



(19) 대한민국특허청(KR)  
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2017-0131583  
(43) 공개일자 2017년11월29일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)  
H01J 37/10 (2006.01) G01N 23/203 (2006.01)  
H01J 37/244 (2006.01) H01J 37/28 (2006.01)  
(52) CPC특허분류  
H01J 37/10 (2013.01)  
G01N 23/203 (2013.01)  
(21) 출원번호 10-2017-7030663  
(22) 출원일자(국제) 2016년03월24일  
심사청구일자 없음  
(85) 번역문제출일자 2017년10월24일  
(86) 국제출원번호 PCT/US2016/024098  
(87) 국제공개번호 WO 2016/154484  
국제공개일자 2016년09월29일  
(30) 우선권주장  
62/137,229 2015년03월24일 미국(US)  
(뒷면에 계속)

(71) 출원인  
케이엘에이-테크 코퍼레이션  
미합중국, 캘리포니아 95035, 밀피타스, 원 테크  
놀로지 드라이브  
(72) 발명자  
마스나게티 더글라스  
미국 캘리포니아주 95120 산 호세 코르테 데 로사  
1451  
토스 가보  
미국 캘리포니아주 95124 산 호세 투폴로 드라이  
브 1634  
(뒷면에 계속)  
(74) 대리인  
김태홍, 김진희

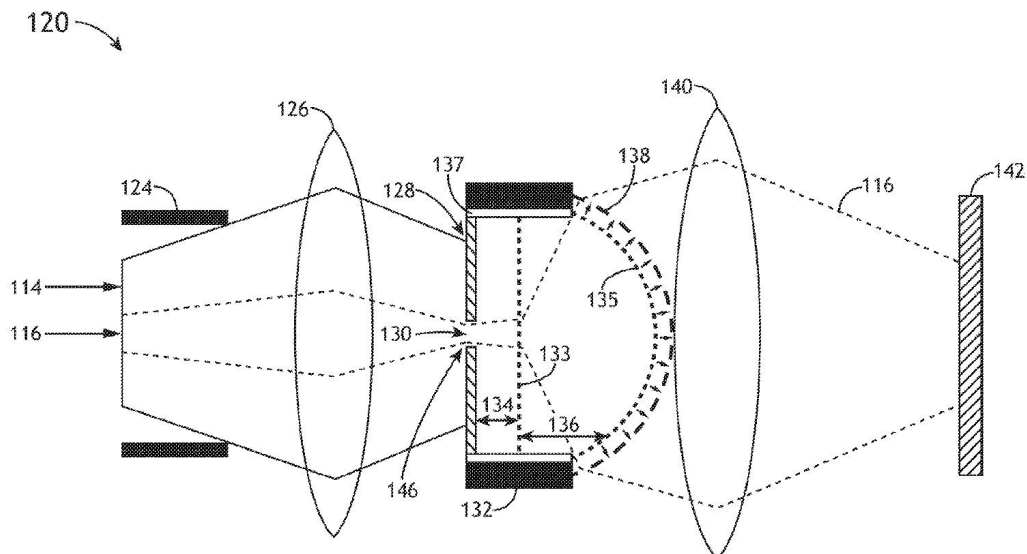
전체 청구항 수 : 총 28 항

(54) 발명의 명칭 향상된 이미지 빔 안정화 및 인터로게이션을 갖는 하전 입자 현미경 검사를 위한 방법 및 시스템

(57) 요약

향상된 이미지 빔 안정성을 갖는 주사 전자 현미경 검사 시스템이 개시된다. 시스템은 전자 빔을 생성하도록 구성되는 전자 빔 소스 및 전자 빔의 적어도 일부를 샘플의 일부 상으로 지향시키는 전자 광학 엘리먼트의 세트를 포함한다. 시스템은 이미터스 분석기 어셈블리를 포함한다. 시스템은 샘플의 표면에 의해 방출되는 이차 전자 및/또는 후방 산란 전자의 적어도 일부를 이미터스 분석기 어셈블리로 지향시키도록 구성되는 스플리터 엘리먼트를 포함한다. 이미터스 분석기 어셈블리는 이차 전자 및/또는 후방 산란 전자 중 적어도 한 쪽을 이미지화하도록 구성된다.

대표도



(52) CPC특허분류

**H01J 37/244** (2013.01)  
**H01J 37/28** (2013.01)  
*G01N 2223/6116* (2013.01)  
*H01J 2237/0044* (2013.01)  
*H01J 2237/0048* (2013.01)  
*H01J 2237/057* (2013.01)  
*H01J 2237/24465* (2013.01)  
*H01J 2237/24475* (2013.01)

(72) 발명자

**트리스 데이비드**

미국 캘리포니아주 94501 앨러미다 오크 스트리트  
 1714

**보트라 로허트**

미국 캘리포니아주 95035 밀피타스 펀리프 드라이브  
 680

**첸 그레이스 에이치**

미국 캘리포니아주 95030 로스 가토스 세로 치코  
 220

**니펠메이어 라이너**

미국 메사추세츠주 01450 그로턴 헤이든 로드 131

(30) 우선권주장

62/166,682	2015년05월27일	미국(US)
62/214,737	2015년09월04일	미국(US)
62/277,670	2016년01월12일	미국(US)
15/079,046	2016년03월24일	미국(US)

## 명세서

### 청구범위

#### 청구항 1

주사 전자 현미경 검사 장치(scanning electron microscopy apparatus)로서,

전자 빔을 생성하도록 구성되는 전자 빔 소스;

상기 전자 빔의 적어도 일부를 샘플의 일부 상으로 지향시키기 위한 전자 광학 엘리먼트의 세트;

이미턴스 분석기 어셈블리(emittance analyzer assembly);

상기 샘플의 표면에 의해 방출되는 이차 전자 및/또는 후방 산란 전자의 적어도 한 쪽의 적어도 일부를 상기 이미턴스 분석기 어셈블리로 지향시키도록 구성되는 스플리터 엘리먼트

를 포함하고,

상기 이미턴스 분석기 어셈블리는 상기 이차 전자 또는 상기 후방 산란 전자의 적어도 한 쪽을 이미지화 하도록 구성되고,

상기 이미턴스 분석기 어셈블리는,

편향 광학장치의 세트;

제1 전자 광학 렌즈;

중심 어퍼처를 포함하는 제1 전자 검출기 - 상기 제1 전자 검출기는 상기 이차 전자의 일부 또는 상기 후방 산란 전자의 일부 중 적어도 한 쪽을 수집하도록 구성됨 - ;

상기 제1 전자 검출기로부터 하류에 배치되는 제1 메쉬 엘리먼트;

상기 제1 메쉬 엘리먼트로부터 하류에 배치되는 제2 메쉬 엘리먼트 - 상기 제1 전자 검출기 및 상기 제1 메쉬 엘리먼트는 감속 영역을 형성하고, 상기 제1 메쉬 엘리먼트 및 상기 제2 메쉬 엘리먼트는 드리프트 영역을 형성함 - ;

상기 제2 그라운드 메쉬 엘리먼트로부터 하류에 배치되는 에너지 필터;

제2 전자 광학 렌즈; 및

상기 이차 전자의 추가적인 일부 또는 상기 후방 산란 전자의 추가적인 일부 중 적어도 한 쪽을 수집하도록 구성되는 제2 전자 검출기를 포함하는 것인, 주사 전자 현미경 검사 장치.

#### 청구항 2

제1항에 있어서,

상기 편향 광학장치의 세트는, 상기 이미지 빔을 상기 이미턴스 분석기 어셈블리의 하나 이상의 컴포넌트와 정렬하도록 구성되는 것인, 주사 전자 현미경 검사 장치.

#### 청구항 3

제1항에 있어서,

상기 편향 광학장치의 세트는 정전 편향기 또는 자기 편향기의 세트 중 적어도 하나를 포함하는 것인, 주사 전자 현미경 검사 장치.

#### 청구항 4

제1항에 있어서,

상기 편향 광학장치의 세트는 가속 라이너 내에 배치되는 것인, 주사 전자 현미경 검사 장치.

#### 청구항 5

제1항에 있어서,

상기 제1 전자 광학 렌즈는 상기 편향 광학장치의 세트로부터 하류에 배치되는 것인, 주사 전자 현미경 검사 장치.

#### 청구항 6

제1항에 있어서,

상기 제1 전자 광학 렌즈는 정전 렌즈 또는 자기 렌즈 중 적어도 하나를 포함하는 것인, 주사 전자 현미경 검사 장치.

#### 청구항 7

제1항에 있어서,

상기 제1 전자 검출기는 그라운드로 유지되는 것인, 주사 전자 현미경 검사 장치.

#### 청구항 8

제1항에 있어서,

상기 제1 메쉬 엘리먼트는 상기 제1 전자 검출기로부터 하류에 배치되고 상기 샘플의 표면 전위와 동등한 전위로 유지되는 것인, 주사 전자 현미경 검사 장치.

#### 청구항 9

제1항에 있어서,

상기 제2 메쉬 엘리먼트는 상기 제1 메쉬 엘리먼트로부터 하류에 배치되고 상기 샘플의 표면 전위와 동등한 전위로 유지되는 것인, 주사 전자 현미경 검사 장치.

#### 청구항 10

제1항에 있어서,

상기 제1 메쉬 엘리먼트는 평면형 와이어 메쉬(planar wire mesh)를 포함하는 것인, 주사 전자 현미경 검사 장치.

#### 청구항 11

제1항에 있어서,

상기 제2 메쉬 엘리먼트는 반구형 와이어 메쉬(hemispherical wire mesh)를 포함하는, 주사 전자 현미경 검사 장치.

#### 청구항 12

제1항에 있어서,

상기 에너지 필터는 반구형 와이어 메쉬를 포함하는 것인, 주사 전자 현미경 검사 장치.

#### 청구항 13

제1항에 있어서,

상기 제1 전자 검출기 또는 상기 제2 전자 검출기 중 적어도 하나는,

다중 채널 플레이트 검출기, 고체 검출기(solid state detector) 또는 신틸레이터 검출기 중 적어도 하나를 포함하는 것인, 주사 전자 현미경 검사 장치.

#### 청구항 14

제1항에 있어서,

상기 제1 전자 검출기 또는 상기 제2 전자 검출기 중 적어도 하나는 두 개 이상의 세그먼트로 세그먼트화되는 것인, 주사 전자 현미경 검사 장치.

#### 청구항 15

제1항에 있어서,

상기 이미턴스 분석기 어셈블리는 이차 전자 및 후방 산란 전자 이미징 모드에서 동작하도록 구성되는 것인, 주사 전자 현미경 검사 장치.

#### 청구항 16

제1항에 있어서,

상기 이미턴스 분석기 어셈블리는 후방 산란 전자 및 고 종횡비 전자 이미징 모드에서 동작하도록 구성되는 것인, 주사 전자 현미경 검사 장치.

#### 청구항 17

제1항에 있어서,

상기 이미턴스 분석기 어셈블리는 후방 산란 전자 전용 이미징 모드(backscattered electron only imaging mode)에서 동작하도록 구성되는 것인, 주사 전자 현미경 검사 장치.

#### 청구항 18

제1항에 있어서,

상기 전자 소스는 인 시류의 플러드 사전 선량(in-situ flood pre-dose)을 상기 샘플에 인가하도록 구성되는 것인, 주사 전자 현미경 검사 장치.

#### 청구항 19

제1항에 있어서,

인 시류의 플러드 사전 선량을 상기 샘플에 인가하도록 구성되는 플러드 건(flood gun)을 더 포함하는, 주사 전자 현미경 검사 장치.

#### 청구항 20

제1항에 있어서,

게이트 적분기(gated integrator)를 더 포함하는, 주사 전자 현미경 검사 장치.

#### 청구항 21

제1항에 있어서,

상기 게이트 적분기는 상기 이미턴스 분석기 어셈블리의 하나 이상의 컴포넌트를 상기 샘플의 표면 전위로 로크하도록(lock) 구성되는 것인, 주사 전자 현미경 검사 장치.

#### 청구항 22

이미턴스 분석기 어셈블리로서,

편향 광학장치의 세트;

제1 전자 광학 렌즈;

중심 어퍼처를 포함하는 제1 전자 검출기 - 상기 제1 전자 검출기는 이차 전자의 일부 또는 후방 산란 전자의 일부 중 적어도 한 쪽을 수집하도록 구성됨 - ;

상기 제1 전자 검출기로부터 하류에 배치되는 제1 메쉬 엘리먼트;

상기 제1 메쉬 엘리먼트로부터 하류에 배치되는 제2 메쉬 엘리먼트 - 상기 제1 전자 검출기 및 상기 제1 메쉬 엘리먼트는 감속 영역을 형성하고, 상기 제1 메쉬 엘리먼트 및 상기 제2 메쉬 엘리먼트는 드리프트 영역을 형성함 - ;

제2 그라운드 메쉬 엘리먼트로부터 하류에 배치되는 에너지 필터;

제2 전자 광학 렌즈; 및

상기 이차 전자의 추가적인 일부 또는 상기 후방 산란 전자의 추가적인 일부 중 적어도 한 쪽을 수집하도록 구성되는 제2 전자 검출기를 포함하는, 이미턴스 분석기 어셈블리.

### 청구항 23

제1항에 있어서,

상기 이미턴스 분석기 어셈블리는 이차 전자 및 후방 산란 전자 이미징 모드에서 동작하도록 구성되는 것인, 주사 전자 현미경 검사 장치.

### 청구항 24

제1항에 있어서,

상기 이미턴스 분석기 어셈블리는 후방 산란 전자 및 고 종횡비 전자 이미징 모드에서 동작하도록 구성되는 것인, 주사 전자 현미경 검사 장치.

### 청구항 25

제1항에 있어서,

상기 이미턴스 분석기 어셈블리는 후방 산란 전자 전용 이미징 모드에서 동작하도록 구성되는 것인, 주사 전자 현미경 검사 장치.

### 청구항 26

제1항에 있어서,

상기 이미턴스 분석기 어셈블리는, 이차 전자 및 후방 산란 전자 이미징 모드, 후방 산란 전자 및 고 종횡비 전자 이미징 모드 및 후방 산란 전자 전용 이미징 모드 사이에서 전환되도록 구성되는 것인, 주사 전자 현미경 검사 장치.

### 청구항 27

시스템으로서,

제1 이미턴스 분석기 어셈블리; 및

제2 이미턴스 분석기 어셈블리

를 포함하고,

상기 제1 이미턴스 분석기 어셈블리 또는 상기 제2 이미턴스 분석기 중 적어도 하나는,

편향 광학장치의 세트;

제1 전자 광학 렌즈;

중심 어퍼처를 포함하는 제1 전자 검출기 - 상기 제1 전자 검출기는 이차 전자의 일부 또는 후방 산란 전자의 일부 중 적어도 한 쪽을 수집하도록 구성됨 - ;

상기 제1 전자 검출기로부터 하류에 배치되는 제1 메쉬 엘리먼트;

상기 제1 메쉬 엘리먼트로부터 하류에 배치되는 제2 메쉬 엘리먼트 - 상기 제1 전자 검출기 및 상기 제1 메쉬 엘리먼트는 감속 영역을 형성하고, 상기 제1 메쉬 엘리먼트 및 상기 제2 메쉬 엘리먼트는 드리프트 영역을 형성

함 - ;

상기 제2 그라운드 메쉬 엘리먼트로부터 하류에 배치되는 에너지 필터;

제2 전자 광학 렌즈; 및

상기 이차 전자의 추가적인 일부 또는 상기 후방 산란 전자의 추가적인 일부 중 적어도 한 쪽을 수집하도록 구성되는 제2 전자 검출기를 포함하는 것인, 시스템.

## 청구항 28

시스템으로서,

제1 이미턴스 분석기 어셈블리;

제2 이미턴스 분석기 어셈블리; 및

제3 이미턴스 분석기 어셈블리를 포함하고,

상기 제1 이미턴스 분석기 어셈블리, 상기 제2 이미턴스 분석기 어셈블리 또는 상기 제3 이미턴스 분석기 어셈블리 중 적어도 하나는,

편향 광학장치의 세트;

제1 전자 광학 렌즈;

중심 어퍼처를 포함하는 제1 전자 검출기 - 상기 제1 전자 검출기는 이차 전자의 일부 또는 후방 산란 전자의 일부 중 적어도 한 쪽을 수집하도록 구성됨 - ;

상기 제1 전자 검출기로부터 하류에 배치되는 제1 메쉬 엘리먼트;

상기 제1 메쉬 엘리먼트로부터 하류에 배치되는 제2 메쉬 엘리먼트 - 상기 제1 전자 검출기 및 상기 제1 메쉬 엘리먼트는 감속 영역을 형성하고, 상기 제1 메쉬 엘리먼트 및 상기 제2 메쉬 엘리먼트는 드리프트 영역을 형성함 - ;

제2 그라운드 메쉬 엘리먼트로부터 하류에 배치되는 에너지 필터;

제2 전자 광학 렌즈; 및

상기 이차 전자의 추가적인 일부 또는 상기 후방 산란 전자의 추가적인 일부 중 적어도 한 쪽을 수집하도록 구성되는 제2 전자 검출기를 포함하는 것인, 시스템.

## 발명의 설명

## 기술 분야

[0001] 관련 출원의 교차 참조

[0002] 본 출원은 35 U.S.C. § 119(e) 하에서의 이익을 주장하며 2015년 3월 24일자로 출원된 미국 가출원 제 62/137,229호; 2015년 5월 27일자로 출원된 미국 가출원 제 62/166,682호; 2015년 9월 4일자로 출원된 미국 가출원 제 62/214,737호; 및 2016년 1월 1일자로 출원된 미국 가출원 제 62/277,670호의 정규(비임시) 특허 출원을 구성하는데, 이들 가출원 각각은 참조에 의해 그 전체가 본원에 통합된다.

[0003] 기술 분야

[0004] 본 발명은 일반적으로 하전 입자 현미경 검사(charged particle microscopy)에 관한 것으로, 특히, 이미지 빔의 향상된 안정화 및 인터로게이션(interrogation)을 갖는 주사 전자 현미경 시스템에 관한 것이다.

## 배경 기술

[0005] 로직 및 메모리 디바이스와 같은 반도체 디바이스를 제조하는 것은, 통상적으로, 다양한 피쳐 및 다수의 레벨의 반도체 디바이스를 형성하기 위한 아주 많은 수의 반도체 제조 프로세스를 사용하여 반도체 웨이퍼와 같은 기판을 프로세싱하는 것을 포함한다. 반도체 디바이스 사이즈가 점점 더 작아짐에 따라, 향상된 웨이퍼 검사 및 검토 디바이스 및 프로시저를 개발하는 것이 중요하게 된다. 그러한 만큼, 반도체 웨이퍼와 같은 샘플의 향상된

전자 이미징을 제공하는 시스템 및 방법을 제공하는 것이 유익할 것이다.

## 발명의 내용

### 과제의 해결 수단

[0006] 본 개시의 하나 이상의 실시형태에 따른 주사 전자 현미경 검사(scanning electron microscopy; SEM) 장치가 개시된다. 하나의 예시적인 실시형태에서, SEM 장치는 전자 빔을 생성하도록 구성되는 전자 빔 소스를 포함한다. 다른 예시적인 실시형태에서, SEM 장치는 전자 빔의 적어도 일부를 샘플의 일부로 지향시키는 전자 광학 엘리먼트의 세트를 포함한다. 다른 예시적인 실시형태에서, SEM 장치는 이미턴스 분석기 어셈블리(emittance analyzer assembly)를 포함한다. 다른 예시적인 실시형태에서, SEM 장치는 샘플의 표면에 의해 방출되는 이차(secondary) 전자 또는 후방 산란 전자 중 적어도 한 쪽의 적어도 일부를 이미턴스 분석기 어셈블리로 지향시키도록 구성되는 스플리터 엘리먼트를 포함한다. 다른 예시적인 실시형태에서, 이미턴스 분석기 어셈블리는 이차 전자 또는 후방 산란 전자 중 적어도 한 쪽을 이미징하도록 구성된다. 다른 예시적인 실시형태에서, 이미턴스 분석기 어셈블리는: 편향 광학장치의 세트; 제1 전자 광학 렌즈; 중심 어퍼처를 포함하는 제1 전자 검출기 - 제1 전자 검출기는 이차 전자의 일부 또는 후방 산란 전자의 일부 중 적어도 한 쪽을 수집하도록 구성됨 - ; 제1 전자 검출기로부터 하류에 배치되는 제1 메쉬 엘리먼트; 제1 메쉬 엘리먼트로부터 하류에 배치되는 제2 메쉬 엘리먼트 - 제1 전자 검출기 및 제1 메쉬 엘리먼트는 감속 영역을 형성하고, 제1 메쉬 엘리먼트 및 제2 메쉬 엘리먼트는 드리프트 영역을 형성함 - ; 제2 그라운드 메쉬 엘리먼트로부터 하류에 배치되는 에너지 필터; 제2 전자 광학 렌즈; 및 이차 전자의 추가적인 일부 또는 후방 산란 전자의 추가적인 일부 중 적어도 한 쪽을 수집하도록 구성되는 제2 전자 검출기를 포함한다.

[0007] 다른 예시적인 실시형태에서, 이미턴스 분석기는 이차 전자 및 후방 산란 전자 이미징 모드에서 동작하도록 구성된다. 다른 예시적인 실시형태에서, 이미턴스 분석기는 후방 산란 전자 및 고 종횡비(high aspect ratio) 전자 이미징 모드에서 동작하도록 구성된다. 다른 예시적인 실시형태에서, 이미턴스 분석기는 후방 산란 전자 전용 이미징 모드에서 동작하도록 구성된다. 다른 예시적인 실시형태에서, 이미턴스 분석기는, 이차 전자 및 후방 산란 전자 이미징 모드, 후방 산란 전자 및 고 종횡비 전자 이미징 모드 및 후방 산란 전자 전용 이미징 모드 사이에서 전환하도록 구성된다.

[0008] 다른 예시적인 실시형태에서, 전자 소스 및/또는 플러드 건(flood gun)은 샘플에 인 시튜의 플러드 사전 선량(in-situ flood pre-dose)을 인가하도록 구성된다.

[0009] 다른 예시적인 실시형태에서, 장치는 이미턴스 분석기 어셈블리의 하나 이상의 컴포넌트를 샘플의 표면 전위에 로크하도록(lock) 구성되는 게이트 적분기(gated integrator)를 포함한다.

[0010] 상기의 일반적인 설명과 하기의 상세한 설명 둘 다는 예시적인 것이고 설명만을 위한 것이며, 청구되는 바와 같은 본 발명을 반드시 제한하는 것이 아니라는 것이 이해되어야 한다. 본 명세서에 통합되며 본 명세서의 일부를 구성하는 첨부 도면은, 본 발명의 예시적인 실시형태를 예시하며, 일반적인 설명과 함께, 본 발명의 원리를 설명하도록 기능한다.

### 도면의 간단한 설명

[0011] 첨부 도면에 대한 참조에 의해, 본 개시의 다양한 이점이 기술 분야의 숙련된 자에 의해 더 잘 이해될 수도 있는데, 도면에서:

도 1a 내지 도 6c는, 본 개시에 따른, 이미지 빔의 향상된 안정화 및 인터로게이션을 갖는 주사 전자 현미경 검사 시스템의 하나 이상의 실시형태를 예시한다.

### 발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0012] 이제, 첨부 도면에서 예시되는, 개시되는 주제를 상세히 참조할 것이다.

[0013] 도 1a 내지 도 6c를 일반적으로 참조하면, 이미지 빔의 향상된 안정화 및 인터로게이션을 가지고 주사 전자 현미경 검사를 수행하는 시스템 및 방법이 본 개시에 따라 개시된다.

