



(19) 대한민국특허청(KR)  
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2024-0105432  
(43) 공개일자 2024년07월05일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)  
H01J 37/22 (2006.01) H01J 37/244 (2006.01)  
H01J 37/28 (2006.01)  
(52) CPC특허분류  
H01J 37/226 (2013.01)  
H01J 37/244 (2020.05)  
(21) 출원번호 10-2024-7019418  
(22) 출원일자(국제) 2022년01월28일  
심사청구일자 2024년06월11일  
(85) 번역문제출일자 2024년06월11일  
(86) 국제출원번호 PCT/JP2022/003391  
(87) 국제공개번호 WO 2023/145015  
국제공개일자 2023년08월03일

(71) 출원인  
주식회사 히타치하이테크  
일본국 도쿄도 미나토쿠 토라노몬 1초메 17방 1코  
(72) 발명자  
시라사끼 야스히로  
일본 1008280 도쿄 지요다쿠 마루노우쨌 1쨌메  
6-6 가부시키가이샤 히타치 세이사쿠쇼 내  
우찌호 미나미  
일본 1008280 도쿄 지요다쿠 마루노우쨌 1쨌메  
6-6 가부시키가이샤 히타치 세이사쿠쇼 내  
야찌 가즈후미  
일본 1056409 도쿄 미나토쿠 토라노몬 1쨌메 17-1  
주식회사 히타치하이테크 내  
(74) 대리인  
장수길, 박상돈, 이중희

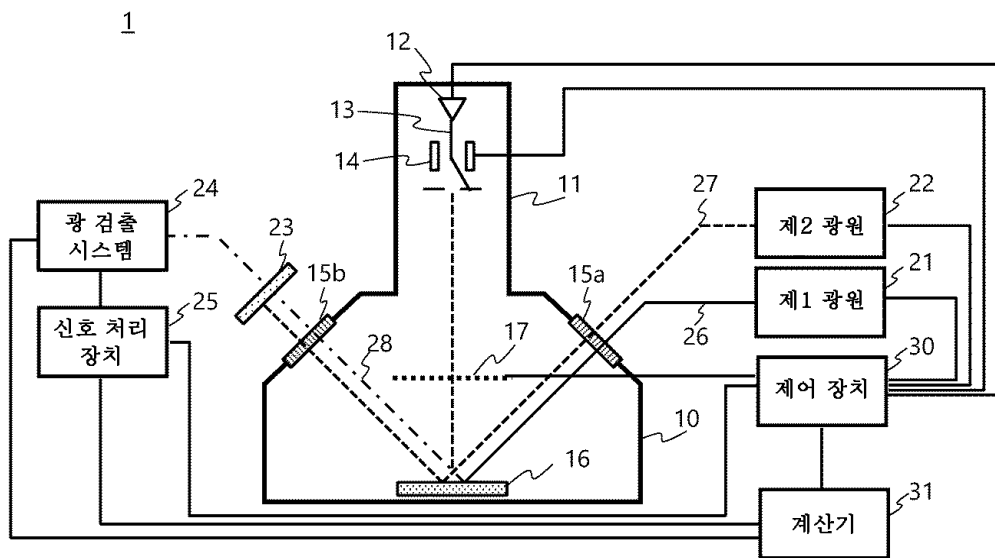
전체 청구항 수 : 총 16 항

(54) 발명의 명칭 검사 장치 및 막질 검사 방법

(57) 요약

성막한 반도체막이나 절연막 등의 막질을 비접촉으로 검사한다. 시료(16) 상에 형성된 막의 막질을 검사하는 검사 장치(1)는, 시료에 하전 입자선(13)을 조사하는 하전 입자원(12)과, 시료에 제1 광(26)을 조사하는 제1 광원(21)과, 제1 광이 시료에 조사됨으로써 발생하는 신호광(28)을 검출하는 광 검출계와, 시료 상의 전계를 제어하는 대전 제어 전극(17) 또는 시료에 제2 광(27)을 조사하는 제2 광원(22)과, 하전 입자원과, 대전 제어 전극 또는 제2 광원을 사용하여, 시료의 전자 상태를 변조시키는 제어 장치(30)와, 광 검출계로부터 출력되는 시료의 전자 상태의 변조에 따라서 변조된 신호광의 검출 신호에 기초하여 시료 상에 형성된 막의 막질을 추정하는 계산기(31)를 갖는다.

