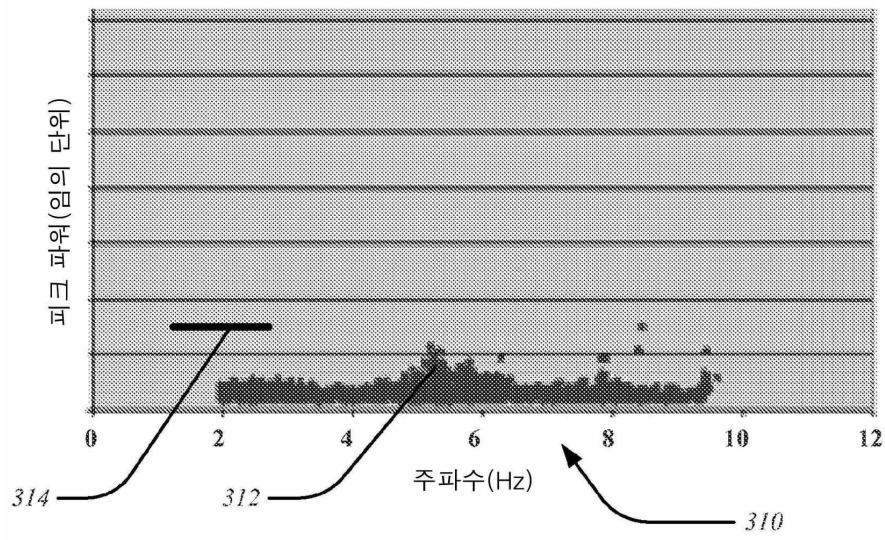
도면2



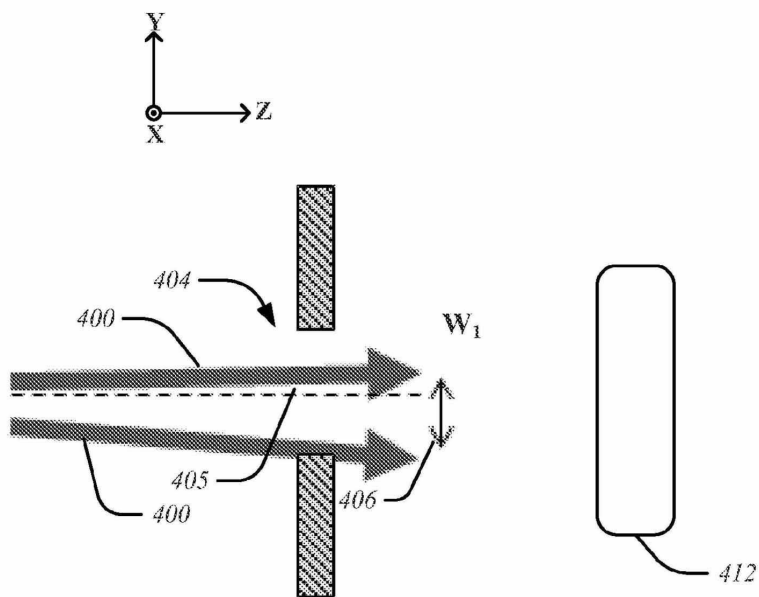
도면3a



도면3b

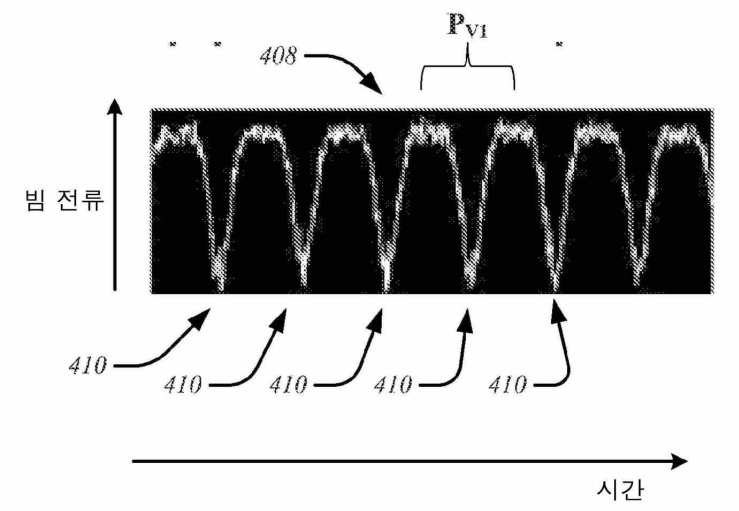


도면4a

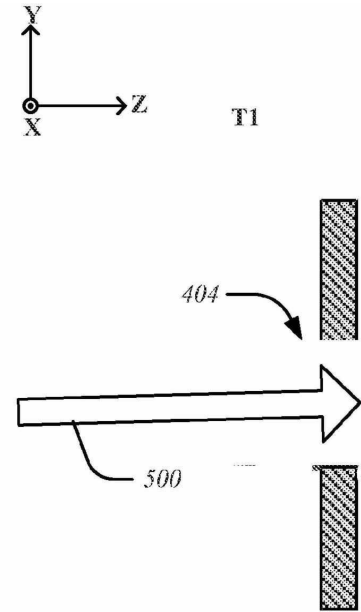




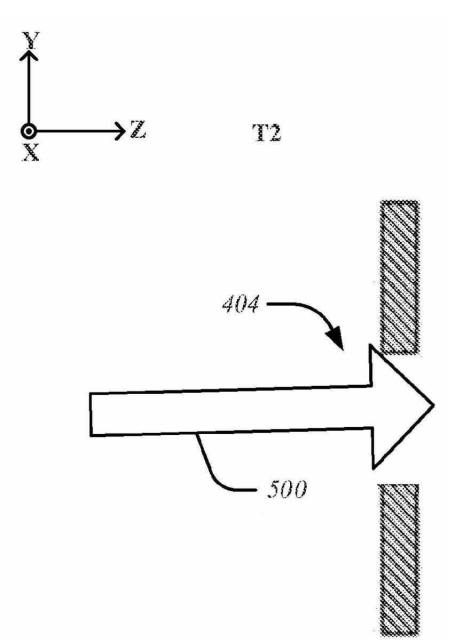
도면4b



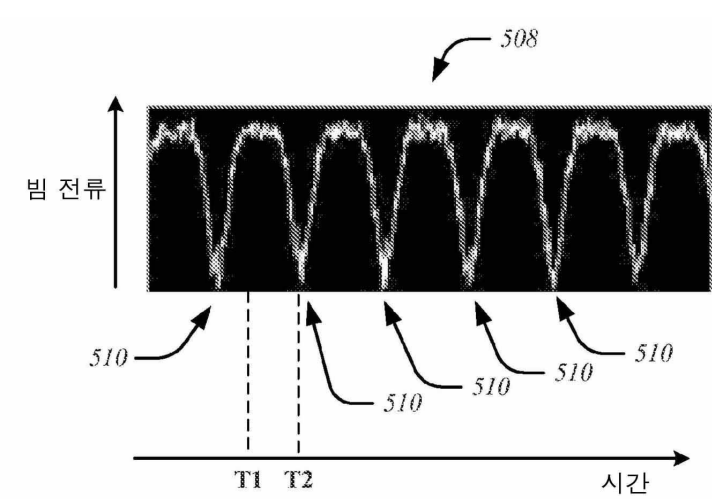