[0014] 본 개시의 실시형태는 샘플 표면으로부터의 전자 이미지 빔으로부터 정보를 추출하는 이미턴스 분석기 어셈블리에 관한 것이다. 또한, 이미턴스 분석기 어셈블리는 다양한 구성으로 구성될 수도 있다. 본 개시 전체에 걸



쳐 논의되는 바와 같이, 본 개시의 이미턴스 분석기 어셈블리는, 이차 전자/후방 산란 전자(secondary electron/backscattered electron; SE-BSE) 모드, 후방 산란 전자/고 종횡비(backscattered electron/high aspect ratio; BSE-HAR) 모드 및/또는 BSE 전용 모드에서 동작할 수도 있고, 이에 의해 시스템은 다양한 분석기 모드 사이를 전환할 수 있다. 본 개시의 이미턴스 분석기는 이미징의 임의의 모드 동안 실시간의 웨이퍼 표면 전위 획득을 허용한다. 또한, 본 개시의 이미턴스 분석기는, 표면 전압을 발생시키는 웨이퍼를 이미지화할 때 극각 식별 드리프트(polar angle discrimination drift) 및 이미지 빔 위치 드리프트를 안정화시키기 위한 제어 신호의 생성을 허용한다.

- [0015] 본 개시의 추가적인 실시형태는, 이미지 품질을 향상시키는 목적을 위해 이미지 경로 광학 엘리먼트를 주어진 샘플의 표면 전위에 로크하도록 구성되는 게이트 적분기에 관한 것이다. 본 개시의 추가적인 실시형태는, 이미지 빔을 안정화시키기 위해, 이미턴스 분석 어셈블리 및/또는 게이트 적분기와 함께, 인 시트의 플러드의 구현에 관한 것이다.
- [0016] 본 개시는 다음의 미국 특허에서 적어도 부분적으로 논의되는 실시형태를 포함하는데, 다음의 미국 특허의 각각은 참조에 의해 그 전체가 본원에 통합된다: 제5210487호, 제6483120호, 제6570154호, 제6784425호, 제6844550호, 제6897458호, 제7041976호, 제7075078호, 제7683317호, 제7705301호, 제7141791호, 제7656171호, 제7714287호, 제783833호, 제8203119호, 제8263934호, 제8274048호, 제8288724호, 제8421027호, 제8884224호, 제8890068호, 제8946649호, 제8963083호, 제9000395호, 제9048062호, 제9048063호, 및 제9165742호. 본 개시는 다음의 미국 특허 공개 공보에서 적어도 부분적으로 논의되는 실시형태를 포함하는데, 다음의 미국 특허 공개 공보의 각각은 참조에 의해 그 전체가 본원에 통합된다: 제2007/0090288호, 제2012/0273690호, 제2013/0032729호, 제2014/0299767호 및 제2014/029967호. 본 개시는 미국 특허 출원 제14/696122호에서 적어도 부분적으로 논의되는 실시형태를 포함하는데, 이 미국 출원은 참조에 의해 그 전체가 본원에 통합된다.
- [0017] 도 1a는, 본 개시의 하나의 실시형태에 따른, 이차 전자 및/또는 후방 산란 전자의 수집을 통해 샘플을 이미지화하기 위해 배치되는 하전 입자 이미징 시스템(100)을 예시한다.
- [0018] 하나의 실시형태에서, 시스템(100)은 전자 빔 소스(102), 전자 광학 칼럼(electron-optical column; 105), 스플리터 엘리먼트(112), 이미턴스 분석기 어셈블리(120) 및 컨트롤러(121)를 포함한다.
- [0019] 이미턴스 분석기 어셈블리(120)는 현미경 검사 시스템(100)의 이미턴스에 관련되는 이미지 빔으로부터 정보를 추출하도록 기능한다. 이미지 빔은, 입사하는 일차(primary) 빔(104)에 응답하여 샘플(110)의 표면에 의해 방출되는 후방 산란 전자(114) 및/또는 이차 전자(116)를 포함한다.
- [0020] 하나의 실시형태에서, 전자 빔 소스(102)는 하나 이상의 일차 전자 빔(104)을 생성하도록 구성된다. 전자 빔 소스(102)는 기술 분야에서 공지되어 있는 임의의 전자 소스를 포함할 수도 있다. 예를 들면, 전자 빔 소스(102)는 하나 이상의 전자 총을 포함할 수도 있지만, 그러나 이것으로 제한되는 것은 아니다. 예를 들면, 전자 빔 소스(102)는 단일의 일차 전자 빔(104)을 생성하기 위한 단일의 전자 총을 포함할 수도 있다. 다른 경우에서, 전자 빔 소스(102)는 다수의 일차 전자 빔(104)을 생성하기 위한 다수의 전자 총을 포함할 수도 있다.
- [0021] 다른 실시형태에서, 전자 광학 칼럼(105)은 전자 광학 엘리먼트의 세트를 포함할 수도 있다. 전자 광학 엘리먼트의 세트는 전자 빔(104)의 적어도 일부를 샘플(110)(예를 들면, 반도체 웨이퍼)의 선택된 부분 상으로 지향시킬 수도 있다. 전자 광학 칼럼(105)의 전자 광학 엘리먼트의 세트는, 샘플(110)의 선택된 부분 상으로 전자 빔(104)을 집속 및/또는 지향시키기에 적합한 기술 분야에서 공지되어 있는 임의의 전자 광학 엘리먼트를 포함할 수도 있다. 하나의 실시형태에서, 전자 광학 엘리먼트의 세트는 하나 이상의 전자 광학 렌즈를 포함한다. 예를 들면, 전자 광학 렌즈는 전자 빔 소스(102)로부터 전자를 수집하기 위한 하나 이상의 집광 렌즈(106)를 포함할 수도 있지만, 그러나 이것으로 제한되는 것은 아니다. 다른 예로서, 전자 광학 렌즈는, 샘플(110)의 선택된 영역 상으로 전자 빔(104)을 집속하기 위한 하나 이상의 대물 렌즈(108)를 포함할 수도 있지만, 그러나 이것으로 제한되는 것은 아니다.
- [0022] 다른 실시형태에서, 전자 광학 칼럼(106)의 전자 광학 엘리먼트의 세트는 하나 이상의 전자 빔 주사 엘리먼트(도시되지 않음)를 포함한다. 예를 들면, 하나 이상의 전자 빔 주사 엘리먼트는, 샘플(110)의 표면에 대한 빔(104)의 위치를 제어하기에 적합한 하나 이상의 전자기 주사 코일(electromagnetic scanning coil) 또는 정전 편향기(electrostatic deflector)를 포함할 수도 있지만, 그러나 이들로 제한되는 것은 아니다. 이와 관련하여, 하나 이상의 주사 엘리먼트는, 선택된 패턴으로 샘플(110)에 걸쳐 전자 빔(104)을 주사하는 데 활용될 수도 있다.

- [0023] 간략화의 목적을 위해, 단일의 전자 광학 칼럼(106)이 도 1a에서 묘사된다. 본 개시에서 이 구성은 제한으로서 해석되어서는 안된다는 것을 유의한다. 예를 들면, 시스템(100)은 다수의 전자 광학 칼럼(106)을 포함할 수도 있다.
- [0024] 다른 실시형태에서, 스플리터 엘리먼트(112)는, 샘플(110)의 표면에 의해 방출되는 이차 전자 및/또는 후방 산란 전자를 이미턴스 분석기 어셈블리(120)의 입구로 편향시키도록 배치된다. 예를 들면, 스플리터 엘리먼트(112)는 빈 필터(Wien filter)와 같은 그러나 이것으로 제한되지는 않는 전자 속도 선택기를 포함할 수도 있다. 다른 실시형태에서, 시스템(100)은 웨넬트 전극(Wehnelt cylinder)을 포함할 수도 있다.
- [0025] 도 1b는, 종래의 렌즈 후방 암시야 이미징(behind-the-lens darkfield imaging)을 위한 이차 전자 분포(111) 및 본 개시에 대한 이미턴스 분석기를 사용한 이미징을 위한 이차 전자 분포(113)를 예시한다. 그래프(111 및 113)는 1eV, 2eV, 5eV 및 10eV에서의 시뮬레이션의 검출기의 평면에서의 이차 전자 분포를 나타낸다. 그래프(111)에 도시되는 바와 같이, 이차 전자 에너지 범위에 걸친 극각 정렬은 불량하다. 대조적으로, 그래프(113)에서 도시되는 바와 같이, 이차 전자 에너지 범위에 걸친 극각 정렬은, 본 개시의 이미턴스 분석기 접근법(approach)의 경우에 향상된다.
- [0026] 도 1c는, 본 개시의 하나의 실시형태에 따른, SE-BSE 이미징 모드에서 구성되는 이미턴스 분석기 어셈블리(120)의 블록도를 예시한다.
- [0027] 시스템(100)은 샘플(110)로부터의 이차 전자(116)를 이미턴스 분석기(120)의 입구로 신속하게 이동시키는 것에 의해 동작한다. 예를 들면, 이것은, 이차 전자(116)가 샘플(110)로부터 방출될 때 큰 전기장을 사용하여 그들을 가속시키는 것에 의해 수행될 수도 있고, 그 다음, 렌즈를 활용하여 어셈블리(120)의 분석부 입구에서 켈레 지점(conjugate point)을 형성하고, 이차 전자(116)를 다시 그들의 초기 운동 에너지(드리프트 영역 입구)로 감속시키고, 그 다음, 마치 이차 전자(116)가 입구에서의 켈레 지점으로부터 드리프트 영역으로 방출되는 것처럼 분석 광학장치를 설계할 수도 있다. 높은 "추출 필드(extraction field)"는, 극각 식별에서 주행 시간 에러(transit time error)를 최소화하기 위해서 뿐만 아니라, 큰 방위각 식별 에러가 대물 렌즈의 높은 자기장에 의해 유도되는 것을 방지하기 위해서, 필요로 된다는 것을 유의한다.
- [0028] 하나의 실시형태에서, 이미턴스 분석기 어셈블리(120)는 편향 광학장치(124)의 세트를 포함한다. 하나의 실시형태에서, 편향 광학장치의 세트는 이미턴스 분석기 어셈블리(120)의 하나 이상의 추가적인 컴포넌트 앞에 또는 상류에 위치된다. 편향 광학장치의 세트는, 후방 산란 전자(114) 및/또는 이차 전자(116)를 포함하는 이미지 빔을, 이미턴스 분석기 어셈블리(120)의 하나 이상의 컴포넌트와 정렬하도록 구성된다. 예를 들면, 편향 광학장치(124)는 이미지 빔을 역 주사(de-scan)하도록 그리고 이미지 빔(114, 116)을, 이미턴스 분석기 어셈블리(120)의 추가적인 컴포넌트 중 하나 이상에 대해 동축이 되도록 정렬하도록 기능할 수도 있다. 일차 빔 주사 엘리먼트로부터의 후방 산란 전자(114) 및/또는 이차 전자(116)에게 부여되는 횡방향 속도 성분은 편향 광학장치(124)의 세트로 상쇄될 수도 있다는 것을 또한 유의한다.
- [0029] 편향 광학장치의 세트는 편향 엘리먼트의 하나 이상의 세트를 포함할 수도 있다. 예를 들면, 편향 광학장치(124)의 세트는, 하나 이상의 4극 엘리먼트, 하나 이상의 8극 엘리먼트 또는 하나 이상의 고차 전자 광학 편향 엘리먼트를 포함할 수도 있지만, 그러나 이들로 제한되는 것은 아니다. 하나의 실시형태에서, 편향 광학장치(124)의 세트는 하나 이상의 정전 편향기를 포함한다. 다른 실시형태에서, 편향 광학장치(124)의 세트는 하나 이상의 자기 편향기를 포함한다. 예를 들면, 하나 이상의 정전 편향기 또는 자기 편향기는 고전위의 가속 라이너 내에 배치될 수도 있고 라이너 전위에서 플로팅될 수도 있다.
- [0030] 다른 실시형태에서, 이미턴스 분석기 어셈블리(120)는 제1 전자 광학 렌즈(126)(또는 렌즈들)를 포함한다. 하나의 실시형태에서, 제1 전자 광학 렌즈(126)는 편향 광학장치(124) 세트로부터 하류에 배치된다. 예를 들면, 제1 전자 광학 렌즈(126)는 편향 광학장치(124)의 세트에 근접하여 배치될 수도 있다. 하나의 예에서, 제1 전자 광학 렌즈(126)는 편향 광학장치(124)의 세트를 포함하는 고전위 라이너의 출력을 중단시키도록 기능할 수도 있다.
- [0031] 하나의 실시형태에서, 제1 전자 광학 렌즈(126)는 정전 렌즈를 포함한다. 예를 들면, 제1 전자 광학 렌즈(126)는 이미지 빔의 후방 산란 전자(114) 및/또는 이차 전자(116)를 가속시키도록 구성되는 정전 렌즈를 포함할 수도 있지만, 그러나 이것으로 제한되는 것은 아니다. 다른 예로서, 제1 전자 광학 렌즈(126)는, 이미지 빔의 후방 산란 전자(114) 및/또는 이차 전자(116)를 감속하도록 구성되는 정전 렌즈를 포함할 수도 있지만, 그러나 이것으로 제한되는 것은 아니다. 다른 실시형태에서, 제1 전자 광학 렌즈(126)는 자기 렌즈를 포함한다.

- [0032] 하나의 실시형태에서, 이미턴스 분석기 어셈블리(120)는 중심 어퍼처(130)를 포함하는 제1 전자 검출기(128)를 포함한다. 본 개시 전체에 걸쳐 중심 어퍼처(130)는 이미턴스 분석기 어셈블리(120)의 분석부의 입구로서 언급될 수도 있다는 것을 유의한다. SE-BSE 이미징의 경우에, 제1 전자 검출기(128)는 후방 산란 전자(114)를 측정하도록 구성된다.
- [0033] 예를 들면, 제1 전자 광학 렌즈(126)는 제1 검출기(128)의 평면에서 1보다 더 큰 축소를 갖는 이차 전자 켈레 지점(130)을 형성하기 위해 사용된다. 후방 산란 전자(114)의 대부분은 명시야(bright-field) 및 암시아 후방 산란 전자 이미징 양자를 허용하는 검출기(128)(예를 들면, 세그먼트형 검출기(segmented detector))에 의해 수집된다. 이차 전자(116) 및 가장 축 방향의 후방 산란 전자(114)는 제1 검출기(128) 어퍼처를 통과하여 SE 빔의 BSE 오염을 최소화한다.
- [0034] 제1 전자 검출기(128)는 기술 분야에서 공지되어 있는 임의의 전자 검출기를 포함할 수도 있다. 예를 들면, 제1 전자 검출기(128)는 고체 검출기(solid state detector)를 포함할 수도 있지만, 그러나 이것으로 제한되는 것은 아니다. 다른 예로서, 제1 전자 검출기(128)는 다중 채널 플레이트를 포함할 수도 있지만, 그러나 이것으로 제한되는 것은 아니다. 다른 예로서, 제1 전자 검출기(128)는 신틸레이터 타입 전자 검출기(scintillator-type electron detector)를 포함할 수도 있지만, 그러나 이것으로 제한되는 것은 아니다. 하나의 실시형태에서, 제1 전자 검출기(128)는 둘 이상의 세그먼트(예를 들면, 도 1d에서 도시되는 세그먼트형 검출기)로 세그먼트화된다. 하나의 실시형태에서, 검출기(128)의 세그먼트는, 후방 산란된 전자(114) 빔 중심과 검출기(128)의 평면 내의 이차 전자(116) 빔 중심 사이의 거리만큼 검출기의 중심 어퍼처로부터 오프셋된다. 다른 실시형태에서, 제1 전자 검출기(128)는 제1 전자 검출기(128)의 검출부 뒤에 배치되는 자기 차폐 엘리먼트(예를 들면, 자기 재료의 층)를 포함한다.
- [0035] 하나의 실시형태에서, 이미턴스 분석기 어셈블리(120)는 감속 영역(134) 및 드리프트 영역(136)을 형성한다. 하나의 실시형태에서, 이미턴스 분석기 어셈블리(120)는 제1 검출기(138)로부터 하류에 배치되는 하나 이상의 제1 메쉬 엘리먼트(133)를 포함한다. 하나의 실시형태에서, 제1 메쉬 엘리먼트(133)는 평면 메쉬를 포함한다. 제1 전자 검출기(128)는 제1 그라운드 메쉬 엘리먼트(133)가 샘플(110)의 표면(예를 들면, 가상 접지)과 동일한 전위에 (또는 그 근처에) 유지된 상태에서 접지 전위로 유지될 수도 있다. 이 방식에서, 전자 감속 영역(133)은 검출기(128)와 제1 메쉬 엘리먼트(133) 사이에 형성된다. 검출기 어퍼처를 통과한 이후, 이차 전자 및 축 방향의 후방 산란 전자는 샘플 전위로 급격히 감속된다. 검출기(128)와 드리프트 영역(136)의 입구(제1 메쉬 엘리먼트(133)의 위치에 의해 정의됨) 사이의 거리는, 이차 전자(116)의 감속 시간을 제어(예를 들면, 최소화)하도록 선택될 수도 있는데, 이것은, 대부분의 후방 산란 전자가 이미턴스 분석기 어셈블리(120)의 드리프트 영역(136)으로 들어가는 것을 또한 방지하면서, 그 시간 동안 도입되는 에러를 최소화함에 있어서 도움이 되는 것을 유의한다.
- [0036] 다른 실시형태에서, 이미턴스 분석기 어셈블리(120)는, 선형의 감속 전압 구배를 형성하기 위해, 감속 영역(133)의 입구와 출구 사이에 전기적 표면 저항을 갖는 분리 튜브(132)를 포함할 수도 있다. 이러한 구성은 감속 영역(133)의 입구와 출구 사이의 등전위가 평면적이고 균일한 것을 보장하는 것을 돕는다.
- [0037] 다른 실시형태에서, 이미턴스 분석기 어셈블리(120)는 하나 이상의 제2 메쉬 엘리먼트(135)를 포함한다. 하나의 실시형태에서, 제2 메쉬 엘리먼트(135)는 반구형 와이어 메쉬를 포함한다. 제2 메쉬 엘리먼트(135)는 또한 샘플(110)의 표면과 동일한 전위에서 (또는 그 부근에서) 유지될 수도 있다. 이와 관련하여, 제1 메쉬 엘리먼트(133) 및 제2 메쉬 엘리먼트(135)는 동일한 전위로 유지되고, 그에 의해 전자 드리프트 영역(136)을 형성한다. 이차 전자(116) 및 후방 산란 전자(114)는 드리프트 영역(136)에 진입하고 그들이 샘플(110)로부터 나올 때 가지고 있던 원래의 운동량 벡터를 따른다는 것을 유의한다. 이 드리프트 시간 동안, 이차 전자(116) 및 후방 산란 전자(114)의 극각은 정렬된다. 이차 전자(116) 및 후방 산란 전자(114)에 대한 더 긴 드리프트 시간은 더 작은 잔류 극각 정렬 에러로 이어진다는 것을 유의한다.
- [0038] 다른 실시형태에서, 이미턴스 분석기 어셈블리(120)는 에너지 필터(138)를 포함한다. 하나의 실시형태에서, 에너지 필터(138)는, 극각에 무관하게 에너지 필터로부터의 자연 필드 등전위가 이차 전자(116)의 궤적에 수직으로 정렬되는 것을 보장하기 위해, 이차 전자(116) 빔 경로에서의 켈레 지점에 중심을 둔 반구형 메쉬를 포함한다. 에너지 필터(138)의 임계치는 전자(114, 116)의 극각에 거의 영향을 끼치지 않고 변화될 수도 있다는 것을 유의한다. 이차 전자(116) 및 축 방향의 후방 산란 전자(114)는 메쉬 표면에 수직인 드리프트 영역(136)의 제2 메쉬 엘리먼트(135)(예를 들면, 오펜 메쉬)로부터 나올 수도 있다. 이차 전자(116) 및 축 방향의 후방 산란 전자(114)가, 드리프트 영역(136)을 종단하는 이차 메쉬 엘리먼트(135)로부터 나온 이후, 이들은 에너지 필터

(138)(예를 들면, 에너지 필터 메쉬)를 향해 이동함에 따라 감속하기 시작한다. 에너지 필터(138)에 의한 이차 전자(116) 및 축 방향의 후방 산란 전자(114)의 수직 차단(interception)은, 어셈블리(120)가, 단지 전자(114,116)의 총 에너지의 성분이 아니라, 전자(114,116)의 총 에너지를 식별하는 것을 보장하는 것을 돕는다.

[0039] 몇몇 실시형태에서, 제1 메쉬 엘리먼트(133), 제2 메쉬 엘리먼트(135) 및/또는 에너지 필터(138)의 메쉬는 자성 재료로 형성될 수도 있다. 제1 메쉬 엘리먼트(133), 제2 메쉬 엘리먼트(135) 및/또는 에너지 필터(138)에 대한 자기 메쉬의 사용은, 누설 자계(stray magnetic field)로부터 감속 영역(134) 및/또는 드리프트 영역(136)을 차폐하는 기능을 한다는 것을 유의한다. 다른 실시형태에서, 이미턴스 분석기 어셈블리(120)는, 누설 자계로부터 감속 영역(134) 및/또는 드리프트 영역(136)을 차폐하기 위해, 감속 영역(134) 및/또는 드리프트 영역(136)을 둘러싸는 축 방향 대칭 자기 차폐를 포함할 수도 있다.

[0040] 다른 실시형태에서, 이미턴스 분석기 어셈블리(120)는 하나 이상의 제1 메쉬 엘리먼트(133) 및/또는 하나 이상의 제2 메쉬 엘리먼트(135)를 포함하거나 또는 이들에 연결되는 감속 튜브(132)를 포함한다.

[0041] 다른 실시형태에서, 이미턴스 분석기 어셈블리(120)는 제2 전자 광학 렌즈(140)(또는 렌즈들)를 포함한다. 하나의 실시형태에서, 제2 전자 광학 렌즈(140)는 에너지 필터(138)로부터 하류에 배치된다. 하나의 실시형태에서, 제2 전자 광학 렌즈(140)는 드리프트 영역(136) 또는 에너지 필터(138)를 중단하도록 기능할 수도 있다. 하나의 실시형태에서, 에너지 필터(138), 드리프트 영역(136)(예를 들면, 제2 메쉬 소자(135))의 중단, 또는 제2 전자 검출기(142)(하기에서 논의됨)의 일부는, 제2 전자 광학 렌즈(140)의 일부를 형성할 수도 있다.

[0042] 하나의 실시형태에서, 제2 전자 광학 렌즈(140)는 정전 렌즈를 포함한다. 예를 들면, 제2 전자 광학 렌즈(140)는 이미지 빔의 후방 산란 전자(114) 및/또는 이차 전자(116)를 가속시키도록 구성되는 정전 렌즈를 포함할 수도 있지만, 그러나 이것으로 제한되는 것은 아니다. 다른 예로서, 제2 전자 광학 렌즈(140)는 이미지 빔의 후방 산란 전자(114) 및/또는 이차 전자(116)를 감속하도록 구성되는 정전 렌즈를 포함할 수도 있지만, 그러나 이것으로 제한되는 것은 아니다. 다른 실시형태에서, 제2 전자 광학 렌즈(140)는 자기 렌즈를 포함한다.

[0043] 다른 실시형태에서, 이미턴스 분석기 어셈블리(120)는 제2 전자 검출기를 포함한다. 이 실시형태에서, 제2 전자 검출기(142)는 이차 전자(116) 및/또는 축 방향의 후방 산란 전자(114)를 수집하도록 구성된다. 예를 들면, 후방 산란 전자(114) 및/또는 이차 전자(116)가 에너지 필터(138)로부터 나옴에 따라, 이들은, 제2 전자 검출기(142)의 평면에서 이미지 빔을 축소하도록(de-magnify) 기능하는 제2 전자 광학 렌즈(140)를 통해 가속된다.