대표도 - 도1



(52) CPC특허분류

*H01J 37/28* (2020.05)

---

## 명세서

### 청구범위

#### 청구항 1

시료 상에 형성된 막의 막질을 검사하는 검사 장치이며,  
 상기 시료에 하전 입자선을 조사하는 하전 입자원과,  
 상기 시료에 제1 광을 조사하는 제1 광원과,  
 상기 제1 광이 상기 시료에 조사됨으로써 발생하는 신호광을 검출하는 광 검출계와,  
 상기 시료 상의 전계를 제어하는 대전 제어 전극 또는 상기 시료에 제2 광을 조사하는 제2 광원과,  
 상기 하전 입자원과, 상기 대전 제어 전극 또는 상기 제2 광원을 사용하여, 상기 시료의 전자 상태를 변조시키는 제어 장치와,  
 상기 광 검출계로부터 출력되는 상기 시료의 전자 상태의 변조에 따라서 변조된 신호광의 검출 신호에 기초하여 상기 시료 상에 형성된 막의 막질을 추정하는 계산기를 갖는 검사 장치.

#### 청구항 2

제1항에 있어서,  
 상기 대전 제어 전극과 상기 제2 광원의 양쪽을 갖고,  
 상기 제어 장치는, 상기 하전 입자원, 상기 대전 제어 전극 및 상기 제2 광원 중, 적어도 1개 이상을 사용하여, 상기 시료의 전자 상태를 변조시키는 검사 장치.

#### 청구항 3

제2항에 있어서,  
 상기 광 검출계는, 상기 시료의 전자 상태의 변조에 의한 상기 신호광의 변화를 나타내는 검출 신호를 출력하는 검사 장치.

#### 청구항 4

제3항에 있어서,  
 상기 검출 신호는 복수의 피트 파라미터를 포함하는 모델식으로 표현되고,  
 상기 계산기는, 상기 복수의 피트 파라미터의 조합에 대한 막질 정보를 등록하는 데이터베이스를 구비하고, 상기 검출 신호를 상기 모델식에 피팅하여 상기 검출 신호의 상기 복수의 피트 파라미터를 산출하고, 산출된 상기 복수의 피트 파라미터와 상기 데이터베이스를 대조하는 검사 장치.

#### 청구항 5

제3항에 있어서,  
 상기 제어 장치는, 상기 대전 제어 전극이 상기 시료에 인가하는 전계 강도를 변화시키면서, 상기 제2 광원을 변조하는 검사 장치.

#### 청구항 6

제5항에 있어서,  
 상기 검출 신호는, 상기 시료에 인가되는 전계 강도에 대한 의존성을 갖고,  
 상기 계산기는, 상기 의존성을 나타내는 특징량에 대한 막질 정보를 등록하는 데이터베이스를 구비하고, 상기

검출 신호로부터 상기 의존성을 나타내는 특징량을 산출하고, 산출된 상기 의존성을 나타내는 특징량과 상기 데이터베이스를 대조하는 검사 장치.

**청구항 7**

제6항에 있어서,

상기 하전 입자선이 상기 시료에 조사됨으로써 발생하는 신호 전자를 검출하는 신호 전자 검출기를 갖고,

상기 계산기는, 상기 신호 전자 검출기가 검출하는 신호 전자의 에너지에 기초하여, 상기 시료의 표면 전위를 산출하는 검사 장치.

**청구항 8**

제6항에 있어서,

상기 시료의 표면 전위를 측정하는 표면 전위계를 갖는 검사 장치.

**청구항 9**

제1항에 있어서,

상기 시료는 대기 중에 배치되고,

상기 하전 입자원은, 상기 하전 입자원을 진공 분위기로 유지하기 위한 격벽을 구비하는 경통 내에 배치되고,

상기 하전 입자선은, 상기 격벽을 관통하여 상기 시료에 조사되는 검사 장치.

**청구항 10**

제1항에 있어서,

상기 시료 및 상기 하전 입자원은 대기 중에 배치되고,

상기 하전 입자원은 코로나 방전으로 이온을 발생시키는 전극인 검사 장치.

**청구항 11**

제1항에 있어서,

상기 제1 광은, 상기 시료 상에 형성된 막에 대하여 수직인 방향으로부터 상기 시료에 조사되고,

상기 하전 입자선은, 상기 시료 상에 형성된 막에 대하여 경사로부터 상기 시료에 조사되는 검사 장치.