도면5a



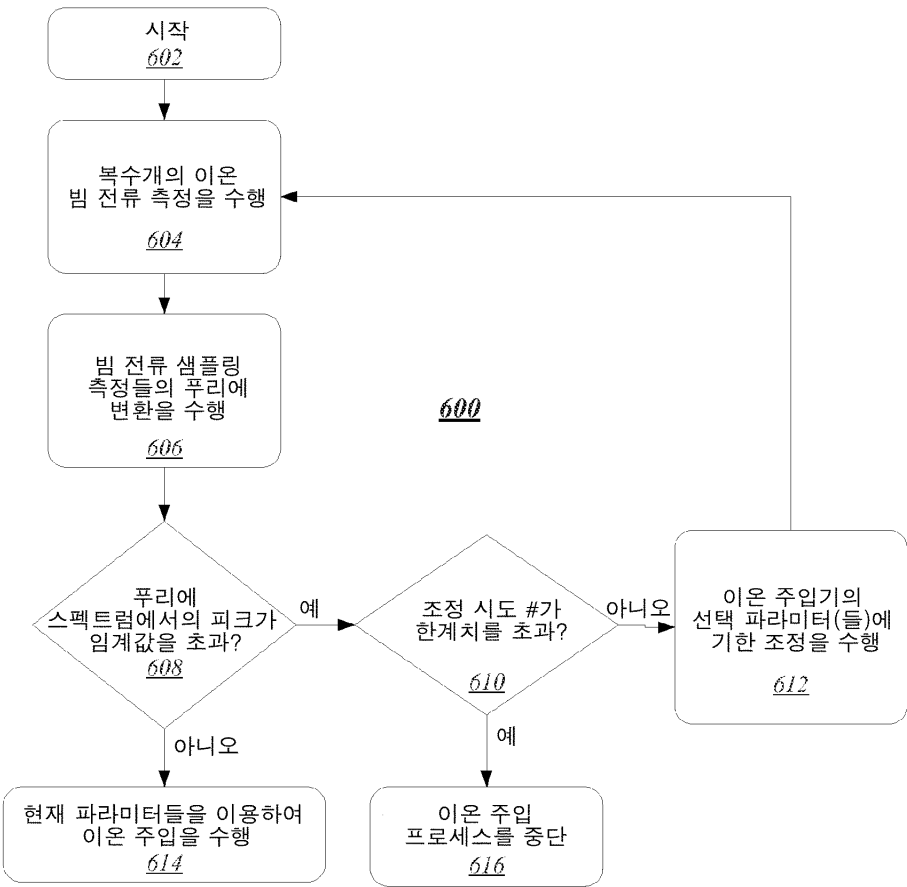
도면5b



도면5c



도면6



【심사관 직권보정사항】

【직권보정 1】

【보정항목】 청구범위

【보정세부항목】 청구항 9

【변경전】

상기 빔 빔 위치가

【변경후】

상기 빔 위치가

【직권보정 2】

【보정항목】 청구범위

【보정세부항목】 청구항 9

【변경전】

상기 검출기 시스템의 상기 전류 검출기

【변경후】

상기 검출기 시스템의 전류 검출기