[0044] 제2 전자 검출기(142)는 기술 분야에서 공지되어 있는 임의의 전자 검출기를 포함할 수도 있다. 예를 들면, 제2 전자 검출기(142)는 고체 검출기를 포함할 수도 있지만, 그러나 이것으로 제한되는 것은 아니다. 다른 예로서, 제2 전자 검출기(142)는 다중 채널 플레이트를 포함할 수도 있지만, 그러나 이것으로 제한되는 것은 아니다. 다른 예로서, 제2 전자 검출기(142)는 신틸레이터 타입 전자 검출기를 포함할 수도 있지만, 그러나 이것으로 제한되는 것은 아니다. 하나의 실시형태에서, 제2 전자 검출기(142)는 둘 이상의 세그먼트(예를 들면, 도 1d에서 도시되는 세그먼트형 검출기)로 세그먼트화된다. 다른 실시형태에서, 제2 전자 검출기(142)는 제2 전자 검출기(142)의 검출부 뒤에 배치되는 자기 차폐 엘리먼트(예를 들면, 자기 재료의 층)를 포함한다.

[0045] 도 1d는, 본 개시의 하나 이상의 실시형태에 따른, 제1 전자 검출기(128)로서 사용하기에 적합한 세그먼트형 전자 검출기의 개략도를 예시한다. 도 1d에서 도시되는 바와 같이, 세그먼트형 전자 검출기(128)(예를 들면, 세그먼트형 고체 검출기)는 네 개의 사분면 검출부(quadrant detecting portion)(Q1, Q2, Q3 및 Q4)를 포함한다. 또한, 세그먼트형 전자 검출기(128)는 중심 검출부(C)를 포함한다. 또한, 어퍼처(146)는 중심 검출부(C)의 중심을 통과한다. 어퍼처(146)는, 높은 각도의 후방 산란 전자(114)가 사분면 검출부(Q1, Q2, Q3 및 Q4)에 의해 수집되는 동안, 검출기(128)를 통한 이차 전자(116)의 전송을 허용한다.

[0046] 도 1e는, 본 개시의 하나 이상의 실시형태에 따른, 제1 전자 검출기(128)로서 사용하기에 적합한 고밀도 어레이 전자 검출기의 개략도를 예시한다. 도 1e에서 도시되는 바와 같이, 고밀도 어레이 전자 검출기는 전자의 위치를 수집하고 분해하기 위한 고밀도 어레이(144)를 포함한다. 고밀도 어레이 검출기(128)는, 높은 각도의 후방 산란 전자(114)가 어레이(144)에 의해 수집되는 동안, 검출기(128)를 통한 이차 전자(116)의 전송을 다시 허용하는 어퍼처(146)를 포함한다.

[0047] 비록 어퍼처(142)가 검출기(142)에 대해 불필요할지라도, 검출기(142)의 경우에 도 1d 및 도 1e에서 묘사되는 검출기 구성이 또한 구현될 수도 있다는 것을 유의한다. 검출기(142)가 세그먼트형 검출기(예를 들어, 세그먼트형 고체 검출기)이거나 또는 고밀도 어레이 검출기인 경우, 명시야 및/또는 암시야 이미지가 어셈블리(120)에 의해 형성될 수도 있다.



- [0048] 도 1f는, 본 개시의 대안적인 실시형태에 따른, 이미턴스 분석기(150)를 예시한다. 이 실시형태에서, 이미턴스 분석기(150)는 제1 검출기를 제거하고, 그에 의해 후방 산란 전자의 동시 검출을 희생한다. 다른 실시형태에서, 이미턴스 분석기(150)는 어퍼쳐 플레이트(158)를 포함한다. 어퍼쳐 플레이트(158)는 후방 산란 전자가 검출기(142)에 도달하는 것을 차단하도록 기능한다. 이와 관련하여, 검출기(142)는 단지 이차 전자 또는 거의 근축의(near paraxial) 후방 산란 전자만을 검출할 것이다.
- [0049] 도 1g는, 본 개시의 하나의 실시형태에 따른, BSE-HAR 이미징 모드로 구성되는 이미턴스 분석기 어셈블리(120)를 예시한다. 본원에서 앞서 논의되는 바와 같이, 시스템(100)은 도 1c의 SE-BSE 구성으로부터 도 1g의 BSE-HAR 구성으로 전환될 수도 있다. 몇몇 실시형태에서, 하나 이상의 컨트롤러(121)는 시스템(100)의 다양한 컴포넌트를 조정하여 하나의 구성으로부터 다른 구성으로 전환하기 위해 사용될 수도 있다.
- [0050] 입사하는 이차 전자 빔(116) 및 후방 산란 전자 빔(114)은, 스플리터(112)(예를 들면, 빔 필터)가 상이한 각도로 그들을 편향시키도록 작용하기 때문에, 동심원적이 아니라는 것을 유의한다. 하나의 실시형태에서, 편향 엘리먼트(124)의 세트는 후방 산란 전자 원뿔(114)을 제1 검출기(128)의 어퍼쳐에 집중시킬 수도 있다. 이와 관련하여, 도 1g에서 도시되는 바와 같이, 가장 축 방향의 후방 산란 전자만이 어퍼쳐(146)를 통과한다.
- [0051] 하나의 실시형태에서, 에너지 필터(128)는, 제2 검출기(142)가 고 중형비 구조체 이미징을 위해 (어퍼쳐(146)를 통과한) 거의 근축의 후방 산란 전자만을 사용하여 동시적인 명시야 및 암시야 이미지를 생성하도록, 이차 전자를 거부하도록 설정된다. 이와 관련하여, 컨트롤러(121)(또는 다른 컨트롤러)는 이차 전자를 이렇게 거부하도록 에너지 필터(128)를 조정할 수도 있고, 그에 의해 이미턴스 분석기 어셈블리(120)를 SE-BSE 모드에서 BSE-HAR 모드로 변환한다.
- [0052] 다른 실시형태에서, 에너지 필터(128)는 가장 높은 에너지의 후방 산란 전자만을 제2 전자 검출기(142)로 전달하도록 설정되고, 그에 의해, 어셈블리(100)를 사용하여 수집되는 이미지(들)의 분해능을 향상시킨다. 다른 실시형태에서, 제2 전자 광학 렌즈(140)는 전자의 극각 식별률을 선택하기 위해 사용된다.
- [0053] 다른 실시형태에서, 큰 극각의 후방 산란 전자(즉, 어퍼쳐(146)를 통해 투과되지 않은 전자)의 명시야 및/또는 암시야 이미지가 제1 전자 검출기(128)로 획득될 수도 있다. 이와 관련하여, 큰 극각의 후방 산란 전자의 이미지는, 제2 전자 검출기(142)를 사용하여 거의 근축의 후방 산란 전자로 형성되는 이미지와 동시에 획득될 수도 있다.
- [0054] 도 1h는, 본 개시의 하나의 실시형태에 따른, BSE 전용 모드로 구성되는 이미턴스 분석기 어셈블리(120)를 예시한다. 본원에서 앞서 논의되는 바와 같이, 시스템(100)은 도 1g의 BSE-HAR 구성으로부터 도 1h의 BSE 전용 구성으로 전환될 수도 있다.
- [0055] 하나의 실시형태에서, 편향 엘리먼트(124)의 세트는 후방 산란 전자 원뿔(114)을 제1 전자 검출기(128)의 어퍼쳐(146) 상으로 집중시킬 수도 있다. 다른 실시형태에서, 제1 전자 광학 렌즈(126)는, 제1 검출기(128)의 평면의 후방 산란 전자 빔 경로에서 켈레 지점을 형성하도록 후방 산란 전자(114)를 집중하기 위해 사용된다. 이와 관련하여, 후방 산란 전자(114)의 전부 또는 상당 부분은 제1 검출기(128)를 통과한다.
- [0056] 다른 실시형태에서, 에너지 필터(128)는 이차 전자(116)를 거부하도록 설정된다(예를 들면, 컨트롤러(121)에 의해 설정된다). 그러한 만큼, 제2 전자 검출기(142)는 동시적 명시야 및 암시야 후방 산란 전자 이미지를 생성하기 위해 사용될 수도 있다. 다른 실시형태에서, 이미지 해상도를 향상시키기 위해, 고 에너지의 후방 산란 전자(즉, 선택된 임계치 이상의 후방 산란 전자)를 제2 전자 검출기(142)로 전달하도록 에너지 필터(128)가 설정된다(예를 들면, 컨트롤러(121)에 의해 설정된다). 다른 실시형태에서, 제2 전자 광학 렌즈(140)는 전자의 극각 식별률을 선택하기 위해 사용된다. 이미턴스 분석기 어셈블리의 드리프트 영역(135)은 이차 전자 극각을 정렬할 때만큼 효율적으로 후방 산란 전자 극각을 정렬할 수도 있다. 그러나, 후방 산란 전자는 샘플(100)로부터 어셈블리(120)로의 운반의 결과로서 이차 전자보다 더 큰 초기 극각 에러를 갖는다는 것을 유의한다.
- [0057] 다른 실시형태에서, 제1 전자 검출기(128)는 부분적인 명시야 이차 전자 이미지를 생성하기 위해 사용된다.
- [0058] 이미턴스 분석기 어셈블리(120)는 도 1c, 도 1g 및 도 1h에서 묘사되는 SE-BSE, BSE-HAR 및 BSE 전용 모드 사이에서 신속하게 전환될 수도 있다는 것을 다시 유의한다. 몇몇 실시형태에서, SE-BSE, BSE-HAR 및 BSE 전용 모드 사이에서 전이하도록 시스템(100)의 다양한 컴포넌트를 조정하기 위해, 하나 이상의 컨트롤러(121)가 사용될 수도 있다. 이와 관련하여, 각각의 모드에 대한 세트 포인트는 미리 캘리브레이션되어 메모리(예를 들면, 컨트롤러(121)의 메모리)에 저장될 수도 있다. 또한, 세트 포인트는 컨트롤러(121)에 의해 호출될 수도 있는

데, 컨트롤러(121)는, 그 다음, 선택 모드를 확립하기 위해 세트 포인트를 사용한다.

- [0059] 도 2는, 본 개시의 하나 이상의 실시형태에 따른, 고역 통과(highpass) 및 대역 통과(bandpass) 이미지를 동시에 획득하는 대역 통과 에너지 필터(bandpass energy filter)를 형성하기 위해 두 개의 이미턴스 분석기 어셈블리(120a, 120b)를 구현하는 시스템(200)의 블록도를 예시한다. 하나의 실시형태에서, 시스템(200)은 제1 이미턴스 분석기(120a) 및 제2 이미턴스 분석기(120b)를 포함한다. 다른 실시형태에서, 시스템(200)은 스플리터 엘리먼트(202)(예를 들면, 빔 필터)를 포함한다.
- [0060] 본원에서 시스템(200)은 이차 전자 및/또는 후방 산란 전자를 분석하도록 구현될 수도 있다는 것을 유의한다. 다음의 설명이 이차 전자의 맥락에서 시스템(200)의 주입에 초점을 맞추고 있지만, 이것은 본 개시에 대한 제한이 아니다. 하기에 설명되는 시스템(200) 및 실시형태 및 컴포넌트는 후방 산란 전자 맥락으로 확장될 수도 있다는 것을 유의한다.
- [0061] 하나의 실시형태에서, 이미턴스 분석기 어셈블리(120a) 편향은, 조명 주사 광학장치에 의해 이미지 빔에 부여되는 횡방향 운동량 벡터를 제거하기 위해 사용된다. 다른 실시형태에서, 제1 이미턴스 분석기 어셈블리(120a)의 편향은 광학 이미지 경로와 근축이 되도록(paraxial) 제2 전자 원뿔을 집중시키기 위해 사용된다. 다른 실시형태에서, 제1 이미턴스 분석기 어셈블리(120a)의 제1 전자 광학 렌즈(126a)는, 후방 산란 전자를 차단하기 위해 그리고 이차 전자가 통과하도록 놔 둘만큼 충분히 큰 플레이트의 어퍼처 개구와 일치하기 위해, 검출기(128)의 평면의 이차 전자 빔 경로의 샘플(도시되지 않음) 상의 이차 전자 방출 지점에 대해 컬레인 지점을 감속 영역의 입구에 형성한다.
- [0062] 하나의 실시형태에서, 가속 튜브(204)는 조명/이미지 빔 스플리터(202)로부터의 이미지 경로를 양의 고전압의 제1 이미턴스 분석기 어셈블리(120a)의 감속 영역의 입구에 잠기게 한다. 다른 실시형태에서, 제1 이미턴스 분석기 어셈블리(120a)의 제1 전자 광학 렌즈(126a)는 제2 전자 빔(114)을 축소시킨다.
- [0063] 다른 실시형태에서, 제1 이미턴스 분석기 어셈블리(120a)의 제2 전자 광학 렌즈(140a)는 암시야 이차 전자 이미지를 위한 이차 전자 극각 식별 임계치를 선택한다.
- [0064] 다른 실시형태에서, 제1 이미턴스 분석기 어셈블리(120a)의 에너지 필터(138a)는 고 에너지 이차 전자만을 통과시키고 저에너지 이차 전자를 거부한다.
- [0065] 다른 실시형태에서, 스플리터 엘리먼트(202)는 입사하는 이차 전자 이미지 빔을, 제1 이미턴스 분석기 어셈블리(120a)에 의해 거부되는 이차 전자로부터 분리한다.
- [0066] 다른 실시형태에서, 빔 스플리터 엘리먼트(202)는 자기 편향 코일의 하나 이상의 세트를 포함한다. 다른 실시형태에서, 빔 스플리터는 빔 필터이다. 다른 실시형태에서, 가속 라이너 튜브(accelerating liner tube; 204)가 제1 이미턴스 분석기 어셈블리(120a)와 제2 이미턴스 분석기 어셈블리(120b) 사이의 이미지 경로를 따라 연장할 수도 있다.
- [0067] 다른 실시형태에서, 제2 이미턴스 분석기 어셈블리(120b)는 제2 이미턴스 분석기 어셈블리(120b)의 감속 영역의 입구에 어퍼처 플레이트를 포함할 수도 있다. 예를 들면, 어퍼처 플레이트는 자기 플레이트 일 수도 있다.
- [0068] 다른 실시형태에서, 제2 이미턴스 분석기 어셈블리(120b)의 편향 광학장치(124b)는 감속 영역의 입구에서 제2 이미턴스 분석기 어셈블리(120b) 어퍼처 플레이트에 이차 전자 빔 원뿔을 집중시킨다.
- [0069] 또 다른 실시형태에서, 제2 이미턴스 분석기 어셈블리(120b)의 제1 전자 광학 렌즈(126b)는 감속 영역의 입구에서 어퍼처 플레이트의 평면에 그리고 어퍼처 플레이트에 집중되는 컬레 지점을 형성한다.
- [0070] 또 다른 실시형태에서, 제2 이미턴스 분석기 어셈블리(120b)의 에너지 필터(138b)는 제1 이미턴스 분석기 어셈블리(120a)로부터 거부되는 가장 높은 에너지의 이차 전자만을 통과시키도록 작용한다.
- [0071] 다른 실시형태에서, 제2 이미턴스 분석기 어셈블리(120b)의 제2 전자 광학 렌즈(126b)는 이차 전자 극각 식별 임계치를 설정한다.
- [0072] 다른 실시형태에서, 시스템(200)은 다음의 것을 동시에 생성한다: 제1 이미턴스 분석기 어셈블리(120a)의 에너지 필터 설정보다 큰 에너지를 갖는 이차 전자를 사용한 이차 고역 통과 명시야 및 암시야 이미지; 제1 이미턴스 분석기 어셈블리(120a)의 에너지 필터 설정과 제2 이미턴스 분석기 어셈블리(120b)의 에너지 필터 설정 사이의 에너지를 사용한 대역 통과 명시야 및 암시야 이차 전자 이미지; 및 명시야 및 암시야 후방 산란 전자 이미지.

- [0073] 도 3은, 본 개시의 하나 이상의 실시형태에 따른, 저역 통과, 대역 통과 및 고역 통과 대역에서 전체 전자 에너지 스펙트럼을 포착하기 위해 세 개의 이미턴스 분석기 어셈블리(120a, 120b, 120c)를 구현하는 시스템(300)의 블록도를 예시한다.
- [0074] 본원에서 시스템(300)은 이차 전자 및/또는 후방 산란 전자를 분석하도록 구현될 수도 있다는 것을 유의한다. 다음의 설명이 이차 전자의 맥락에서 시스템(300)의 주입에 초점을 맞추고 있지만, 이것은 본 개시에 대한 제한이 아니다. 후하기에 설명되는 시스템(300) 및 실시형태 및 컴포넌트는 후방 산란 전자 맥락으로 확장될 수도 있다는 것을 유의한다.
- [0075] 하나의 실시형태에서, 시스템(300)은 제1 이미턴스 분석기 어셈블리(120a), 제2 이미턴스 분석기 어셈블리(120b) 및 제3 이미턴스 분석기 어셈블리(120c)를 포함한다. 다른 실시형태에서, 시스템(200)은 제1 스플리터 엘리먼트(302a) 및 제2 스플리터 엘리먼트(302b)를 포함한다. 다른 실시형태에서, 시스템(300)은 세 개의 팔의(armed)(304, 306, 308) 가속 라이너를 포함한다.
- [0076] 하나의 실시형태에서, 이미턴스 분석기 어셈블리(120a) 편향은, 조명 주사 광학장치에 의해 이미지 빔에 부여되는 횡방향 운동량 벡터를 제거하기 위해 사용된다. 다른 실시형태에서, 제1 이미턴스 분석기 어셈블리(120a)의 편향은 광학 이미지 경로와 근축이 되도록 제2 전자 원뿔을 집중시키기 위해 사용된다. 다른 실시형태에서, 제1 이미턴스 분석기 어셈블리(120a)의 제1 전자 광학 렌즈(126a)는, 후방 산란 전자를 차단하기 위해 그리고 이차 전자가 통과하도록 나 돌만큼 충분히 큰 플레이트의 어퍼처 개구와 일치하기 위해, 검출기(128)의 평면의 이차 전자 빔 경로의 샘플(도시되지 않음) 상의 이차 전자 방출 지점에 대해 컬레인 지점을 감속 영역의 입구에 형성한다.
- [0077] 하나의 실시형태에서, 가속 튜브(204)는 조명/이미지 빔 스플리터(202)로부터의 이미지 경로를 양의 고전압의 제1 이미턴스 분석기 어셈블리(120a)의 감속 영역의 입구에 잠기게 한다. 다른 실시형태에서, 제1 이미턴스 분석기 어셈블리(120a)의 제1 전자 광학 렌즈(126a)는 제2 전자 빔(114)을 축소시킨다.
- [0078] 다른 실시형태에서, 제1 이미턴스 분석기 어셈블리(120a)의 제2 전자 광학 렌즈(140a)는 암시야 이차 전자 이미지를 위한 이차 전자 극각 식별 임계치를 선택한다.
- [0079] 다른 실시형태에서, 제1 이미턴스 분석기 어셈블리(120a)의 에너지 필터(138a)는 고 에너지 이차 전자만을 통과시키고 저에너지 이차 전자를 거부한다.
- [0080] 다른 실시형태에서, 스플리터 엘리먼트(202)는 입사하는 이차 전자 이미지 빔을, 제1 이미턴스 분석기 어셈블리(120a)에 의해 거부되는 이차 전자로부터 분리한다.
- [0081] 다른 실시형태에서, 빔 스플리터 엘리먼트(202)는 자기 편향 코일의 하나 이상의 세트를 포함한다. 다른 실시형태에서, 빔 스플리터는 빈 필터이다. 다른 실시형태에서, 가속 라이너 튜브(accelerating liner tube; 204)가 제1 이미턴스 분석기 어셈블리(120a)와 제2 이미턴스 분석기 어셈블리(120b) 사이의 이미지 경로를 따라 연장할 수도 있다.
- [0082] 다른 실시형태에서, 제2 이미턴스 분석기 어셈블리(120b)는 제2 이미턴스 분석기 어셈블리(120b)의 감속 영역의 입구에 어퍼처 플레이트를 포함할 수도 있다. 예를 들면, 어퍼처 플레이트는 자기 플레이트 일 수도 있다.
- [0083] 다른 실시형태에서, 제2 이미턴스 분석기 어셈블리(120b)의 편향 광학장치(124b)는 감속 영역의 입구에서 제2 이미턴스 분석기 어셈블리(120b) 어퍼처 플레이트에 이차 전자 빔 원뿔을 집중시킨다.
- [0084] 또 다른 실시형태에서, 제2 이미턴스 분석기 어셈블리(120b)의 제1 전자 광학 렌즈(126b)는 감속 영역의 입구에서 어퍼처 플레이트의 평면에 그리고 어퍼처 플레이트에 집중되는 컬레 지점을 형성한다.
- [0085] 다른 실시형태에서, 제2 이미턴스 분석기(120b)의 에너지 필터는 제1 이미턴스 분석기(120a)로부터 거부되는 가장 높은 에너지의 이차 전자만을 통과시키고, 제1 이미턴스 분석기(120a) 에너지 필터 설정과 제2 이미턴스 분석기(120b) 에너지 필터 설정 사이에 자신의 에너지가 있는 이차 전자를 사용하여 동시적인 명시야 및 암시야 이미지를 렌더링한다.
- [0086] 다른 실시형태에서, 제2 이미턴스 분석기(120b)의 제2 전자 광학 렌즈는 이차 전자 극각 식별 임계치를 설정한다. 다른 실시형태에서, 가속 라이너 튜브(304, 306)는 제1 이미턴스 분석기(120a)와 제2 이미턴스 분석기(120b) 사이의 이미지 경로를 따라 사용된다.
- [0087] 다른 실시형태에서, 스플리터 엘리먼트(302b)는 제2 이미턴스 분석기(120b)로 진입하는 이차 전자를, 제2 이미

턴스 분석기(120b)에 의해 거부되는 이차 전자로부터 분리한다.