**청구항 12**

제11항에 있어서,

상기 제1 광을 집광하는 광학 렌즈를 갖고,

상기 광학 렌즈의 상기 시료측의 면에는 상기 대전 제어 전극이 되는 도전막이 제막되어 있는 검사 장치.

**청구항 13**

제11항에 있어서,

상기 제1 광을 집광하는 광학 렌즈를 갖고,

상기 대전 제어 전극은, 상기 광학 렌즈와 상기 시료 사이에 배치되는 투명 전극인 검사 장치.

**청구항 14**

시료 상에 형성된 막의 막질을 검사하는 검사 장치이며,

상기 시료에 제1 광을 조사하는 제1 광원과,

상기 제1 광이 상기 시료에 조사됨으로써 발생하는 신호광을 검출하는 광 검출계와,

상기 시료 상의 전계를 제어하는 대전 제어 전극과,

상기 대전 제어 전극에 제3 광을 조사하여 광전자를 발생시키는 제3 광원과,

상기 시료에 제4 광을 조사하여 광전자를 발생시키는 제4 광원과,

상기 대전 제어 전극에 인가하는 전압, 상기 제3 광원 및 상기 제4 광원을 제어하여, 상기 시료의 전자 상태를 변조시키는 제어 장치와,

상기 광 검출계로부터 출력되는 상기 시료의 전자 상태의 변조에 따라서 변조된 신호광의 검출 신호에 기초하여 상기 시료 상에 형성된 막의 막질을 추정하는 계산기를 갖는 검사 장치.

#### 청구항 15

시료 상에 형성된 막의 막질을 검사하는 막질 검사 방법이며,

상기 시료에 하전 입자선을 조사하여, 상기 시료를 대전시키고,

상기 시료의 전자 상태를 변조시킨 상태에서 상기 시료에 프로브광을 조사하고,

상기 프로브광이 상기 시료에 조사됨으로써 발생하는 신호광을 검출하고,

상기 시료의 전자 상태의 변조에 따라서 변조된 신호광의 검출 신호에 기초하여, 상기 시료 상에 형성된 막의 막질을 추정하는 막질 검사 방법.

#### 청구항 16

제15항에 있어서,

상기 시료에 인가되는 전계 강도를 변화시키면서, 상기 시료의 전자 상태를 변조시킨 상태에서 상기 시료에 상기 프로브광을 조사하고,

상기 시료의 전자 상태의 변조에 따라서 변조된 신호광의 검출 신호의 전계 강도 의존성에 기초하여, 상기 시료 상에 형성된 막의 막질을 추정하는 막질 검사 방법.

### 발명의 설명

#### 기술 분야

[0001] 본 개시는, 검사 장치 및 그것을 사용한 막질 검사 방법에 관한 것이다.

#### 배경 기술

[0002] 특허문헌 1에는, 제전용의 자외광을 탑재한 SEM이 기재되어 있다. 절연막의 대전은 자외광의 조사에 의해 제거할 수 있는 것이 알려져 있다. 특허문헌 2에는, 시료 상의 전계를 제어하는 대전 제어 전극이 탑재된 SEM이 기재되어 있다. 대전 제어 전극의 전압을 제어함으로써 전자선 조사에 의해 대전되는 시료의 대전량을 제어할 수 있는 것이 알려져 있다.

#### 선행기술문헌

##### 특허문헌

[0003] (특허문헌 0001) 일본 특허 공개 제2000-357483호 공보

(특허문헌 0002) 일본 특허 공개 제2006-338881호 공보

##### 비특허문헌

[0004] (비특허문헌 0001) D. E. Aspnes, "Third-Derivative Modulation Spectroscopy with Low-Field Electromodulation" Surface Science 37 (1973) 418-442

## 발명의 내용

### 해결하려는 과제

- [0005] 반도체 디바이스에 있어서, 그 반도체막이나 절연막의 막질은 중요하다. 예를 들어, 트랜지스터의 성능은, 게이트 절연막의 성질이나 게이트 절연막과 그 접하는 층의 계면의 성질 등에 의해 크게 좌우된다. 절연막이나 계면에 결함이 존재하면, 디바이스 구동 시의 전계 인가에 의해 결함에 전하가 축적되어, 디바이스 동작에 악영향을 미친다. 이 결함과 같이 디바이스 동작 시에 문제가 되는 막질의 검사에는, 디바이스 동작 시와 마찬가지로 검사 대상막에 전계를 인가하여 그 특성 변화를 측정하는 것이 유효하다.
- [0006] 디바이스를 완성시킨 후에 있어서는, 디바이스를 실제로 동작시키는 전기 특성 검사에 의해 막질은 검사할 수 있다. 그러나, 완성 후의 검사에서는, 양산 공정에서의 문제의 발생을 미연에 방지할 수 없다. 또한, 반도체 제조 프로세스의 개발에 있어서는, 검사 대상막을 끼워 넣는 전극을 제작하여 전극간에 전압을 인가함으로써, 전계 인가 하에서의 막질의 측정이 가능해지지만, 이를 위한 전극의 제작에는 시간이나 비용도 든다.
- [0007] 따라서, 반도체 디바이스의 양산 공정에 있어서, 혹은 반도체 제조 프로세스 개발에 있어서, 성막한 반도체막이나 절연막 등의 막질을 비접촉으로 검사할 것이 요망된다. 여기서, 막질이란, 성막된 재료가 포함하는 전하, 변형, 결함, 혹은 하지의 상태, 계면의 상태 등에 따라 당해 막이 나타내는 재료 특성을 말한다. 또한, 본 발명에 있어서 검사 대상으로 하는 막으로서의 반도체 디바이스의 제조 공정에 있어서 형성되는 막을 폭넓게 포함하는 것으로 하고, 막의 제법이나 재료를 불문한다. 예를 들어, 성막 후에 어닐 등의 가공을 행한 막, 반도체 기판을 열산화하여 얻어지는 막(열산화막), 반도체 기판에 이온 주입에 의해 형성되는 막 등도 대상이 된다. 또한, 재료도 무기 재료, 유기 재료 모두 포함된다.

### 과제의 해결 수단

- [0008] 본 발명의 일 양태인 검사 장치는, 시료 상에 형성된 막의 막질을 검사하는 검사 장치이며, 시료에 하전 입자선을 조사하는 하전 입자원과, 시료에 제1 광을 조사하는 제1 광원과, 제1 광이 시료에 조사됨으로써 발생하는 신호광을 검출하는 광 검출계와, 시료 상의 전계를 제어하는 대전 제어 전극 또는 시료에 제2 광을 조사하는 제2 광원과, 하전 입자원과, 대전 제어 전극 또는 제2 광원을 사용하여, 시료의 전자 상태를 변조시키는 제어 장치와, 광 검출계로부터 출력되는 시료의 전자 상태의 변조에 따라서 변조된 신호광의 검출 신호에 기초하여 시료 상에 형성된 막의 막질을 추정하는 계산기를 갖는다.
- [0009] 본 발명의 일 양태인 막질 검사 방법은, 시료 상에 형성된 막의 막질을 검사하는 막질 검사 방법이며, 시료에 하전 입자선을 조사하여, 시료를 대전시키고, 시료의 전자 상태를 변조시킨 상태에서 시료에 프로브광을 조사하고, 프로브광이 시료에 조사됨으로써 발생하는 신호광을 검출하고, 시료의 전자 상태의 변조에 따라서 변조된 신호광의 검출 신호에 기초하여, 시료 상에 형성된 막의 막질을 추정한다.

## 발명의 효과

- [0010] 성막한 반도체나 절연막 등의 막질을 비접촉으로 검사하는 것이 가능해진다. 그 밖의 과제와 신규 특징은, 본 명세서의 기술 및 첨부 도면으로부터 명백하게 될 것이다.

### 도면의 간단한 설명

- [0011] 도 1은 실시예 1의 검사 장치의 개략 구성도이다.
- 도 2a는 시료의 전자 상태를 제어하는 제어 시퀀스의 예이다.
- 도 2b는 시료의 전자 상태를 제어하는 제어 시퀀스의 예이다.
- 도 2c는 시료의 전자 상태를 제어하는 제어 시퀀스의 예이다.
- 도 3a는 검출 신호 스펙트럼의 예이다.
- 도 3b는 검출 신호 스펙트럼의 예이다.
- 도 4는 막질을 추정하기 위한 데이터베이스의 데이터 구조예이다.