- [0088] 다른 실시형태에서, 가속 라이너 튜브(306, 308)는 제2 이미턴스 분석기(120b)와 제3 이미턴스 분석기(120c) 사이의 이미지 경로를 따른다.
- [0089] 다른 실시형태에서, 시스템(300)은 제3 이미턴스 분석기(120c)의 감속 영역의 입구에 어퍼쳐 플레이트(예를 들면, 자성)를 포함한다.
- [0090] 다른 실시형태에서, 제3 이미턴스 분석기(120c)의 편향 광학장치는 감속 영역의 입구에서 제3 이미턴스 분석기(120c) 어퍼쳐 플레이트에 이차 전자 빔 원뿔을 집중시키도록 기능한다.
- [0091] 다른 실시형태에서, 제3 이미턴스 분석기(120c)의 제1 전자 광학 렌즈는 감속 영역의 입구에서 어퍼쳐 플레이트의 평면에 그리고 어퍼쳐 플레이트에 집중되는 컬레 지점을 형성한다.
- [0092] 다른 실시형태에서, 제3 이미턴스 분석기(120c)의 에너지 필터는 제2 이미턴스 분석기(120b)로부터 거부되는 모든 이차 전자를 통과시키고, 제1 이미턴스 분석기(120a)의 에너지 필터 설정과 제2 이미턴스 분석기(120b)의 에너지 필터 설정 사이에 자신의 에너지가 있는 이차 전자를 사용하여 동시적 명시야 및 암시야 이미지를 렌더링한다.
- [0093] 다른 실시형태에서, 제3 이미턴스 분석기(120c)의 제2 전자 광학 렌즈는 이차 전자 극각 식별 임계치를 설정한다.
- [0094] 다른 실시형태에서, 시스템(300)은 다음의 것을 동시적으로 생성하는 데, 즉, 제1 이미턴스 분석기(120a) 설정의 에너지 필터 설정보다 큰 에너지를 갖는 이차 전자를 사용한 이차 전자 고역 통과 명시야 및 암시야 이미지; 제1 이미턴스 분석기(120a)의 에너지 필터 설정과 제2 이미턴스 분석기(120b)의 에너지 필터 설정 사이의 에너지를 사용한 대역 통과 명시야 및 암시야 이차 전자 이미지; 에너지 필터 설정보다 더 낮은 에너지를 갖는 이차 전자를 사용한 명시야 및 암시야 이미지; 및 명시야 및 암시야 후방 산란 전자 이미지를 동시적으로 생성한다.
- [0095] 도 4a 내지 도 4h는, 본 개시의 하나 이상의 실시형태에 따른, 이미지 획득 동안의 웨이퍼 표면 대전(wafer surface charging) 및 빔 드리프트의 영향을 예시한다.
- [0096] 본 개시의 이미턴스 분석기 어셈블리(120)를 최대 성능 자격으로 동작시키기 위해, 이미지 빔 위치 및 이미지 빔 원뿔 반각(image beam cone semi-angle)은 국소적 전하 필드(local charge field) 및 다른 외부 영향에 영향을 받지 않아야 한다는 것을 유의한다. 제1 전자 광학 렌즈(124)로부터의 이미지 빔 초점 평면은 대전 샘플(110)의 존재 하에서 안정한 상태를 유지해야 하며, 자신의 교차의 평면에서의 이미지 빔 위치는 안정적이어야 하고 이미턴스 분석기 어셈블리(120)와 동축이어야 한다. 샘플 대전에 의해 야기되는 이미지 빔 위치 및 원뿔 각 드리프트를 안정화시키기 위해, 높은 추출 필드, 인 시튜 플러드, 및 검출기 출력 피드백의 조합이 사용될 수도 있다는 것을 유의한다.
- [0097] 도 4a는, 본 개시의 하나 이상의 실시형태에 따른, 낮은 추출 필드 환경에서 이미지 획득 동안 일차 빔에 의해 야기되는 샘플 표면 대전의 개념도(400)를 예시한다. 전하가 샘플(110)(예를 들면, 웨이퍼) 상에 축적됨에 따라, 이차 전자는 시야(field of view; FOV)의 에지에서 미터 당 메가 볼트에 이르는 강력한 횡방향 필드를 받게 되고, 이차 전자 원뿔(116)로 하여금 광축에 대한 0도(402)에서부터 0도가 아닌(404) 정렬로 편향되게 한다. 편향은 이차 전자 에너지 스펙트럼에 걸쳐 비대칭적인데, 더 느린 이차 전자는 그들의 긴 상호 작용 시간으로 인해 더 큰 편향을 받게 된다. 이 예에서, 필드는 대칭적이며 FOV 중간의 이차 전자는 편향되지 않는다. 결과적으로, 이차 전자 이미지 빔 편향 각도는 FOV 내의 위치에 따라 변한다. 이차 전자 빔 불안정성 이외에, 국소적인 전하는 이차 전자에 전위 장벽(예를 들면, 도 4a의 예에서는 5V)을 제공한다. 따라서, 이 예에서, 5eV 미만의 에너지를 갖는 모든 이차 전자는 이미턴스 분석기 어셈블리(120)(도 4a에서 도시되지 않음)에 도달하지 못한다.
- [0098] 도 4b는, 본 개시의 하나 이상의 실시형태에 따른, 국소적 전하 필드 등전위 및 큰 추출 필드 등전위의 개념도(410)를 예시한다. 도 4c는, 본 개시의 하나 이상의 실시형태에 따른, 국소적 전하 필드와 큰 추출 필드의 중첩의 개념도(420)를 예시한다. 추출 필드는 전하 필드에 의해 이차 전자에 제공되는 전위 장벽을 감소시키고 FOV의 에지에서 횡방향 필드 강도를 크게 감소시킨다는 것을 유의한다. 따라서, 이미지 빔(116)은 FOV의 에지에서 그 만큼 강하게 편향되지 않고 더 많은 이미지 신호가 이미턴스 분석기 어셈블리(120)의 검출기(들)에 도달한다. 도 4d는 이미지 획득 동안 이차 전자 빔 드리프트가 발생한 샘플(110)로부터 획득되는 이미지(430)를 묘사한다. 도시되는 바와 같이, 이미지(430)는 이미징 동안의 이미지 빔 드리프트로부터 유래하는 상당한 양의



콘트라스트 변화를 나타내는데, 콘트라스트 변화는 이미지에 걸쳐 대각선을 따라 변한다.

- [0099] 인 시류의 플러드 사전 선량의 활용은 표면 대전에 의해 야기되는 전하 전위 장벽 및 횡방향 전위를 감소시킬 수 있다는 것을 유의한다.
- [0100] 도 4e는, 본 개시의 하나 이상의 실시형태에 따른, 플러드 전하(flood charge)의 효과에 대한 개념도(440)를 예시한다. 예를 들면, 도시되는 바와 같이, 10 $\mu$ m 영역의 인 시류 플러드 전하가 인가된다. 1 $\mu$ m 이미지 영역을 둘러싸고 있는 인 시류 사전 선량으로부터의 전하 등전위 및 큰 추출 필드(1.5kV/ $\mu$ m)로부터의 등전위 라인이 묘사된다. 사용되는 플러드 필드는 이미지화될 절연 재료를 포화시켜야 한다. 이 방식에서, 이미징 동안 일차 빔(104)에 의해 추가되는 전하는 샘플(110)의 표면 전위를 크게 변화시키지 않을 것이다.
- [0101] 도 4f는, 본 개시의 하나 이상의 실시형태에 따른, 인 시류 플러드 전하 필드 및 추출 뷰(extraction view)의 중첩의 개념도(450)를 예시한다. 상기 예에서, 이차 전자에 제공되는 전위 장벽은 0.5V 미만으로 감소되고, 횡방향 필드는 이미지 FOV의 에지에서 거의 제거된다. 따라서, 최대 이미지 빔이 검출기에 도달하고 이미지 빔 위치는 이미지 FOV에 걸쳐 더욱 안정적이다. 국소적 대전과 관련되는 국소적 필드 강도를 감소시키는 것에 의해, 국소적 대전에 의한 이미지 빔의 렌즈 효과(lensing)가 현저하게 감소된다.
- [0102] 도 4g는, 본 개시의 하나 이상의 실시형태들에 따른, 인 시류 플러드 성능을 갖춘 시스템(100)의 블록도를 예시한다. 인 시류(in-situ) 플러드 접근법의 사용은, 표면 대전에 의해 야기되는 극각 식별 에러를 제거하는 것을 돕기 위해, 본 개시의 이미턴스 분석기 어셈블리(120)와 조합하여 사용될 수도 있다. 또한, 이미턴스 분석기 어셈블리(120)의 성능은 인 시류 플러드 프로세스를 사용하여 달성되는 이미지 빔의 안정화로 인해 향상된다.
- [0103] 하나의 실시형태에서, 도 4g에서 도시되는 바와 같이, 시스템(100)은 선택된 양의 전하로 샘플(110)의 표면을 사전 선량으로 조사하도록(pre-dose) 구성되는 전용 플러드 건(455)을 포함할 수도 있다. 도 4g에서 도시되지 않은 다른 실시형태에서, 시스템은 전자 소스(102)로부터의 일차 빔(104)을 사용하여 샘플(110)의 표면을 사전 선량으로 조사할 수도 있다.
- [0104] 하나의 실시형태에서, 인 시류 플러드 시간은, 샘플의 표면 전위가 미리 결정된 값으로 대전되었다는 것을 이미턴스 분석기 어셈블리(120)로 검출하는 것에 의해 결정된다. 다른 실시형태에서, 샘플(110)의 표면 전위가 미리 결정된 값으로 대전되었다는 것을 결정하면, 시스템(100)은 일차 빔(104) 또는 전용 플러드 건(455)으로 샘플의 표면을 사전 선량으로 조사할 수도 있다. 예를 들면, 컨트롤러(121)는 샘플(110)의 표면 전위 측정치를 이미턴스 분석기 어셈블리(120)로부터 수신할 수도 있다. 그 다음, 컨트롤러(121)는 샘플(110)의 표면이 미리 결정된 값 또는 임계치로 대전되었는지의 여부를 결정할 수도 있다. 이어서, 샘플(110)의 표면이 미리 결정된 값 이상으로 대전을 나타내는 경우, 컨트롤러(121)는 샘플(110)의 표면에 사전 선량을 인가할 것을 전자 소스(102) 또는 전용 플러드 건(455)에게 지시한다.
- [0105] 다른 실시형태에서, 시스템(100)은, 이미지 획득 직전에, 인 시류 플러드 건(455)을 통해 미리 결정된 전압까지 샘플(110)을 사전 선량으로 조사할 수도 있고, 그 다음, 제어 루프를 어써트하기(asserting) 이전의 미리 결정된 시간 동안의 이미지 획득의 시작 동안 이미턴스 분석기 어셈블리(120)를 그 전압에서 유지할 수도 있다.
- [0106] 또 다른 실시형태에서, 이차 전자(116)의 이미턴스 분석기 어셈블리(120)로의 주행 시간을 최소화하기 위해 그리고 극각 에러로 변환되는 축 방향 변위를 감소시키기 위해, 가속 라이너 튜브가 이미지 빔 경로(114, 116)를 따라 동축으로 배치된다.
- [0107] 도 4h는, 본 개시의 하나 이상의 실시형태에 따른, 세그먼트형 전자 검출기(142) 상의 이차 전자의 랜딩 패턴(462)을 예시한다.
- [0108] 잔여 이미지 빔 위치 드리프트가 존재하는 경우, 이러한 드리프트는 이미턴스 분석기 어셈블리(120)로부터의 피드백을 사용하여 감소(또는 완전히 제거)될 수도 있다. 예를 들면, 이미지 빔이 적절히 정렬되고 제2 전자 검출기(142)(예를 들면, 도 1a 참조)에 의해 차단되는 전류가 안정하면, 5 세그먼트 검출기(five segment detector)(도 4g에서 도시됨)의 임의의 두 개의 대향하는 외부 사분면 사이의 차이는 0이어야 한다. 이미지 빔이 시프트하면, 대향하는 외부 사분면 사이의 차이는 0이 아닐 것이며, 이미턴스 분석기 어셈블리(120)의 편향 광학장치(124)(예를 들면, 편향 플레이트)를 통해 적절한 보정을 유도하는 에러 신호로서 사용될 수 있다. 이와 관련하여, 편향 보정에 대해 다음 관계가 사용될 수 있다:
- [0109]  $(Q1-Q3)/(C+Q1+Q2+Q3+Q4)$  식 1

- [0110]  $(Q2-Q4)/(C+Q1+Q2+Q3+Q4)$  식 2
- [0111] 여기서 Q1, Q2, Q3, Q4 및 C는 5 세그먼트 다중 세그먼트 검출기(5 segment multi-segment detector)의 Q1, Q2, Q3, Q4 및 C 검출부에 의해 측정되는 신호를 나타낸다. 차이를 총 신호로 나누는 것은, 이들 여러 신호를, 일차 빔(104)의 변화 및 샘플마다의 이차 방출의 변화로부터 유래할 수도 있는 이미지 빔 전류의 작은 변화에 견디게 만드는 것을 돕는다는 것을 유의한다.
- [0112] 도 4I는, 본 개시의 하나 이상의 실시형태에 따른, 이미턴스 분석기(120)(또는 유사한 구성)에서 빔 오정렬을 보정하는 방법을 묘사하는 흐름도(470)를 예시한다. 단계 472에서, 다중 세그먼트 검출기(142)의 Q1, Q2, Q3, Q4 및 C 부분으로부터 신호가 획득된다. 예를 들면, 컨트롤러(121)는 다중 세그먼트 검출기(142)의 Q1, Q2, Q3, Q4 및 C 부분으로부터 측정된 신호를 수신할 수도 있다. 단계 474에서, 하나 이상의 편향 보정이 이미지 빔에 대해 결정될 수도 있다. 예를 들면, 컨트롤러(121)는, 검출기(142)에 입사하는 이미지 빔을 정렬하기 위해 필요한 편향 보정을 결정하기 위해, 상기에서 설명되는 식 1 및/또는 2를 적용할 수도 있다. 단계 476에서, 결정된 편향 보정에 기초하여 이미지 빔 정렬이 조정된다. 예를 들면, 컨트롤러(121)는 식 1 및/또는 2를 사용하여 계산되는 편향 보정에 기초하여 이미지 빔의 위치를 보정할 것을 편향 광학장치(124)의 세트에게 지시할 수도 있다.
- [0113] 도 4h(또는 도 1a)의 세그먼트형 검출기(142)가 이미턴스 분석기 어셈블리(120)의 맥락에서 설명되지만, 이것은 도 4h에서 묘사되는 검출기의 사용에 대한 제한이 아니라는 것을 유의한다. 도 4h의 세그먼트형 검출기는, 이미턴스 분석기 또는 드리프트 튜브/에너지 필터 시스템과 같은, 그러나 이들로 제한되지는 않는, 임의의 전자 분석 디바이스의 맥락에서 구현될 수도 있다는 것이 본원에서 인식된다.
- [0114] 하나 이상의 대형 검출기 어레이가 방위각 및 극각 식별을 향상시키기 위해 이미턴스 분석기 어셈블리(120) 내의 하나 이상의 검출기로서 사용될 수도 있다는 것을 또한 유의한다. 하나의 실시형태에서, 대형 검출기 어레이는, 하나의 이미지 포착에서 각각의 이미지 픽셀에 대한 극각 분포 및 방위각 분포를 획득하기 위해 사용될 수도 있다. 또 다른 실시형태에서, 극 각 분포 맵 및 방위각 분포 맵의 획득에 후속하여, 샘플의 표면 토폴로지의 3D 이미지가 렌더링될 수도 있다. 다른 실시형태에서, 샘플(110)에 관한 3D 측정(metrology) 정보를 제공하기 위해, 극각 분포 및 방위각 분포가 사용될 수도 있다.
- [0115] 다른 실시형태에서, 이미턴스 분석기 어셈블리(120)는 에너지 필터(128)를 스위핑하는(sweep) 동시에, 극각 정보 및 방위각 정보를 획득하여 극각 분포 및 방위각 분포가 이차 전자 에너지의 함수로서 어떻게 변화하는지에 관한 정보를 추출할 수도 있다.
- [0116] 다른 실시형태에서, 이미턴스 분석기 어셈블리(120)는, 극각 정보 및 방위각 정보를 사용하여, 프로그래밍 가능한 에너지 필터 임계치 이상의 에너지를 갖는 이차 전자만으로 표면 토폴로지의 이미지를 렌더링할 수도 있다.
- [0117] 다른 실시형태에서, 이미턴스 분석기 어셈블리(120)는 상이한 에너지 필터 임계치로 각각 획득되는 두 개의 이미지를 획득할 수도 있고 두 개의 이미지를 감산하여 두 개의 에너지 필터 세트 포인트 사이의 에너지를 갖는 이차 전자만을 사용하여 암시적 이미지를 렌더링할 수도 있다.
- [0118] 다른 실시형태에서, 이미턴스 분석기 어셈블리(120)는 에너지 필터(128)에 의해 설정되는 임계치 이상의 이차 전자의 극각 정보 및 방위각 정보를 획득하는 동시에, 샘플(110)의 조사된 영역의 평균 표면 전위를 또한 획득할 수도 있다.
- [0119] 도 5a는 일차 빔에 의한 샘플의 표면 대전으로 인한 에너지 식별 동안 도입되는 에러의 개념도(500)를 예시한다.
- [0120] 몇몇 실시형태에서, 이미턴스 분석기(120)의 제어 전압은 샘플(110)의 표면 전위를 기준으로 한다. 절연성의 대전 웨이퍼의 경우, 이미지 빔 방출 지점의 표면 전위를 추적하는 것이 수행될 수도 있다.
- [0121] 곡선 502는 중성 표면(즉, 0V의 표면 전위)으로부터 획득되는 이차 전자 에너지 스펙트럼을 묘사한다. 곡선 504는 대전된 표면으로부터 획득되는 이차 전자 에너지 스펙트럼을 묘사한다. 표면 전압으로부터 이차 전자에 부여되는 전위 에너지는 이차 전자 에너지 분포를 시프트한다는 것을 유의한다. 또한, 절연 표면의 이미징 동안의 대전은, 이차 전자 에너지 스펙트럼을 시간에 따라 변화게 할 것이다. 이 효과는 소망하는 에너지 식별 임계치에 오류를 도입한다. 예를 들면, 도 5a에서 도시되는 바와 같이, 에너지 식별 임계치는 5eV 및 그 이하의 이차 전자를 거부하도록 설정된다. 이차 전자 방출 표면이 2.5V 포지티브로 대전되는 경우, 에너지 필터 식별 분포 임계치는 그 양만큼 시프트되고, 소망하는 5eV 임계치에 2.5eV의 에러가 도입된다.

- [0122] 샘플 표면 전위에 대한 제어 전압의 참조는, 참조에 의해 그 전체가 상기에서 통합되어 있는 미국 특허 공개 공보 제2013/0032729호 및 미국 특허 제7,141,791호에 일반적으로 설명된다.
- [0123] 도 5b는, 본 개시의 하나 이상의 실시형태에 따른, 게이트 적분기(512)가 구비된 시스템(500)의 블록도를 예시한다. 하나의 실시형태에서, 게이트 적분기(512)는 전하 유도된 이미지 아티팩트를 제거하기 위해 샘플 표면 전위와 이미지 경로 광학장치 사이에서 제어 루프를 단도록 사용된다. 이와 관련하여, 에너지 필터 임계치 오프셋은 샘플 표면 전위에 로크될 수도 있다.
- [0124] 용어 "게이트(gated)"는, 원치 않는 표면 전압 정보를 무시하기 위해 적분기의 입력으로부터 입력이 "게이트 제어(gated off)"될 수도 있다는 것을 나타내기 위해 사용된다는 것을 유의한다. 예를 들면, 동작 설정 중 하나 이상 동안: 주사 프레임의 예지의 이미징 동안, 플라이백(flyback) 동안, 빔이 블랭킹되는 경우 및 등등의 경우에, 입력을 게이트 제어하는 것이 바람직할 수도 있다.
- [0125] 이미징 광학장치는, 편향 광학장치(503)의 세트, 제1 전자 광학 렌즈(505), 에너지 필터(507), 제2 전자 광학 렌즈(509) 및 검출기(511)(예를 들면, 세그먼트형 검출기)를 포함할 수도 있지만, 그러나 이들로 제한되는 것은 아니다. 하나의 실시형태에서, 게이트 적분기(512)와 함께 제어 루프를 형성하는 이미지 경로 광학장치는 에너지 필터(507)를 포함한다. 에너지 필터(507)는, 평면 메쉬, 반구/오목 메쉬 또는 다수의 메쉬를 포함할 수도 있지만, 그러나 이들로 제한되는 것은 아니다.
- [0126] 하나의 실시형태에서, 게이트 적분기(512)는 프론트 엔드(front end) 및 혼합 모듈(528) 및 D/A 모듈(530)을 포함한다. 하나의 실시형태에서, 검출기 출력은 프론트 엔드 및 혼합 모듈(528)에 의해 수신된다. 예를 들면, 검출기(142)와 같은 다중 채널 세그먼트형 검출기 각각의 출력은 프론트 엔드 및 혼합 모듈(528)로 전송된다. 이어서, 총 검출기 전류는 모듈 프론트 엔드 및 혼합 모듈(528)로부터 차이 모듈(532)로 전송된다. 또한, 프론트 엔드 및 혼합 모듈(528)은 비디오 출력을 제공할 수도 있다. 검출기 전류의 예상 평균 값은 D/A 모듈(530)로부터 차이 모듈(532)로 전송된다. 그 다음, 차이 모듈(532)은 검출기 전류(예를 들면, 세그먼트형 검출기(142)의 모든 채널의 합)를, 특정 에너지 임계치에 대한 검출기 전류의 예상 평균값에 비교한다. 검출기 전류의 예상 값과 검출기 전류의 실제 총 값 사이의 차이는, 예상된 것보다 더 많거나 또는 더 적은 전자가 에너지 필터를 통과하고 있다는 것을 나타낸다는 것을 유의한다. 차이 모듈(132)의 출력은 게이팅/적분 모듈(gating/integration module; 534)로 전송된다. 그 다음, 차이 모듈(532)로부터의 차이는 게이팅/적분 모듈(534)에 의해 소정의 시상수와 통합된다. 따라서, 출력은 샘플의 표면 전위를 추적한다.
- [0127] 이어서, 게이팅/적분 모듈(534)의 출력은 하나 이상의 신호 프로세싱 엘리먼트(536)(예를 들면, 프로세싱 회로부(processing circuitry), 변환기, 드라이버 및 등등)로 전송된다. 그 다음, 프로세싱 엘리먼트(536)는 게이팅/적분 모듈(gating/integration module)(534)로부터의 오프셋을 오프셋으로서 에너지 필터(507)에 공급하고, 그에 의해 에너지 필터 식별 임계치를 보존한다. 또한, 프로세싱 엘리먼트(536)는 샘플 표면 전위 출력을 제공한다.
- [0128] 하나의 실시형태에서, 적분 시상수(integration time constant)는 소망되는 평균의 양에 의존하는 값의 범위로 설정될 수 있다. 다른 실시형태에서, 적분기는 게이팅될 수 있는데, 플라이백 동안 검출기를 무시하기 위해 또는 이미지 영역의 일부에만 제어 루프를 로크하기 위해, 적분기의 출력은 게이팅될 때의 값으로 유지된다. 하나의 실시형태에서, 게이트 적분기(512)는 시야 밖의 사전 주사 영역으로부터의 신호로 로크되고 그 사전 주사 로크 값(pre-scan lock value)으로 페루프 이미지 획득을 시작한다. 또 다른 실시형태에서, 게이트 적분기(512)는 이미지 영역 외부의 사전 주사 영역으로부터의 신호로 로크되고 이미지 획득 동안 그 로크 값(lock value)을 유지한다. 또 다른 실시형태에서, 게이트 적분기(512)는 이미지 영역의 일부로부터의 신호만을 사용하고, 이미지의 다른 영역으로부터의 신호를 게이팅하거나 또는 차단한다. 또 다른 실시형태에서, 게이트 적분기(512)는 빔 플라이백 동안 생성되는 게이트 신호를 사용한다. 다른 실시형태에서, 시스템(510)은 상이한 이미지 사이트에 대응하는 게이트 적분기(512)의 하나 이상의 로크 값을 레시피에 저장하고, 레시피의 실행 동안 각각의 이미지 획득의 시작 시에 게이트 적분기(512)를 이들 로크 값으로 강제한다.
- [0129] 또 다른 실시형태에서, 게이트 적분기(512)는, 게이트 적분기(512)의 출력에 응답하는 전자 광학 시스템(500)의 다양한 컴포넌트를 제어하기 위해, 하나 이상의 제어 신호를 제어 회로부(514, 516, 518, 520, 522, 524 및 528)로 전송할 수도 있다.
- [0130] 도 5b에서 묘사되는 접근법의 하나의 단점은, 웨이퍼마다의 이차 전자 방출의 작은 변화 및 일차 빔 전류 또는 검출기 이득에서의 의 시간에 따른 변화가, 미리 결정된 검출기 전류에서 에러를 도입하여 부정확한 에너지 필

터 임계치 세트 포인트를 야기한다는 것을 유의한다. 이것은 레시피 시작시 또는 이미지 사이트 사이의 스테이지 이동 동안 자동 캘리브레이션 프로시저에 의해 부분적으로 완화될 수 있다. 제1 단계에서, 캘리브레이션 프로시저는 에너지 필터를 0V로 설정하는 것을 포함할 수도 있다. 제2 단계에서, 캘리브레이션 프로시저는 검출기 전류를 측정하는 것을 포함할 수도 있다. 제3 단계에서, 이차 전자 분포의 사전 지식에 기초하여, 캘리브레이션 프로시저는 선택된 에너지 필터 식별 임계치에 대한 예상된 검출기 전류 값을 계산하는 것을 포함할 수도 있다.