- 도 5는 검출 신호의 전계 의존성으로부터 추정 가능한 막질 검사를 위한 제어 플로이다.
- 도 6은 대전 제어 전극의 인가 전압을 소인하였을 때의 검출 신호의 강도 변화를 도시하는 도면이다.
- 도 7은 검출 신호의 전계 의존성으로부터 구해지는 막질을 추정하기 위한 데이터베이스의 데이터 구조예이다.
- 도 8은 막질 검사의 결과의 표시예이다.
- 도 9a는 설정·계측 화면(설정 탭)의 예이다.
- 도 9b는 설정·계측 화면(계측 탭)의 예이다.
- 도 9c는 결과 출력 화면의 예이다.
- 도 10a는 변형예 1의 검사 장치의 개략 구성도이다.
- 도 10b는 신호 전자 검출량과 에너지 필터 전압의 관계를 도시하는 도면이다.
- 도 11은 변형예 2의 검사 장치의 개략 구성도이다.
- 도 12는 실시예 2의 검사 장치의 개략 구성도이다.
- 도 13은 실시예 3의 검사 장치의 개략 구성도이다.
- 도 14는 실시예 4의 검사 장치의 개략 구성도이다.

**발명을 실시하기 위한 구체적인 내용**

- [0012] 이하, 본 발명의 실시예에 대하여 설명한다. 또한, 본 실시예에서 나타내는 도면은 본 발명의 구체적 예를 나타내고 있지만, 이들은 본 발명의 이해를 위한 것이며, 결코 본 발명을 한정적으로 해석하기 위해 사용되는 것은 아니다.
- [0013] 본 실시예의 검사 장치에서는, 막질을 광학 검사에 의해 평가한다. 즉, 구체예는 후술하지만, 막이 갖는 재료 특성을 막의 광학 특성으로서 검출하고, 검출된 광학 특성으로부터 막질에 대한 정보를 얻는다. 본 실시예에서는, 광학 검사 시에, 검사 대상막의 대전 제어 및/또는 광 조사에 의한 내부 전계 제어에 의해, 검사 대상 시료의 전자 상태를 변조 제어한다.
- [0014] 이하의 실시예에 있어서, 검사 대상막 상의 전계 강도를 제어하는 목적은 크게 2개로 나누어진다. 제1은, 광학 검사의 조건을 최적화하는 것이다. 예를 들어, 최대의 신호광 강도가 얻어지는 전계 강도 하에서 광학 검사를 행함으로써, 고SNR로의 검사를 행할 수 있어, 검사의 스루풋을 향상시킬 수 있다. 제2는, 전계 의존하는 막질을 검사하는 것이다. 전계 강도에 의존하는 재료 특성은, 인가하는 전계 강도를 변화시켜 검출 신호의 변화를 검출함으로써, 막질에 대한 정보를 얻을 수 있다. 상세에 대해서는 후술한다.
- [0015] 이하에서는, 검사 대상을 반도체 웨이퍼 상에 성막된 절연막과 그 계면으로 하여 실시예를 개시하지만, 본 기술의 적용처는 이것에 한정되지는 않는다. 전계 하에서의 막질 측정은, 예를 들어 반도체막이나 유기막, 그것들의 계면에서도 유효하다.
- [0016] **실시예 1**
- [0017] 도 1에 실시예 1의 검사 장치(1)의 개략 구성을 도시한다. 검사 장치(1)는, 주요한 구성으로서, 시료에 있어서의 검사 대상 시료의 전자 상태를 제어하는 하전 입자선 장치, 시료에 프로브광을 조사하는 광 조사계, 시료에 프로브광을 조사시키는 것에 기인하여 발생하는 신호광을 검출하는 광 검출계, 이들을 제어하는 제어계를 갖는다.
- [0018] (하전 입자선 장치)
- [0019] 하전 입자선 장치는, 시료실(10)과 경통(11)을 구비하고, 이들 내부는 도시하지 않은 배기 기구에 의해 진공 분위기로 유지된다. 시료실(10)에는, 반도체 웨이퍼와 같은 시료(16)가 수용된다. 경통(11)에는, 시료(16)에 조사하는 하전 입자선(13)을 발생시키는 하전 입자원(12), 하전 입자원(12)을 초핑하는 블랭커(14)가 수용되어 있다. 여기서, 하전 입자원(12)으로서는, 시료(16)를 대전시키기 위한 하전 입자선(13)을 발생시킬 수 있으면 되고, 전자총, 플러드 건, 이온원 등을 사용할 수 있다. 또한, 하전 입자선(13)을 시료(16)로 유도하기 위한 하전 입자 광학계를 구성하는 렌즈나 편향기 등의 하전 입자 광학 부품을 구비하고 있어도 된다.

- [0020] 시료(16)의 근방에는, 시료(16) 상의 전계를 제어함으로써, 시료(16)의 대전량을 제어하는 대전 제어 전극(17)이 마련되어 있다. 대전 제어 전극(17)에 전압을 인가함으로써 시료(16) 바로 위의 전계를 제어한다. 대전 제어 전극(17)에 인가된 전계가 하전 입자선(13)을 시료(16)에 조사하였을 때 발생하는 2차 하전 입자를 시료(16)로부터 멀어지게 하거나 또는 되돌아오게 함으로써 시료(16)의 대전 상태가 제어된다. 대전 제어 전극(17)은, 시료(16)로부터, 예를 들어 수 내지 30mm 정도 이격된 위치에 배치된다. 이 때문에, 하전 입자선(13), 혹은 후술하는 프로브광(26)이나 펄스광(27)을 시료(16)에 조사하는 장애가 되지 않도록, 금속 메시나 구멍이 뚫린 전극판에 의해 구성하는 것이 바람직하다.
- [0021] 또한, 특허문헌 1에 개시되어 있는 바와 같은 자외광을 사용하면 빠르게 시료(16)의 대전을 제거할 수 있다. 한편, 자외광보다도 장파장의 광의 경우, 대전 상태는 변화시키지 않고, 시료 내부의 전계(계면 전계)를 제어할 수 있는 것이 알려져 있다. 이 때문에, 도 1의 구성예에서는, 시료(16)에 광(펄스광(제2 광)(27)이라 칭함)을 조사하는 제2 광원(22)이 마련되어 있다. 펄스광(27)을 조사함으로써 검사 대상 시료의 전자 상태를 제어할 수 있고, 또한 펄스광(27)의 파장을 선택함으로써, 제어하는 전자 상태의 내용을 변화시킬 수 있다. 구체적으로는, 자외광을 사용함으로써 시료 대전의 제전 및 계면 전계의 제어를 행할 수 있고, 자외광보다도 장파장의 광을 사용함으로써, 계면 전계의 제어를 행할 수 있다. 제2 광원(22)은, 후술하는 제1 광원(21)과 마찬가지로 구성할 수 있다.
- [0022] (광 조사계)
- [0023] 검사 장치(1)는, 시료(16) 상에 형성되어 있는 검사 대상막의 광학 검사를 행하기 위해, 시료(16)에 프로브광(제1 광)(26)을 조사하는 제1 광원(21)을 구비한다. 제1 광원(21)으로서, 크세논 램프 등의 백색 광원, 레이저, LED 등을 사용할 수 있다. 백색 광원은, 모노크로미터를 통해 단색화하여 사용할 수도 있다. 또한, 도시하지 않지만, 광 조사계는, 프로브광(26)을 시료(16)로 유도하기 위한 광학계를 구성하는 렌즈나 미러, 프로브광(26)의 편광을 제어하기 위한 편광자 등의 광학 부품을 구비하고 있다.
- [0024] 도 1의 예에서는, 제1 광원(21)은 시료실(10)의 외측에 배치되고, 프로브광(26)은 시료실(10)에 마련된 뷰포트(15a)를 통해 시료실(10) 내에 도입되고 있다. 이 예에서는 펄스광(27)도 뷰포트(15a)를 통해 시료실(10) 내에 도입되고 있지만, 프로브광(26)과 펄스광(27)을 다른 뷰포트로부터 시료실(10)에 도입해도 된다.
- [0025] (광 검출계)
- [0026] 프로브광(26)을 시료(16)에 조사시킴으로써, 신호광(28)이 발생한다. 신호광(28)으로서, 반사광, 산란광(라만 산란광을 포함함), 발광, 회절광을 포함한다. 광 검출계는 신호광(28)을 검출하는 것이며, 광학 필터(23), 광 검출 시스템(24), 신호 처리 장치(25)를 구비한다. 광학 필터(23)는 신호광(28) 이외의 광을 제거하는 필터이며, 광 검출 시스템(24)에서는, 뷰포트(15b)를 투과한 광을, 광학 필터(23)를 통해 수광함으로써, 신호광(28)을 검출한다. 광 검출 시스템(24)으로서, 검출하는 신호광(28)에 맞추어, 파워 미터, 포토다이오드, 스펙트럼미터 등을 사용할 수 있다. 신호 처리 장치(25)는, 복수의 시료 내부의 전계 조건에서 얻어진 광 검출 시스템의 검출 신호의 처리를 행한다. 신호 처리 장치(25)는 예를 들어, 락인 앰프이며, 광 검출 시스템(24)으로부터의 검출 신호의 변조 강도나 위상 등을 추출한다.
- [0027] 광 검출 시스템(24)이 검출하는 신호광(28)은, 검사 대상막에 대하여 검사를 행하는 막질에 따라서 정해진다. 예를 들어, 반사광을 검출함으로써 계면 전계, 결함, 변형 등의 정보를, 산란광(라만 산란광을 포함함)을 검출함으로써 진동 준위, 응력, 변형 등의 정보를, 발광을 검출함으로써 결함, 발광 효율 등의 정보를, 회절광을 검출함으로써 구조 주기성, 굴절률 등의 정보를 얻을 수 있다.
- [0028] (제어계)
- [0029] 제어 장치(30)는, 검사 장치(1)의 구성 요소의 제어를 행한다. 제어 장치(30)는, 예를 들어 계산기(31)로부터 입력되는 검사 조건에 기초하여, 하전 입자선 장치, 광 조사계, 광 검출계의 동작 제어를 행한다. 제어 장치(30)는, 예를 들어 CPU 등의 프로세서에서 실행되는 프로그램에 의해 실현된다. 또한, 예를 들어 FPGA(Field-Programmable Gate Array)나 ASIC(Application Specific Integrated Circuit) 등으로 구성되어도 된다.
- [0030] 검사 장치(1)에 의한 검사, 계측의 조건 설정이나 광 검출계로부터의 검출 신호에 기초하는 막질의 추정, 계산기(31)에 의해 실행된다. 계산기(31)는, 조건 설정이나 막질의 추정에 필요한 다양한 데이터베이스 또는 환산식을 기억하고 있다.
- [0031] 검사, 계측의 조건 설정에는, 이하와 같은 파라미터의 설정을 포함한다. 이들 파라미터는 계산기(31)의 GUI를