- [0131] 도 5c는, 본 개시의 하나 이상의 실시형태들에 따른, 다중 빔 에너지 필터 어레이에 대한 제어 루프를 확립하기 위해 사용되는 게이트 적분기(512)가 구비된 시스템(540)의 블록도를 예시한다.
- [0132] 하나의 실시형태에서, 시스템(540)은 다중 빔 전자 광학 시스템(541)을 포함한다. 하나의 실시형태에서, 시스템(539)은 N 개의 일차 빔(544)을 형성하기 위해 캐소드(542) 및 다중 빔 어퍼처(543)를 포함한다. N 개의 일차 빔(544)에 응답하여, 샘플(110)은 N 개의 이차 전자 빔(545)을 방출한다. 전자 광학 시스템(539)은 분석기 광학장치(541)를 더 포함한다. 하나의 실시형태에서, 분석기 광학장치(539)는 하나 이상의 편향 광학장치(546), 제1 전자 광학 렌즈(547), 에너지 필터 어레이(549), 검출기 어레이(550) 및 N 개의 검출기 전치 증폭기(551)의 세트를 포함한다.
- [0133] 하나의 실시형태에서, 빔릿 에너지 필터(beamlet energy filter; 549)는 공통이고 그룹으로서 제어된다. 빔릿 에너지 필터(549)가 전역적으로(globally) 제어되는 환경에서, 모든 일차 빔릿 전류의 합은, 크게 감소된 로크 시간을 제공하는 제어 루프를 로크하기 위해 사용될 수 있다는 것을 유의한다. 다른 실시형태에서, 다수의 에너지 필터(549)의 각각의 빔릿 에너지 필터는 개별적으로 제어된다. 이와 관련하여, 각각의 빔릿 에너지 필터(549)는 독립적으로 제어된다.
- [0134] 도 5b의 게이트 적분기(512)의 맥락에서 설명되는 제어 단계는, 일반적으로, 도 5c의 다중 빔릿 맥락으로 확장될 수도 있다는 것을 유의한다. 또한, 프로세싱 회로부(536)는 직접적인 고전압 공급기(538)를 통해 에너지 필터 어퍼처(549)의 전위를 조정할 수도 있다.
- [0135] 하나의 실시형태에서, 시스템(540)은, 제2 에너지 필터 세팅을 사용하여 다중 빔 이미지 앙상블을 획득하고 제1 이미지 앙상블과 제2 이미지 앙상블 사이의 차이를 취하여 대역 통과 다중 빔 이미지 앙상블을 획득할 수도 있다. 다른 실시형태에서, 시스템(540)은, 제어 루프가 실행하는 상태에서 이미지 프레임의 일부만이 획득되도록, 제어 유지 제어 유지 시퀀스(control-hold-control-hold sequence)에서 제어 루프를 활용할 수도 있다.
- [0136] 다른 실시형태에서, 시스템(540)은 이미지가 획득되는 동안 표면 전하 프로파일을 기록하기 위해 레시피 셋업 동안 에너지 필터를 활용하고, 레시피가 실행될 때 이미지 획득 동안 이 프로파일을 사용하여 에너지 필터 포텐셜을 제어한다. 대안적으로, 시스템(540)은 레시피가 실행될 때 이미지 획득 동안 제어 루프를 바이어싱할(bias) 수도 있다.
- [0137] 드리프트 튜브/에너지 필터 및 이미턴스 분석기 어셈블리는, 그들의 제어 전압이 웨이퍼 표면 전위를 기준으로 하게 하는 것으로부터 이익을 얻는다는 것을 유의한다. 그러나, 그들 양자가 드리프트 영역을 활용하기 때문에, 제어 기준 전압에서의 에러는 검출기의 평면에서 이차 전자의 방사형 분포에 큰 변화를 야기한다.
- [0138] 도 5d는 루프 제어가 없는 대전된 표면에 대한 검출기의 평면에서의 이차 전자 분포(560)를 예시한다. 도 5e는 웨이퍼 표면 전위와 이미턴스 분석기 어셈블리(120) 사이에 패루프가 있는 대전된 표면에 대한 검출기의 평면에서의 이차 전자 분포(561)를 예시한다. 게이트 적분기에 대한 에러 신호를 생성하기 위해 제2 검출기(142)로부터의 (중심 채널)/(외측 채널)의 비율을 사용하는 것에 의해, 대전으로 인한 극각 식별 드리프트가 안정화될 수 있다(그래프(561) 참조).
- [0139] 도 5e는, 드리프트 영역 전위 에러와 네 개의 외부 사분면의 합에 의해 분할되는 중심 채널의 비율에서의 변화 사이의 관계를 묘사하는 그래프(550)를 예시한다. 검출기 채널의 비율로부터 유도되는 에러 신호는, 일차 빔 전류 변화, 이차 방출 변화 및 비디오 채널에서의 이득 변화로부터의 에러에 영향을 받지 않을 것이다.
- [0140] 예로서, 이차 전자 빔에서 1nA 전류가 가정되면, (중심 채널)/(외측 채널)로 구성되는 신호의 신호 대 잡음은 도 5f의 그래프(560)에서 도시되는 테일러(Taylor) 시리즈 근사를 갖는다. 그래프(560)는 또한 모든 채널(Q1-Q4 및 C)의 합을 묘사한다.
- [0141] 도 5g는 샘플(110)의 표면 전위에 이미턴스 분석기(120)를 고정하기(pinning) 위한 서보 시스템(580)을 예시한다. 게이트 적분기(512)와 관련하여 본원에서 앞서 설명되는 실시형태 및 컴포넌트는, 도 5g에서 예시되는 실시



형태로 확장되도록 해석되어야 한다는 것을 유의한다. 하나의 실시형태에서, 게이트 적분기(512)와 함께 제어 루프를 형성하는 이미지 경로 광학장치는 이미턴스 분석기 어셈블리(120)를 포함한다. 예를 들면, 감속 영역 입구로부터 검출기까지의 모든 것은 이미지 경로 광학장치로서 기능할 수도 있고, 이에 따라 이들 컴포넌트에 대한 기준 전위는 게이트 적분기(512)에 의해 결정된다. 다른 실시형태에서, 게이트 적분기는 제어 회로 컴포넌트(581 내지 589)를 사용하여 다양한 컴포넌트의 전위를 제어할 수도 있다.

[0142] 다른 실시형태에서, 시스템(580)은, 이미지 빔의 주행 시간을 최소화하기 위해, 스플리터 엘리먼트(112)로부터 이미턴스 분석기 감속 영역의 입구까지의 이미지 경로 주위에 위치되는 가속 라이너(590)를 포함한다. 가속 라이너는 극각 식별에서의 주행 시간 유도 에러를 감소시킬 수도 있다는 것을 유의한다.

[0143] 본원에서, 이미턴스 분석기(120)의 맥락에서 구현되는 게이트 적분기 스킴은 샘플(110)의 표면 전위를 (제어 루프의 대역폭 내에서) 실시간으로 산출한다는 것을 유의한다. 하나의 실시형태에서, 시스템(580)의 이미턴스 분석기(120)는 샘플 표면의 전위 맵을 구성하기 위해 사용될 수도 있다.

[0144] 도 5h는 게이트 적분기(512)에 의해 제어되는 또는 "서보되는(servowed)" 이미턴스 분석기(120)의 엘리먼트를 예시한다. 이 스킴은 이미지 빔에 정적 전위 환경을 제공할 수도 있다. 하나의 실시형태에서, 제1 검출기(128)와 제2 검출기(142) 사이의 그리고 제1 검출기(128)와 제2 검출기(142)를 포함하는 모든 엘리먼트는 샘플(110)의 표면 전위에서 플로팅된다(floated). 샘플(110)로부터의 이차 전자(116)는 그들이 샘플(110)을 떠날 때 가속되고 표면 대전으로 인한 그들의 에너지에서의 변화는 작다는 것을 유의한다. 하나의 실시형태에서, 이차 전자에 제공되는 전기장 환경이 변화하는 표면 전압의 존재 하에서도 일정하도록, 이미턴스 분석기 어셈블리(120)의 하나 이상의 컴포넌트는 샘플 표면 대전 전압으로 서보 동작된다(servowed).

[0145] 도 5I는, 본 개시의 하나 이상의 실시형태에 따른, 게이트 적분기(512)가 구비된 시스템(591)의 블록도를 예시한다. 하나의 실시형태에서, 게이트 적분기(512)는 드리프트 튜브(579)를 포함하는 제어 루프를 닫기 위해 사용된다. 게이트 적분기(512)와 관련하여 본원에서 앞서 설명되는 실시형태 및 컴포넌트는 도 5i에서 예시되는 실시형태로 확장하는 것으로 해석되어야 한다는 것을 유의한다. 도 5i의 실시형태에서의 사용을 위한 드리프트 튜브는, 참조에 의해 그 전체가 상기에서 통합되어 있는 미국 특허 제7,141,791호에서 일반적으로 설명된다.

[0146] 다른 실시형태에서, 게이트 적분기는 제어 회로 컴포넌트(592-599)를 사용하여 다양한 컴포넌트의 전위를 제어할 수도 있다.

[0147] 도 6a는, 본 개시의 하나 이상의 실시형태에 따른, 본원에서 앞서 설명되는 인 시튜 플러드, 게이트 적분기 및 이미턴스 분석기 성능이 구비된 시스템(600)을 예시한다. 하나의 실시형태에서, 시스템(600)은 이미턴스 분석기 어셈블리(120) 및 게이트 적분기(512)를 포함한다. 다른 실시형태에서, 시스템(600)은 인 시튜 플러드 건(602) 및 플러드 건 컨트롤러(601)를 포함한다. 대안적인 실시형태에서, 본원에서 앞서 설명되는 바와 같이, 인 시튜 플러딩(in-situ flooding)은 전자 소스(102)를 사용하여 제공될 수도 있다.

[0148] 현장 플러드 건(602) 및 컨트롤러(601)(또는 전자 소스(102))는, 플러딩 동안 이미턴스 분석기 어셈블리(120)로부터의 피드백을 사용하여 샘플(110)을 미리 결정된 전압까지 신뢰성 있고 반복적으로 사전 선량으로 조사하기 위해, 이미턴스 분석기 어셈블리(120)와 조합하여 구성될 수도 있다.

[0149] 하나의 실시형태에서, 대략적인(coarse) 스테이지 이동 동안, 이미턴스 분석기 어셈블리(120) 고전압은 레시피 셋업 동안 결정도는 값으로 설정된다. 다른 실시형태에서, 코스 스테이지 설정 동안, 플러드 건(602) 및 플러드 빔 편향기(604)가 활성화되고, 이미턴스 분석기 어셈블리(120)의 제1 전자 검출기(128)가 턴 오프된다. 또한, 플러드 빔으로부터의 이차 전자는 스플리터 엘리먼트(112)에 의해 편향기로 경로 지정된다(routed). 도 6b에서 도시되는 바와 같이, 제1 전자 검출기(128)는 인 시튜의 제2 전자의 대부분을 제거하고, 그에 의해 제2 전자 검출기(142)를 포화로부터 보호한다. 샘플(110)의 표면이 대전됨에 따라, 이차 전자 에너지는 에너지 필터(138)의 컷오프 에너지에 접근한다. 이 모드에서, 에너지 필터(128)는 정확할 필요가 있는 것이 아니라 정밀하고 반복 가능해야 한다. 이차 전자가 에너지 필터(128)에 의해 거부되기 시작함에 따라, 게이트 적분기(512)에 의해 검출기 전류에서 강하가 감지되는데, 게이트 적분기(512)는, 이어서, 플러드 건 컨트롤러(601)로 신호를 전송하고 플러드 건은 턴 오프된다.

[0150] 스테이지 미세 설정(stage fine settling) 동안, 이미턴스 분석기 어셈블리(120)는 샘플(110)의 표면 전위에 이미 가깝게 설정되어 있고, 게이트 적분기(512)를 로크하는 데, FOV 외부의 작은 사전 주사만이 요구된다. 게이트 적분기(512)를 로크하는 것에 후속하여, 이미지 획득이 시작한다.

[0151] 이미턴스 분석기 어셈블리(120)가 안정된 방식으로 동작하기 위해 대전되는 반도체의 경우, 넓은 영역의 인 시

류의 사전 선량이 필요로 될 수도 있다는 것을 유의한다.

[0152] 도 6c는, 전하 축적과 샘플(110)의 층 두께 사이의 관계의 개념도(610)를 예시한다. 샘플(110)은, SiO<sub>2</sub> 층으로 코팅된 금속 층 및 실리콘 층과 폴리 층을 포함하는 반도체 디바이스 샘플을 포함한다. 또한, I<sub>p</sub>는 일차 빔과 관련되는 초기 전류를 나타낸다. I<sub>c</sub>는 표면에 유지되는 전하와 관련되는 전류 기여도를 나타낸다. I<sub>L</sub>은 랜딩 스팟으로부터 누설된 전하와 관련되는 누설 전류를 나타낸다. I<sub>SE, BSE</sub>는 샘플 표면에 의해 방출된 이차 전자 및 후방 산란 전자와 관련되는 전류이다. 공지된 영역을 일차 빔(104)으로 조사하고 이미틴스 분석기 어셈블리(120)가 웨이퍼 표면 전위를 추적하는 것에 의해, 전하의 속도가 획득될 수 있다는 것을 유의한다. 또한, 레시피 셋업 동안의 프로세스 및 특성에 대한 사전 지식을 통해, 층 임계 치수(CD)를 도출하는 것이 가능하다.

[0153] 하나의 실시형태에서, 하나 이상의 컨트롤러(예를 들면, 컨트롤러(121)) 또는 다른 유사한 제어 시스템은, 출력 디바이스(예를 들면, 검출기(142)) 및 메모리에 통신 가능하게 커풀링되는 하나 이상의 프로세서를 포함할 수도 있다. 하나의 실시형태에서, 하나 이상의 프로세서는 메모리에 유지되는 프로그램 명령어의 세트를 실행하도록 구성된다.

[0154] 컨트롤러의 하나 이상의 프로세서는 기술 분야에서 공지되어 있는 임의의 하나 이상의 프로세싱 엘리먼트를 포함할 수도 있다. 이런 의미에서, 하나 이상의 프로세서는 알고리즘 및/또는 명령어를 실행하도록 구성되는 임의의 마이크로프로세서 디바이스를 포함할 수도 있다. 하나의 실시형태에서, 하나 이상의 프로세서는, 본 개시의 전체에 걸쳐 설명되는 바와 같이, 다양한 시스템 및 서브시스템 실시형태의 하나 이상의 부분을 동작시키도록 구성되는 프로그램을 실행하도록 구성되는 데스크탑 컴퓨터, 메인프레임 컴퓨터 시스템, 워크스테이션, 이미지 컴퓨터, 병렬 컴퓨터, 또는 다른 컴퓨터 시스템(예를 들면, 네트워크형 컴퓨터)로 구성될 수도 있다. 본 개시 전체에 걸쳐 설명되는 단계는, 단일의 컴퓨터 시스템, 또는, 대안적으로, 다수의 컴퓨터 시스템에 의해 수행될 수도 있다는 것이 인식되어야 한다. 일반적으로, 용어 "프로세서"는, 비일시적 메모리 매체로부터의 프로그램 명령어를 실행하는 하나 이상의 프로세싱 엘리먼트를 구비하는 임의의 디바이스를 포괄하도록 광의적으로 정의될 수도 있다. 더욱이, 시스템(들)의 상이한 서브시스템은 본 개시 전체에 걸쳐 설명되는 단계의 적어도 일부를 수행하기에 적합한 프로세서 또는 로직 엘리먼트를 포함할 수도 있다. 따라서, 상기 언급된 설명은 본 개시에 대한 제한으로서 해석되어선 안되며 단지 예시로서 해석되어야 한다.

[0155] 메모리는, 관련된 하나 이상의 프로세서에 의해 실행가능한 프로그램 명령어를 저장하기에 적합한, 기술 분야에서 공지되어 있는 임의의 저장 매체를 포함할 수도 있다. 예를 들면, 메모리는 비일시적인 메모리 매체를 포함할 수도 있다. 예를 들면, 메모리는, 리드 온리 메모리, 랜덤 액세스 메모리, 자기 또는 광학 메모리 디바이스(예를 들면, 디스크), 자기 테이프, 솔리드 스테이트 드라이브, 및 등등을 포함할 수도 있지만, 그러나 이들로 제한되는 것은 아니다. 다른 실시형태에서, 메모리는 본원에서 설명되는 다양한 단계의 출력 및/또는 다양한 시스템/서브시스템으로부터의 하나 이상의 결과를 저장하도록 구성된다. 메모리는 하나 이상의 프로세서와 함께 공통 컨트롤러 하우징에 수용될 수도 있다는 것을 또한 유의한다. 다른 실시형태에서, 메모리는 컨트롤러 및 프로세서의 물리적 위치에 대해 원격으로 위치될 수도 있다. 예를 들면, 컨트롤러의 하나 이상의 프로세서는, 네트워크(예를 들면, 인터넷, 인트라넷 및 등등)를 통해 액세스 가능한 원격 메모리(예를 들면, 서버)에 액세스할 수도 있다. 다른 실시형태에서, 메모리는 하나 이상의 프로세서로 하여금 본 개시 전체에 걸쳐 설명되는 다양한 단계를 수행하게 하기 위한 프로그램 명령어를 저장한다

[0156] 기술 분야에서 숙련된 자는, 시스템의 양태의 하드웨어 구현과 소프트웨어 구현 사이에 차이가 거의 없는 지점까지 기술 수준이 향상되었다는 것을 인식할 것이다; 하드웨어 또는 소프트웨어의 사용은, 일반적으로(소정의 상황에서 하드웨어와 소프트웨어 사이의 선택이 중요해질 수 있다는 점에서 항상은 아님) 비용 대 효율성 절충을 나타내는 설계 선택이다. 기술 분야에서 숙련된 자는, 본원에서 설명되는 프로세스 및/또는 시스템 및/또는 다른 기술을 유효하게 하는 다양한 수단(예를 들면, 하드웨어, 소프트웨어, 및/또는 펌웨어)이 존재한다는 것, 및 선호되는 수단은 프로세스 및/또는 시스템 및/또는 다른 기술이 채용되는 상황에 따라 변할 것이라는 것을 인식할 것이다. 예를 들면, 속도 및 정확도가 가장 중요하다는 것을 구현자(implementer)가 결정하면, 구현자는 주로 하드웨어 및/또는 펌웨어 수단을 선택할 수도 있거나; 대안적으로, 유연성이 가장 중요하면, 구현자는 주로 소프트웨어 구현을 선택할 수도 있거나: 또는, 또 다른 대안적으로, 구현자는 하드웨어, 소프트웨어, 및/또는 펌웨어의 몇몇 조합을 선택할 수도 있다. 그러므로, 본원에서 설명되는 프로세스 및/또는 디바이스 및/또는 다른 기술을 유효하게 할 수도 있는 여러가지 가능한 수단이 존재하는데, 활용될 임의의 수단이, 수단이 배치될 상황 및 구현자의 특정 관심(예를 들면, 속도, 유연성, 또는 예측가능성)에 의존하는 선택사항이며, 이들 중 임의의 것은 변할 수도 있다는 점에서, 수단 중 어느 것도 다른 것에 비해 본질적으로 더 우수하지는 않다.

기술 분야에서 숙련된 자는, 구현예의 광학적 양태가 광학적으로 지향된 하드웨어, 소프트웨어, 및 또는 펌웨어를 통상적으로 활용할 것이라는 것을 인식할 것이다.

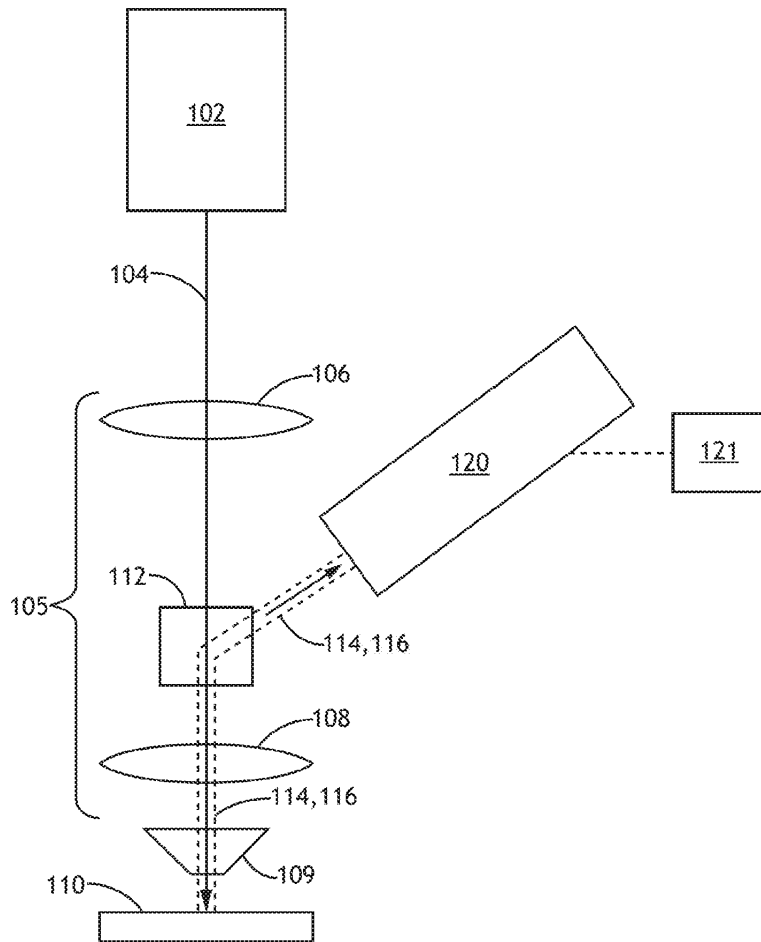
[0157] 기술 분야에서 숙련된 자는, 본원에서 개시되는 형태로 디바이스 및/또는 프로세스를 설명하는 것, 및, 그 후 이렇게 설명된 디바이스 및/또는 프로세스를 데이터 프로세싱 시스템에 통합하도록 엔지니어링 실무를 사용하는 것이 기술 분야 내에서는 일반적이라는 것을 인식할 것이다. 즉, 본원에서 설명되는 디바이스 및/또는 프로세스의 적어도 일부는 적절한 양의 실험을 통해 데이터 프로세싱 시스템에 통합될 수 있다. 기술 분야에서 숙련된 자는, 통상의 데이터 프로세싱 시스템이, 시스템 유닛 하우징, 디스플레이 디바이스, 휘발성 및 불휘발성 메모리와 같은 메모리, 마이크로프로세서 및 디지털 신호 프로세서와 같은 프로세서, 오퍼레이팅 시스템, 드라이버, 그래픽 유저 인터페이스, 및 애플리케이션 프로그램과 같은 계산 엔티티(computational entity), 터치 패드 또는 스크린과 같은 하나 이상의 상호작용 디바이스, 및/또는 피드백 루프 및 제어 모터(예를 들면, 위치 및/또는 속도를 감지하기 위한 피드백; 컴포넌트 및/또는 양을 이동시키고 및/또는 조정하기 위한 제어 모터) 중 하나 이상을 일반적으로 포함한다는 것을 인식할 것이다. 통상의 데이터 프로세싱 시스템은, 데이터 컴퓨팅/통신 및/또는 네트워크 컴퓨팅/통신 시스템에서 일반적으로 발견되는 것과 같은 임의의 적절한 상업적으로 이용 가능한 컴포넌트를 활용하여 구현될 수도 있다.

[0158] 본 개시 및 그 수반하는 이점 중 많은 것은 상기의 설명에 의해 이해될 것으로 믿어지며, 개시된 주제를 벗어나지 않으면서 또는 개시된 주제 중요한 이점의 전체를 희생하지 않으면서, 컴포넌트의 형태, 구성 및 배치에서 다양한 변경이 이루어질 수도 있다는 것이 명백할 것이다. 설명되는 형태는 단지 설명을 위한 것이며, 이러한 변경을 포괄하고 포함하는 것이 하기의 청구범위의 의도이다.

도면

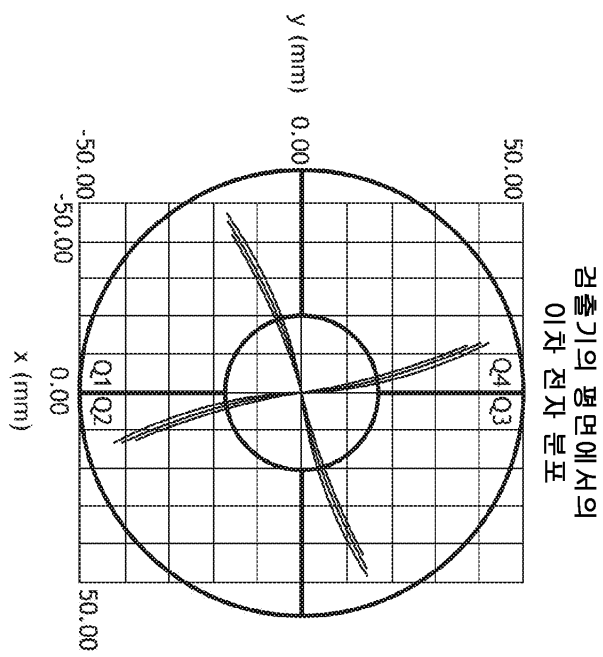
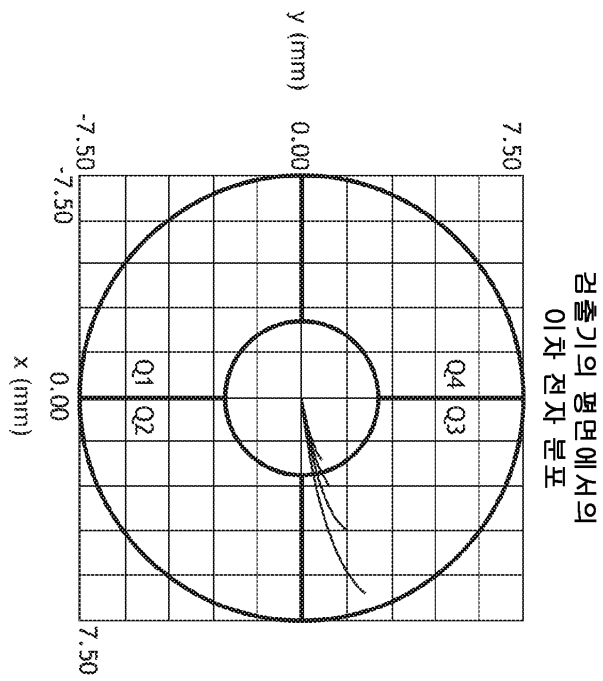
도면1a

100

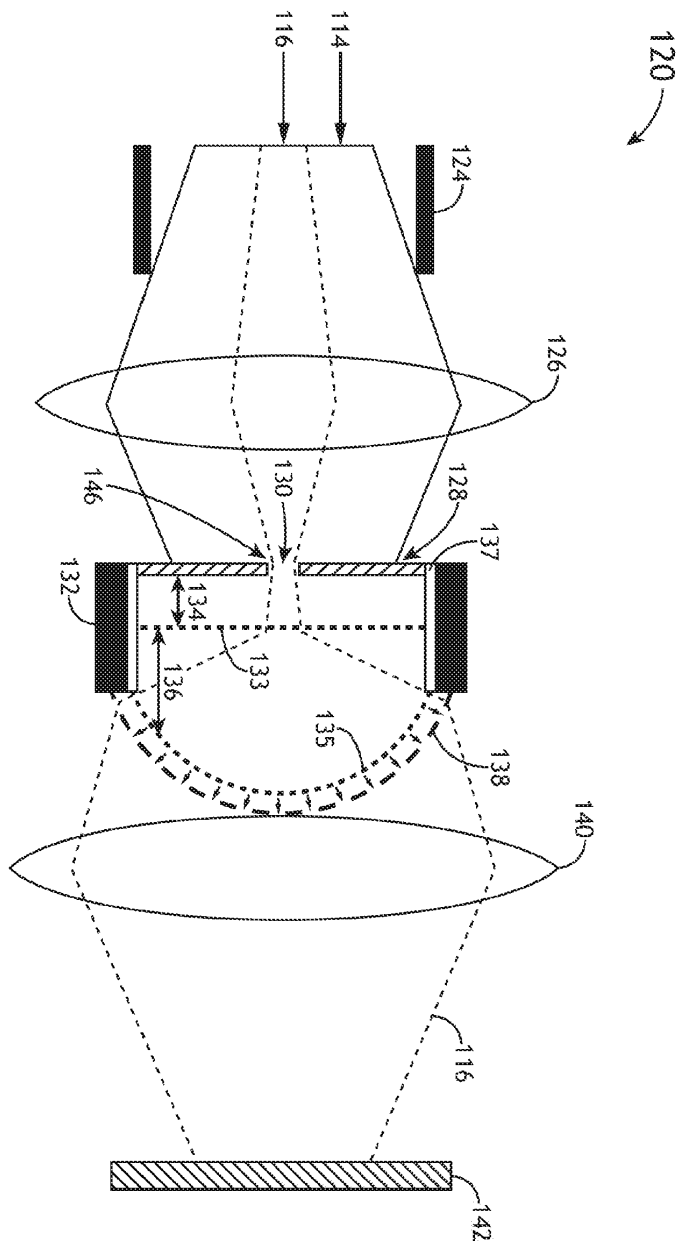




도면1b

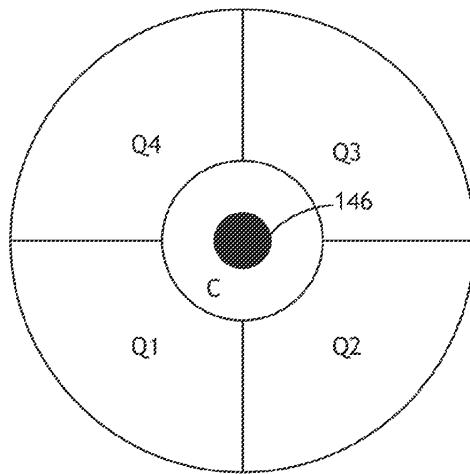


도면1c



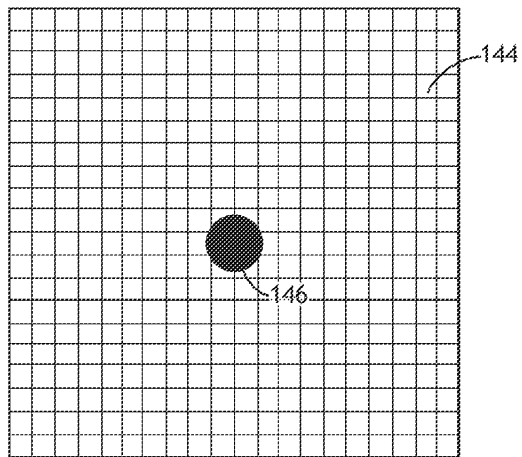
도면1d

128

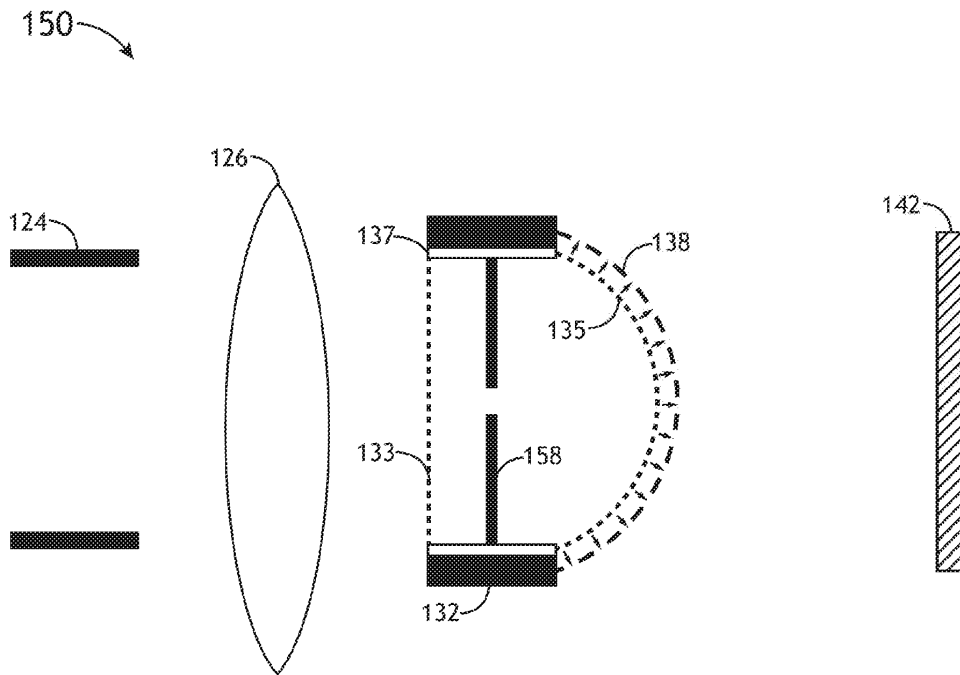


도면1e

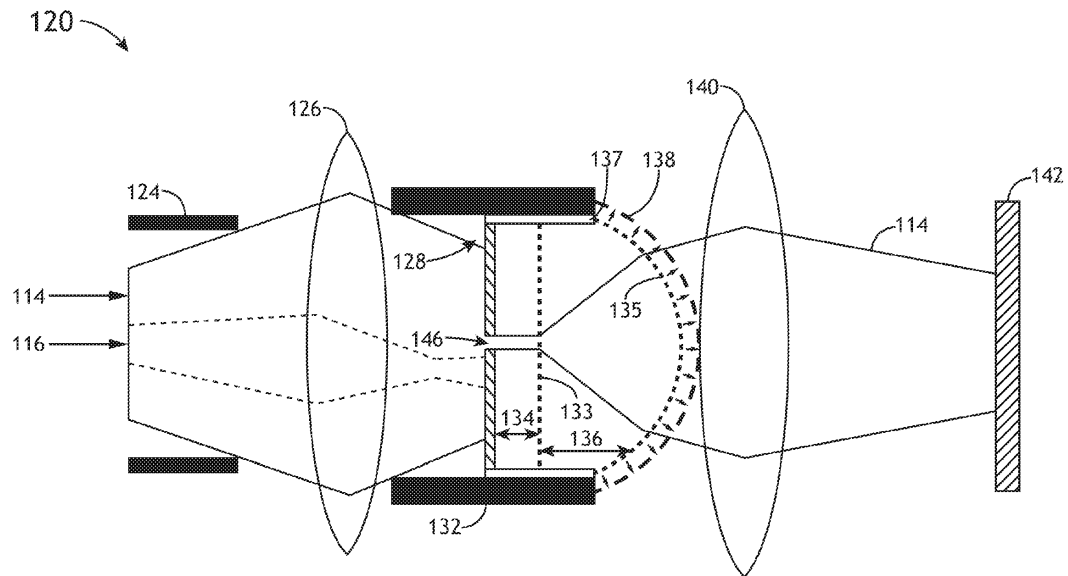
128



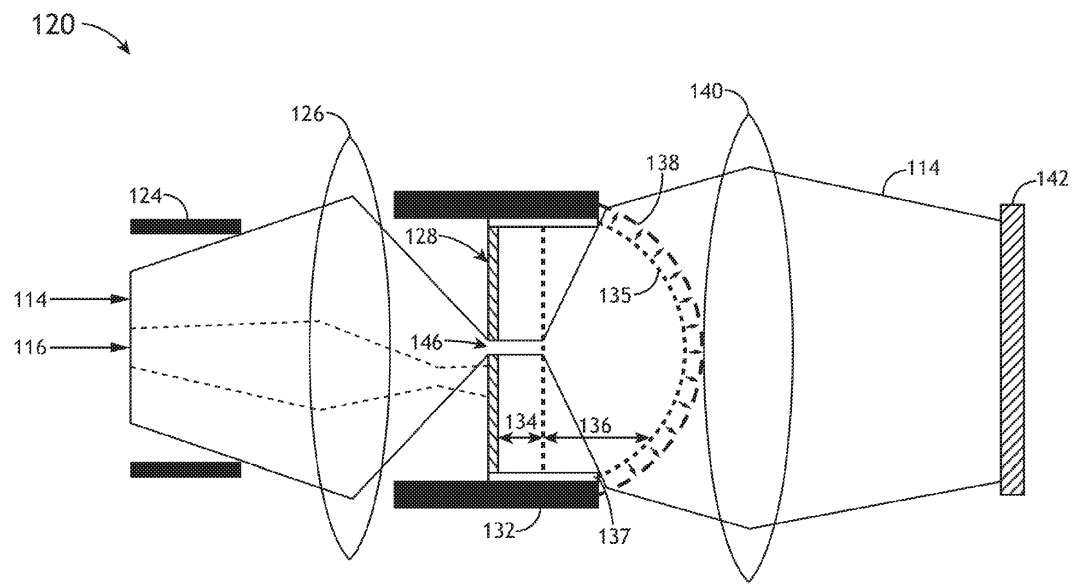
도면1f



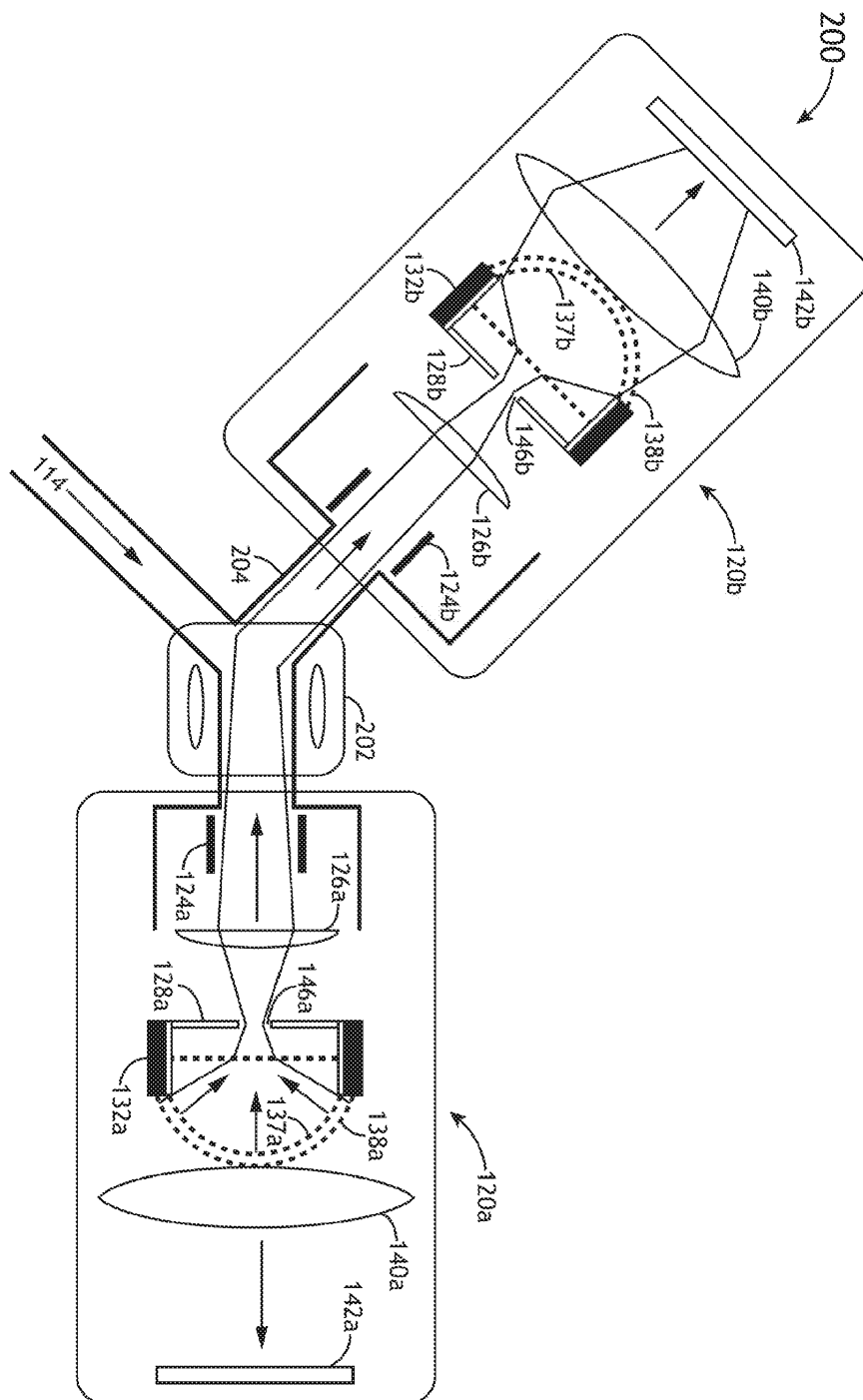
도면1g



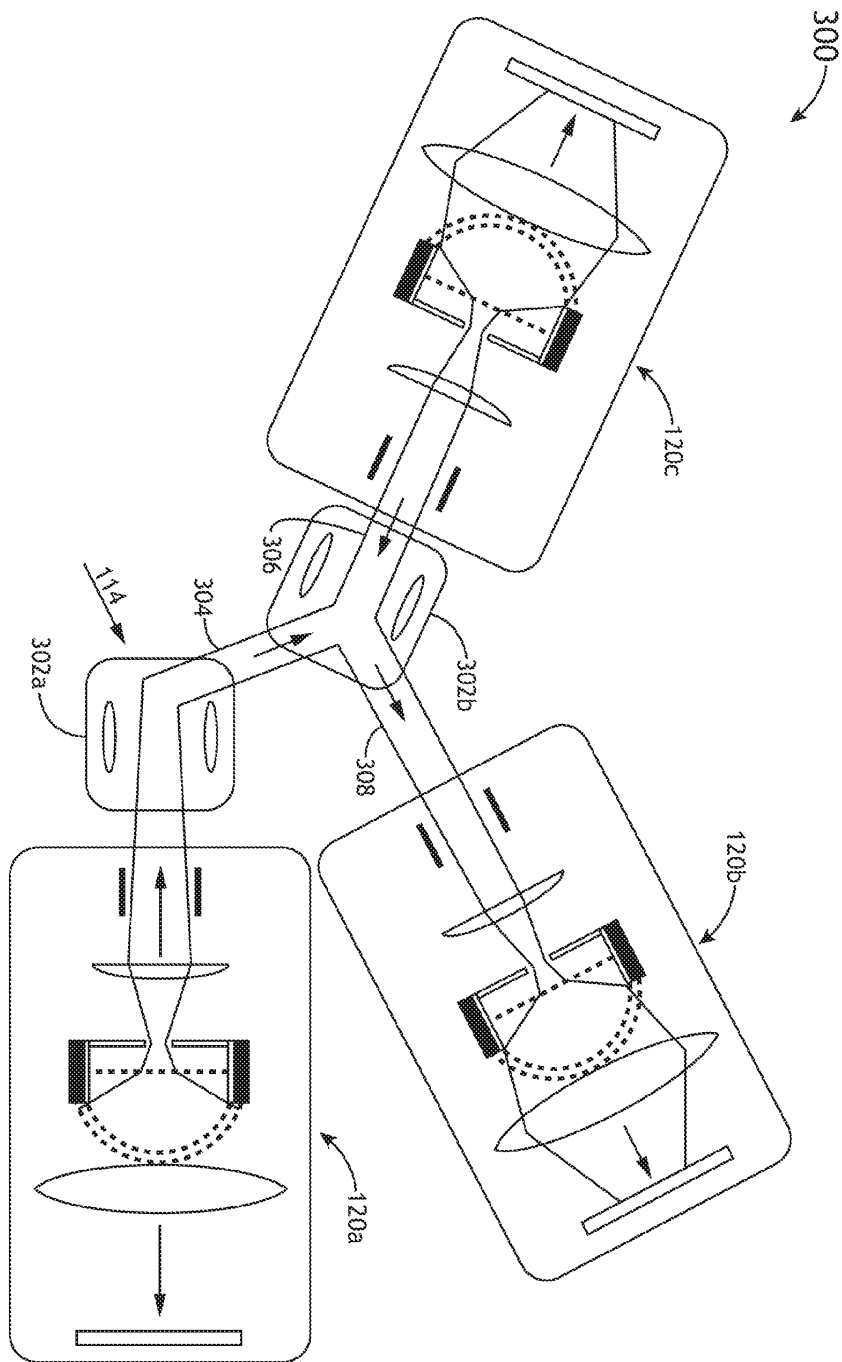
도면1h



도면2

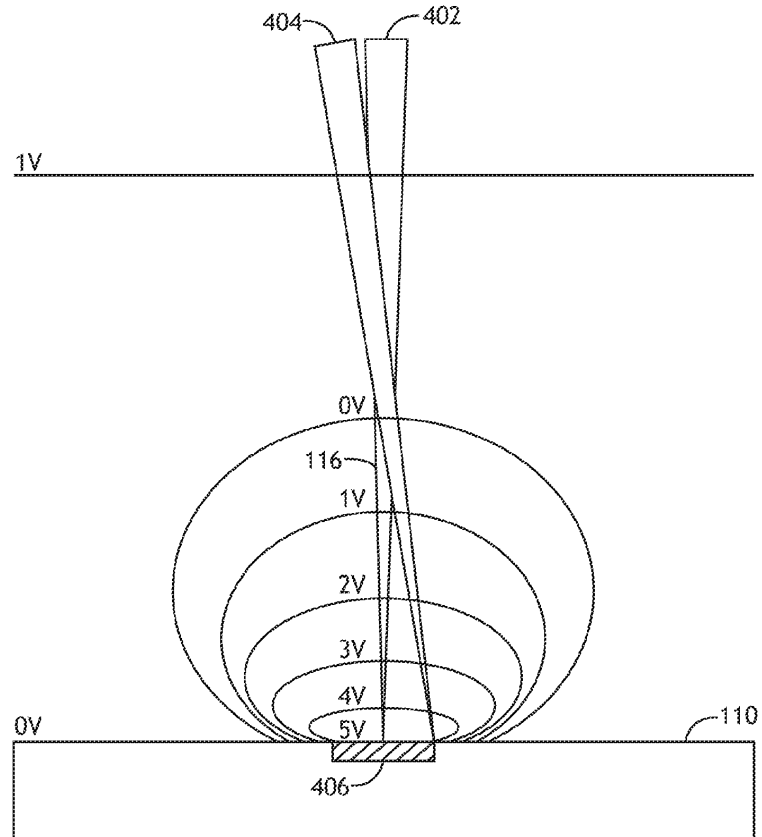


도면3



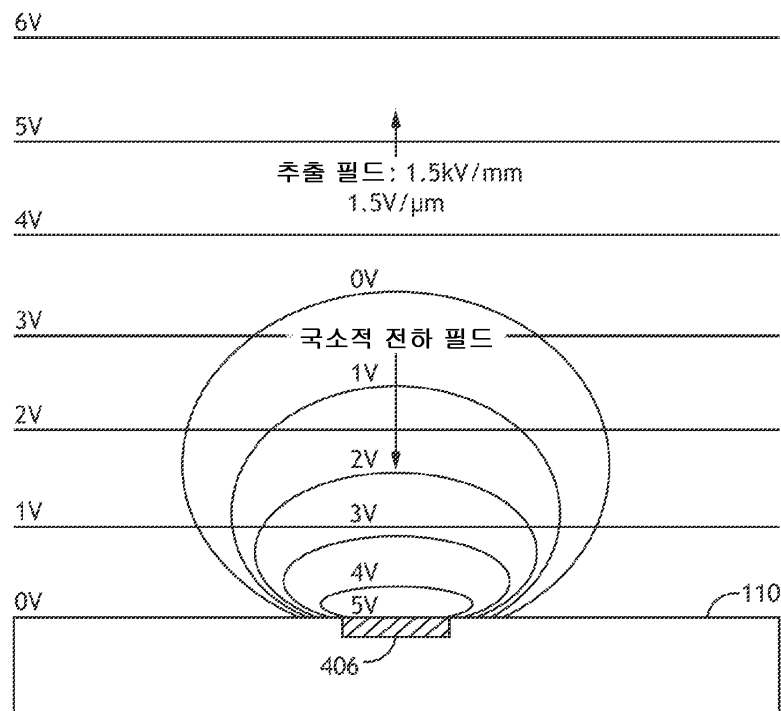
도면4a

400



도면4b

410

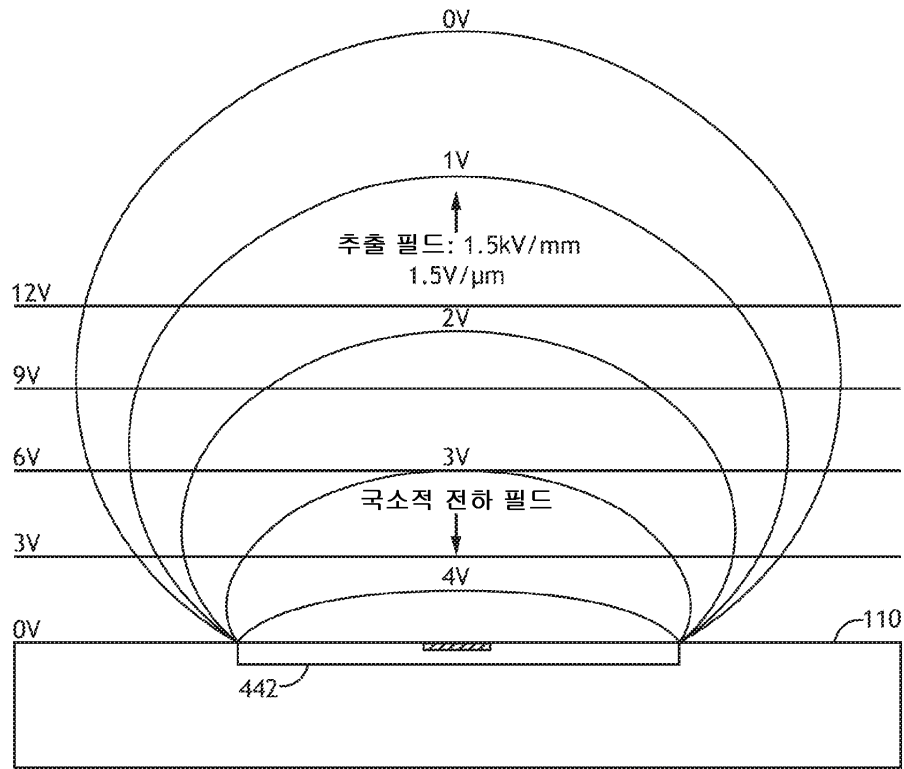






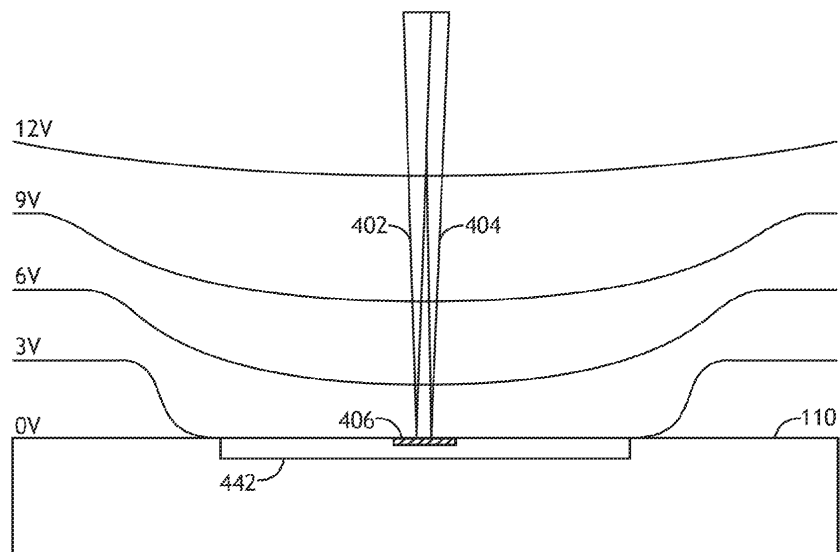
도면4e

440

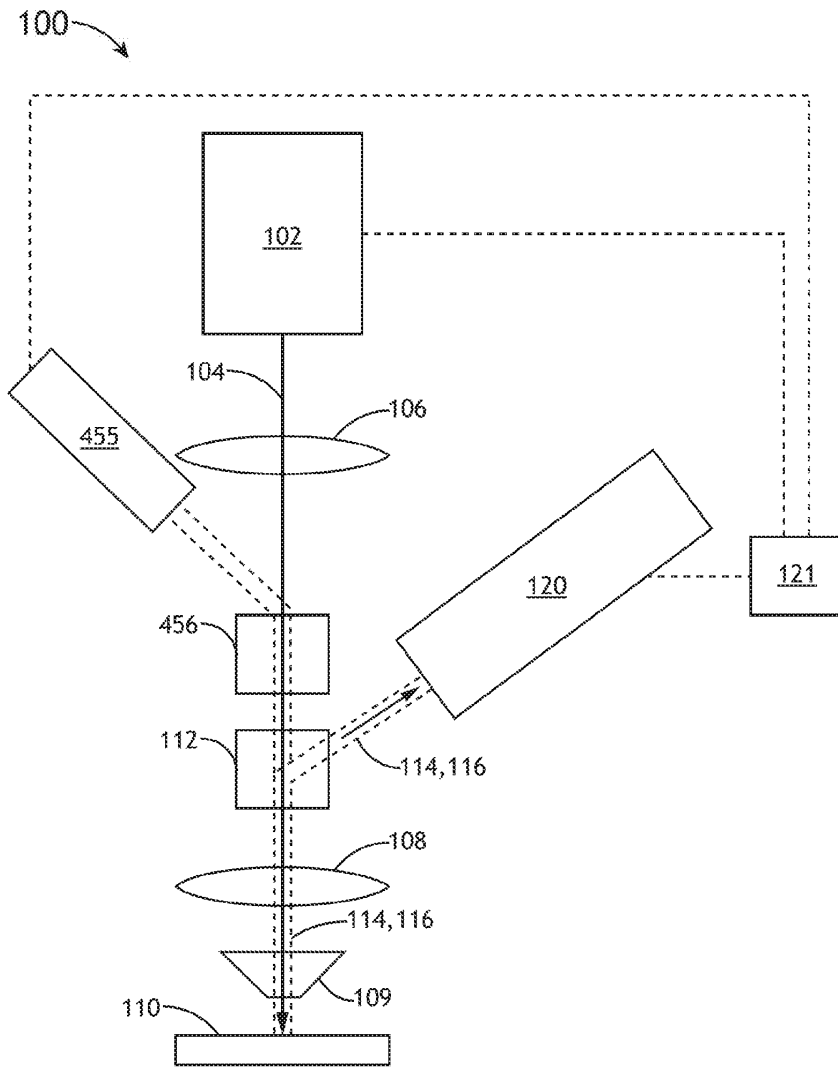


도면4f

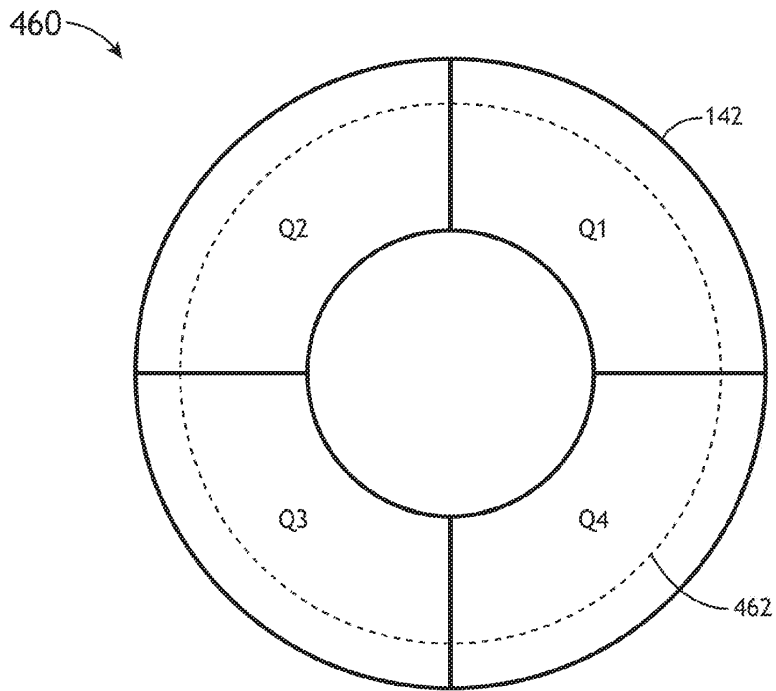
450



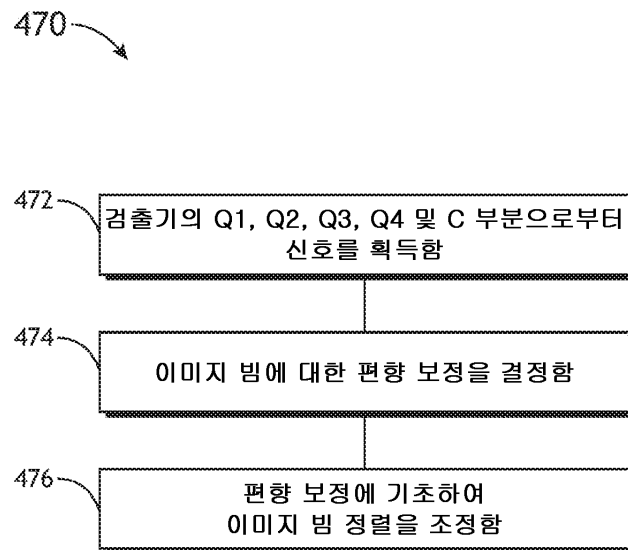
도면4g



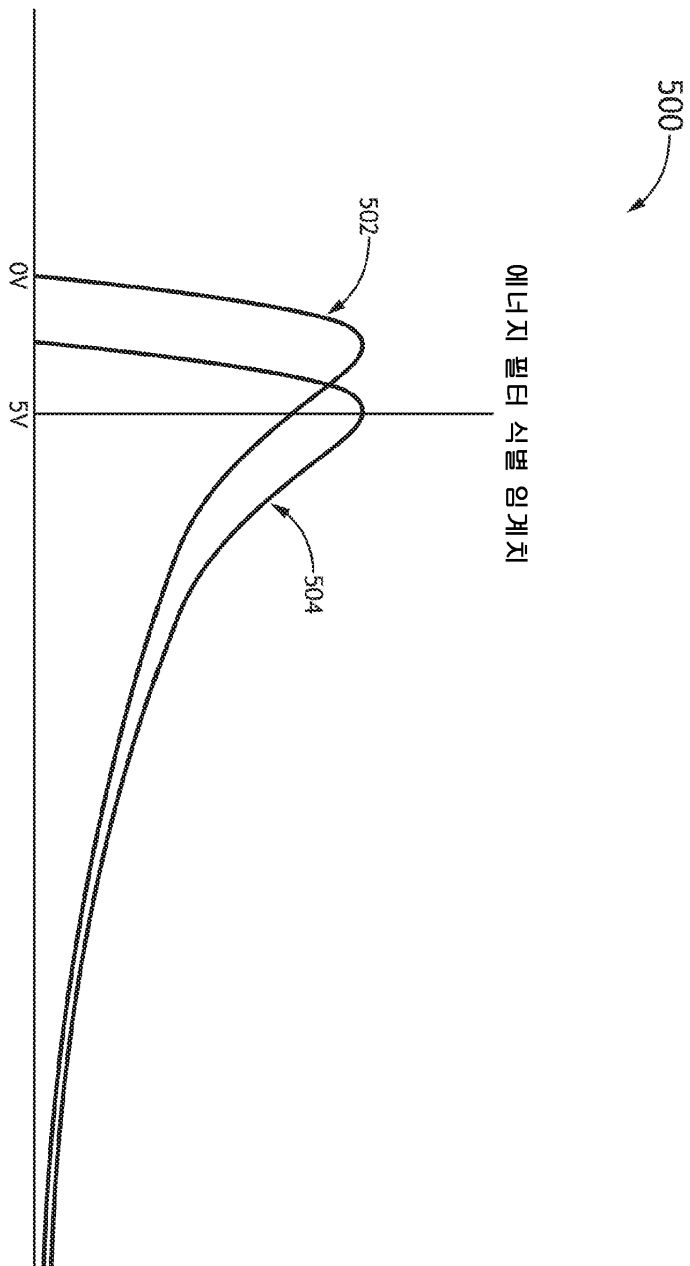
도면4h



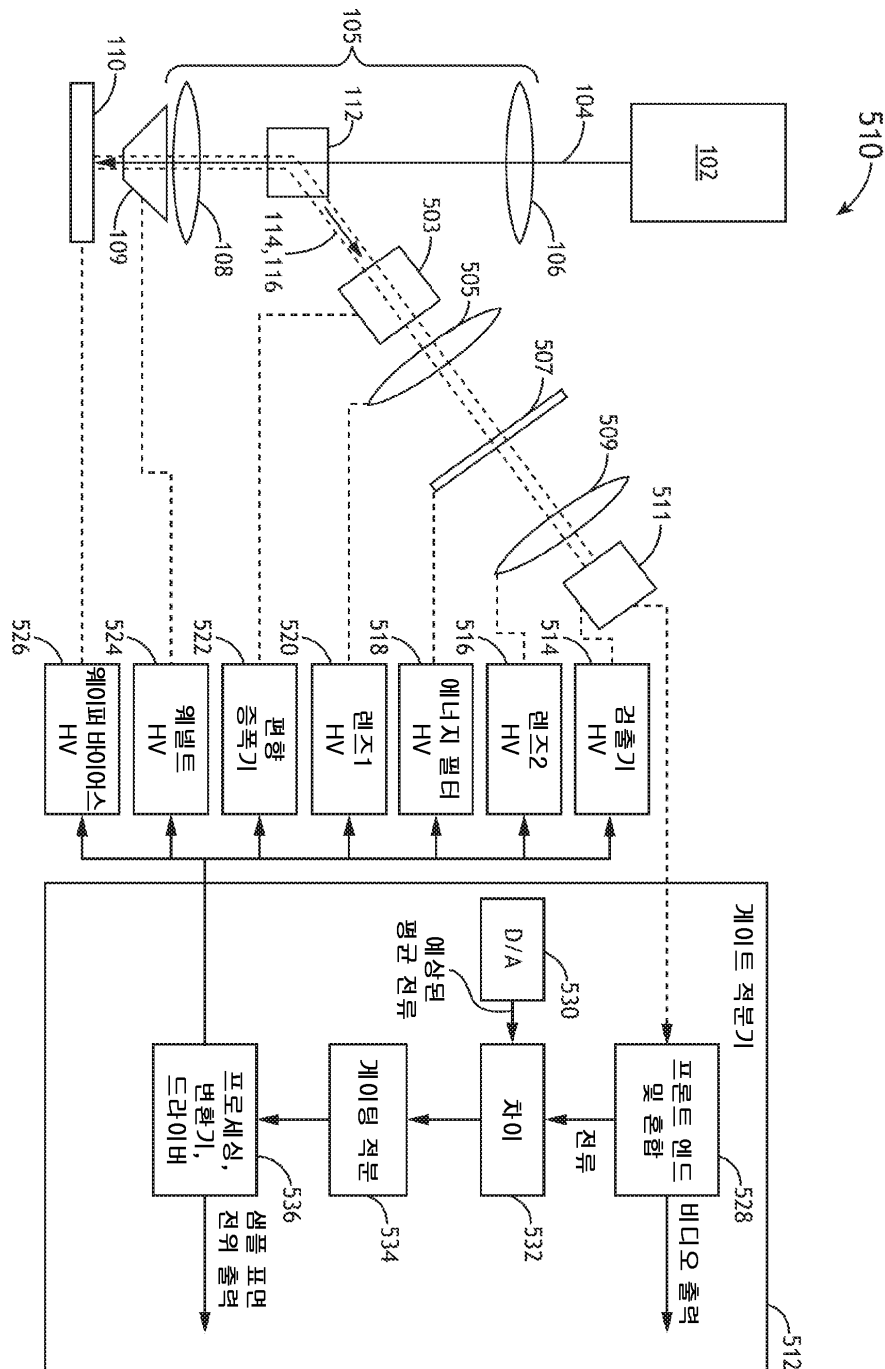
도면4i



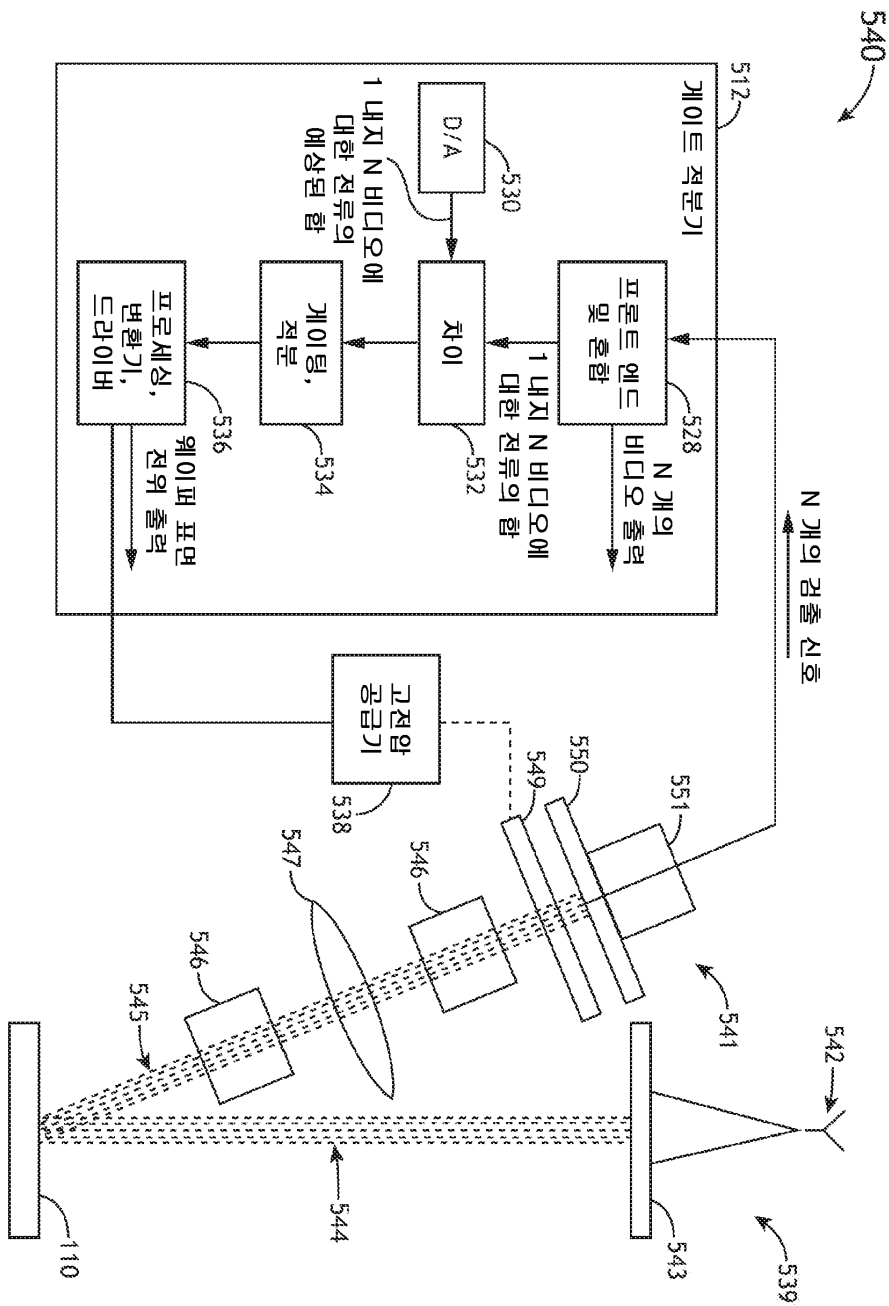
도면5a



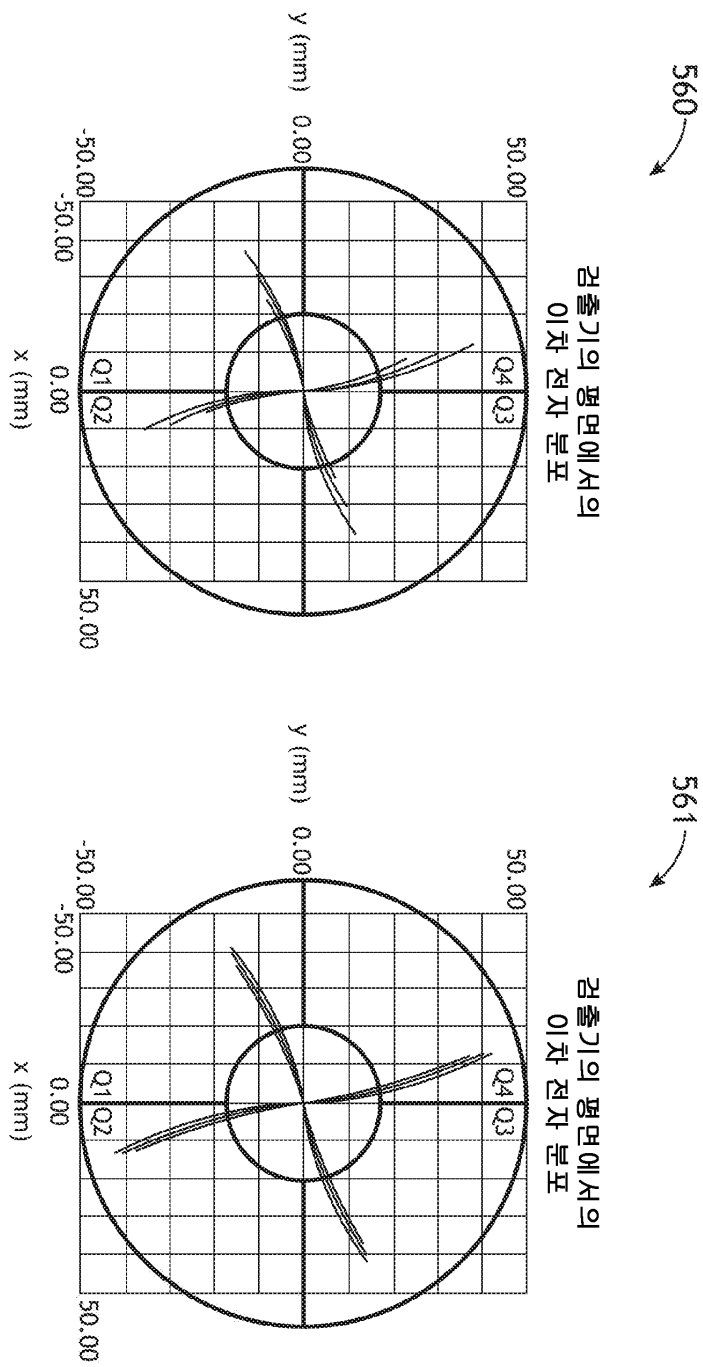
도면5b



도면5c

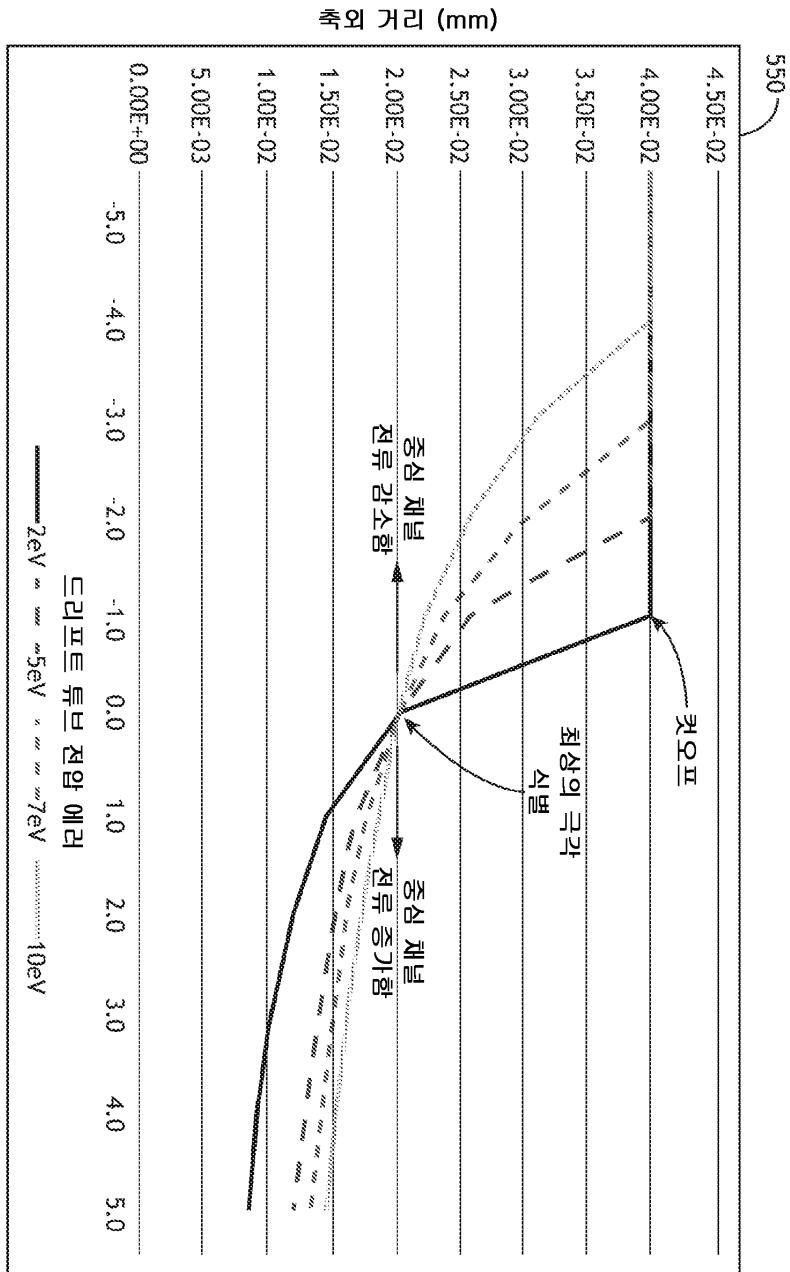


도면5d

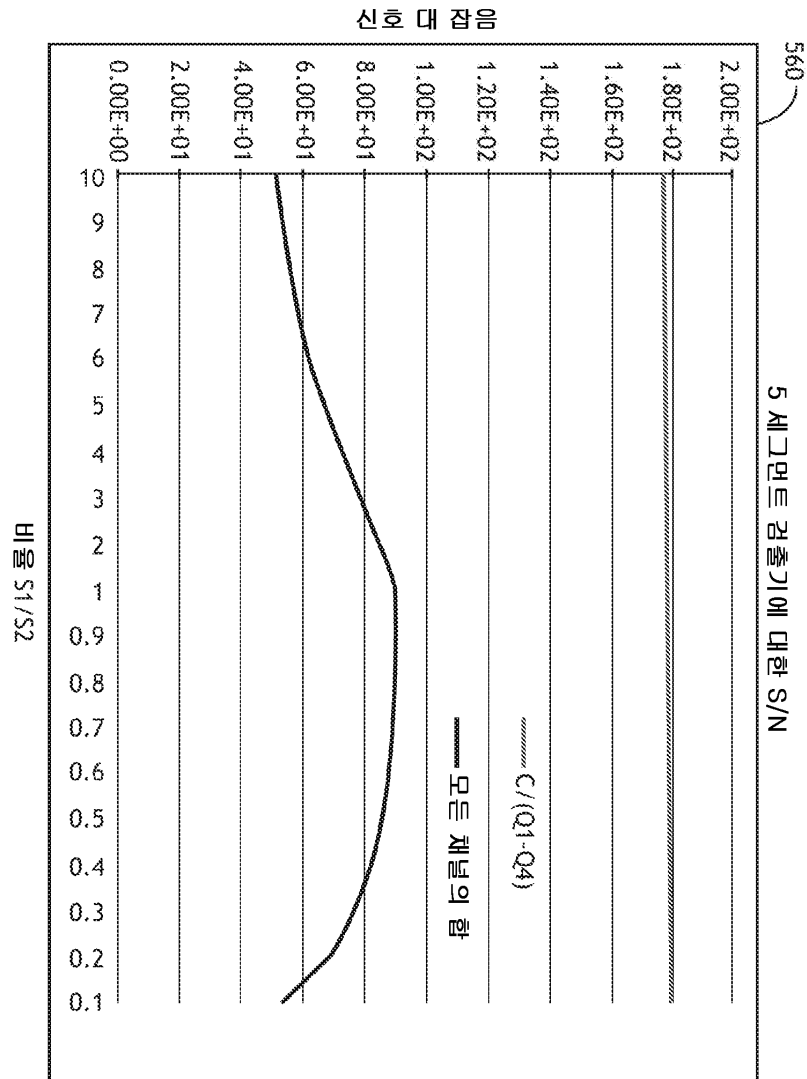




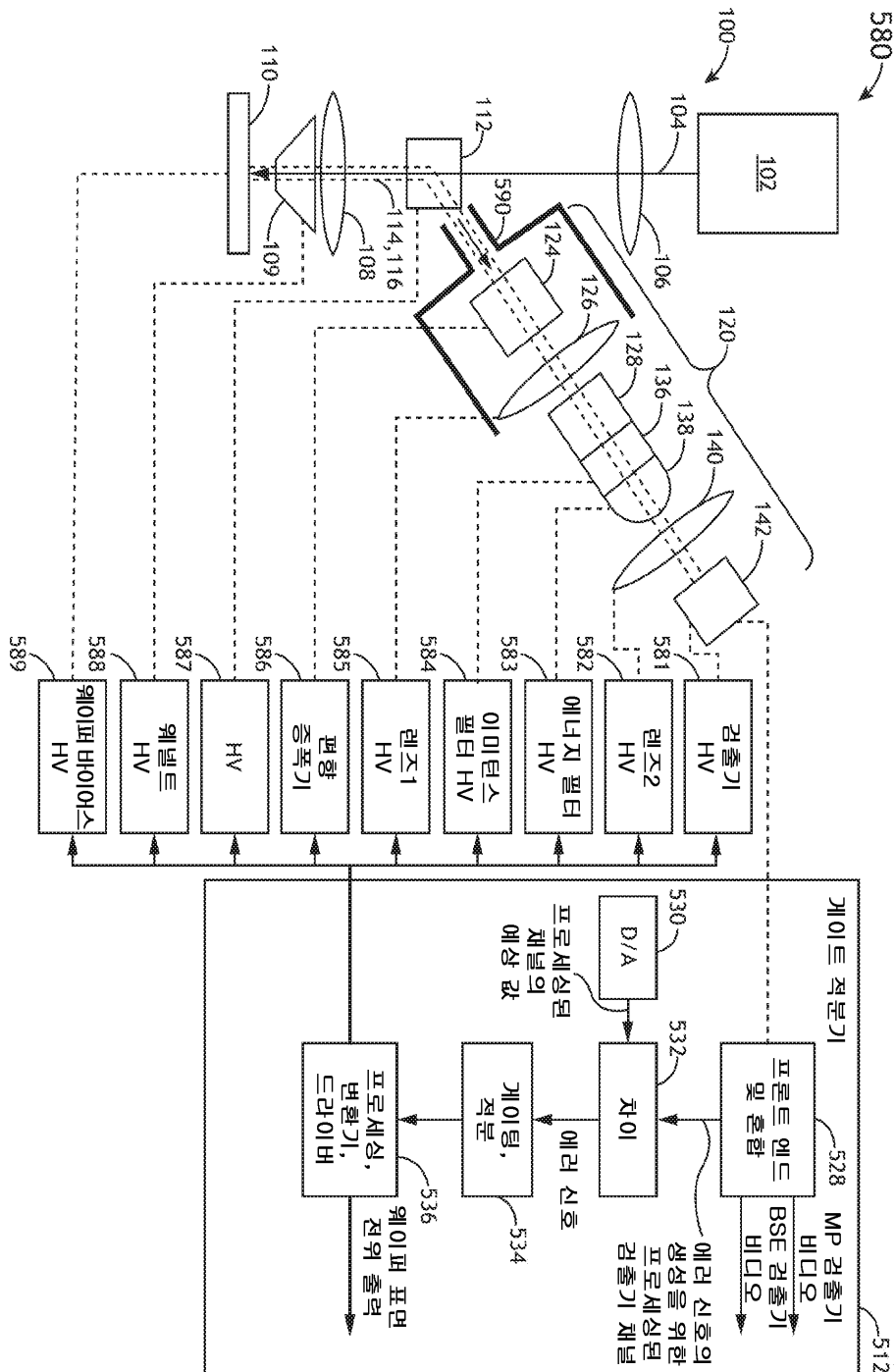
도면5e



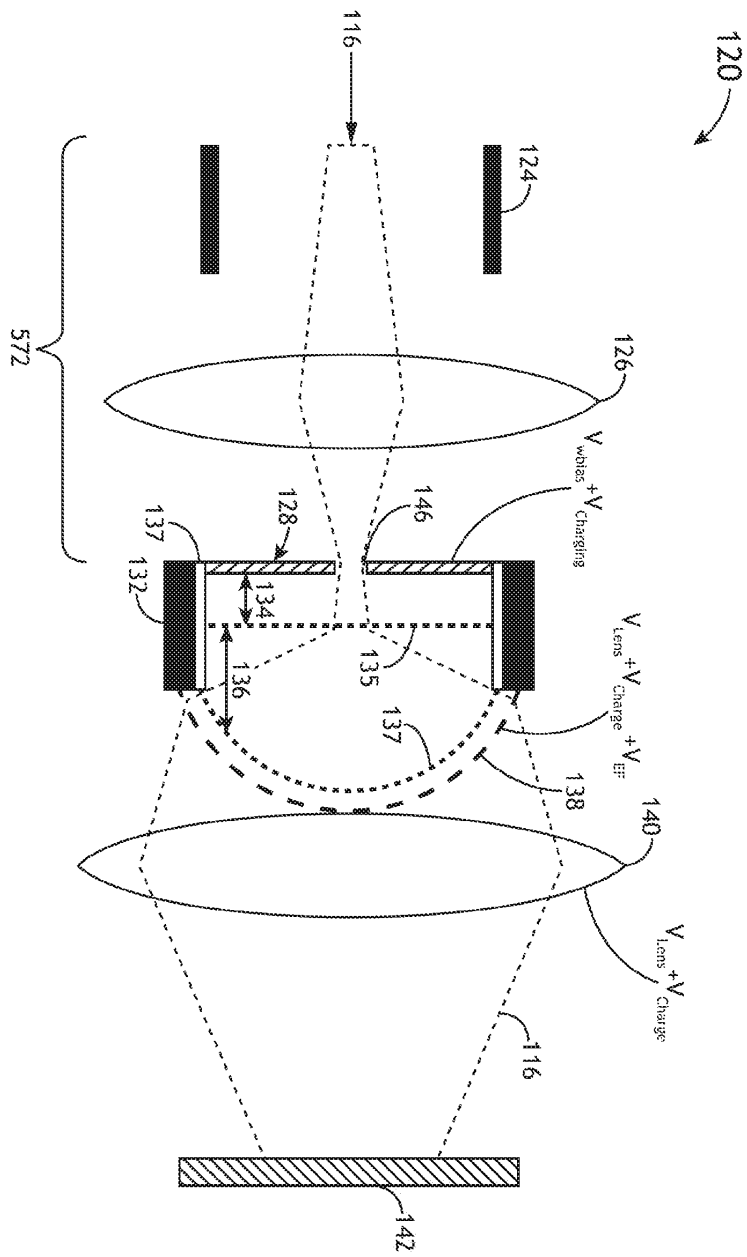
도면5f



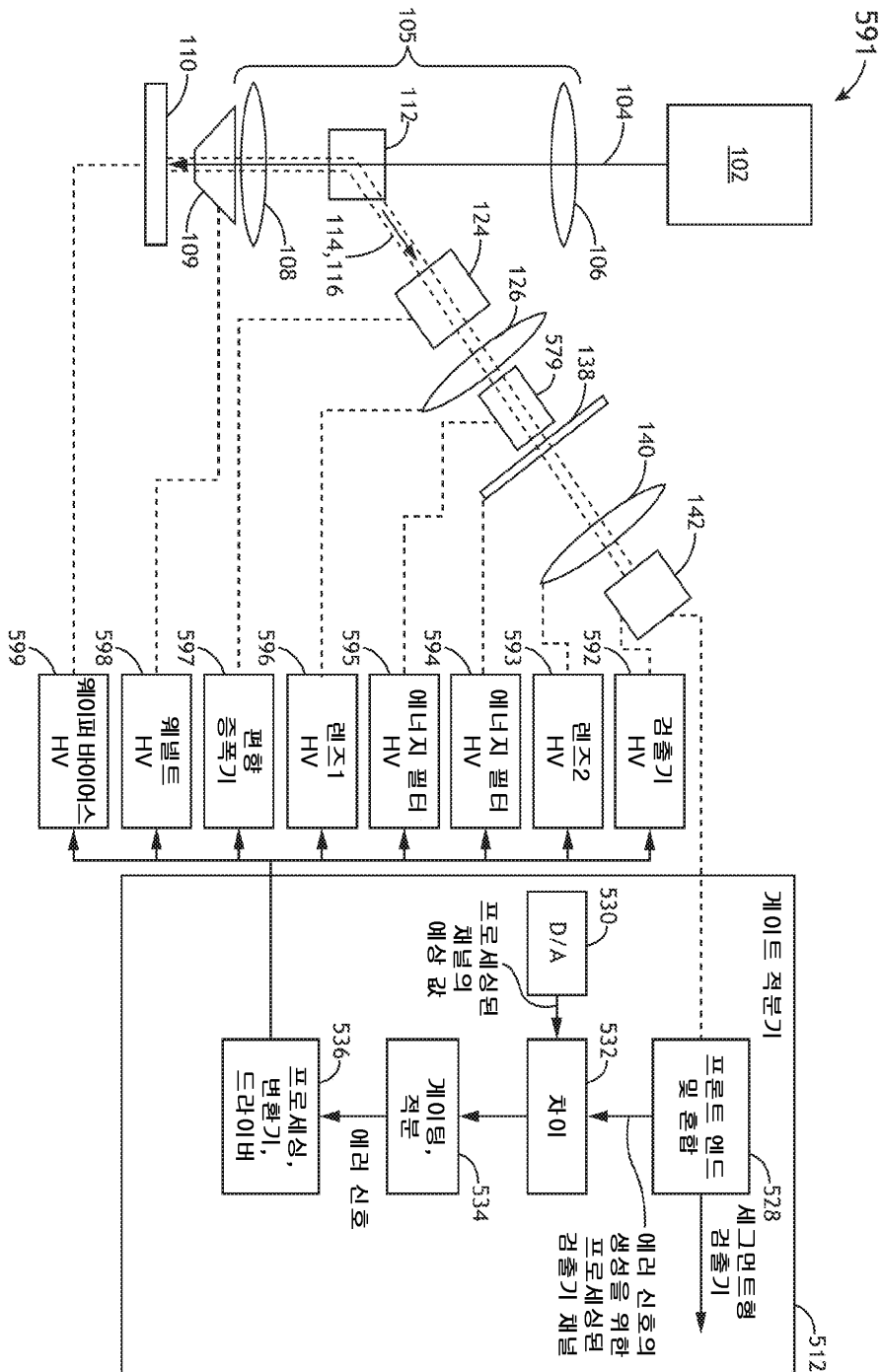
도면5g



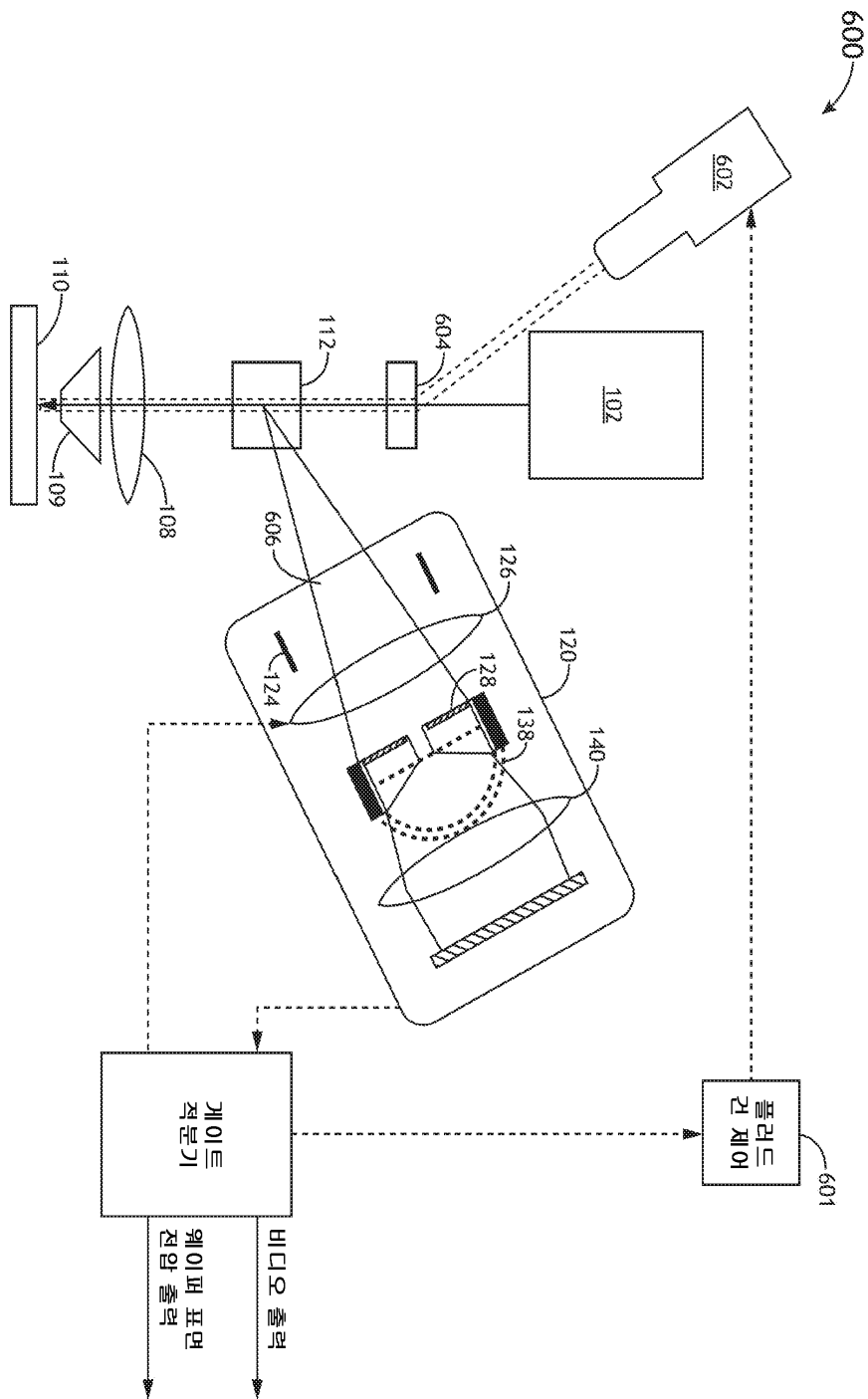
도면5h



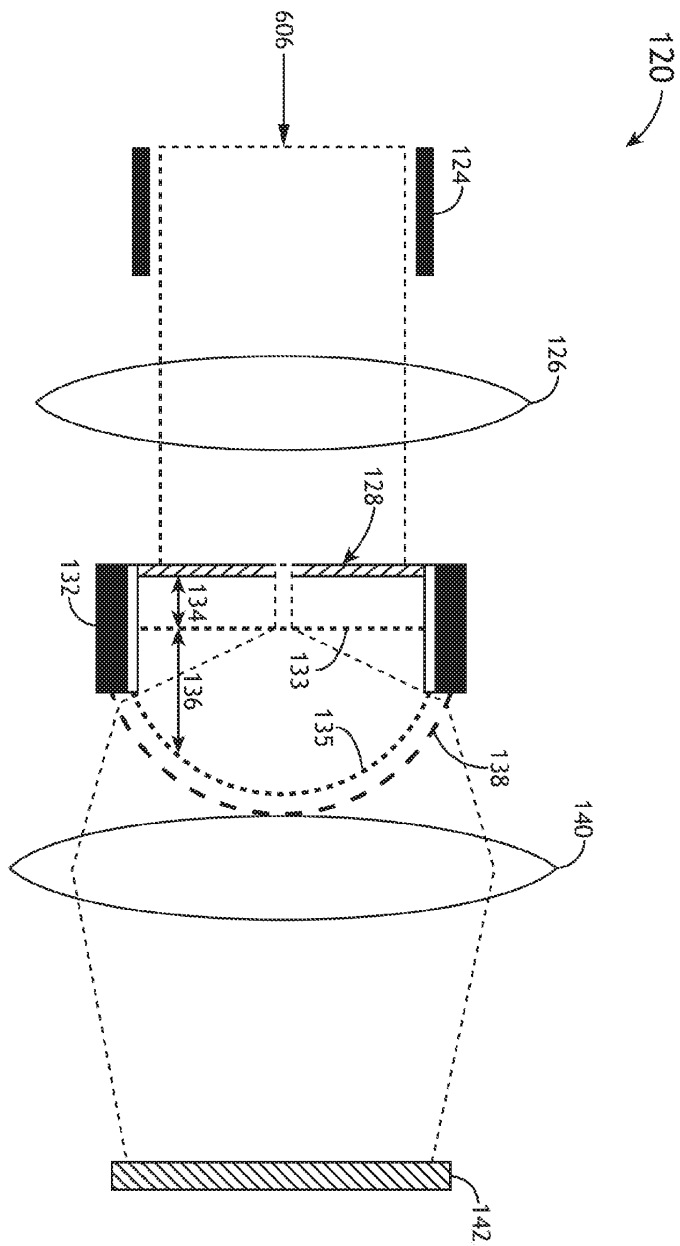
도면5i



도면6a



도면6b





도면6c