통해, 유저가 설정한다. 시료를 대전시키는 하전 입자선(13)의 조건에는, 가속 전압, 전류량, 조사 면적, 조사 위치, 블랭커에 의한 조사 주기 등이 있다. 시료의 대전량을 제어하는 대전 제어 전극(17)의 조건에는, 전압의 값이나 그 인가 주기 등이 있다. 시료의 제전 혹은 내부 전계를 제어하는 펌프광(27)의 조건에는 파장, 강도, 편광, 조사 주기 등이 있다. 프로브광(26)의 조건에는 파장, 강도, 편광 등이 있다. 광 검출 시스템(24)의 검출기 조건에는 게인 등이 있다.

[0032] 또한, 제어 장치(30)의 기능을 계산기(31)가 실행하도록 구성하는 것도 가능하다.

[0033] 도 2a 내지 도 2c에 시료의 전자 상태를 변조하는 제어 시퀀스의 예를 도시한다. 어느 예도, 시료(16)의 전자 상태를, 하전 입자선(13), 대전 제어 전극(17), 펌프광(27)의 3개의 작용원에 의해 제어하는 제어 시퀀스이다. 도 2a는 하전 입자선(13)과 대전 제어 전극(17)의 조건을 고정하고, 펌프광(27)의 조건을 변조한다. 변조하는 파라미터는 파장이나 편광이어도 되지만, 여기에서는 강도로 하고 있다. 펌프광(27)의 강도가 ON일 때에는, 펌프광(27)의 파장에 의존하여 시료(16)의 대전이 제거되거나, 혹은 시료 내부의 전계가 제어된다. 도 2b는 하전 입자선(13)과 펌프광(27)의 조건을 고정하고, 대전 제어 전극(17)의 조건을 변조한다. 도 2c는 대전 제어 전극(17)과 펌프광(27)의 조건을 고정하고, 하전 입자선(13)의 조건을 변조한다. 시료(16)의 전자 상태가 변조되도록, 3개의 작용원 중 적어도 1개 이상에 대하여, 어떠한 파라미터를 변조시키면 된다. 복수의 작용원을 변조시키는 경우에는, 복수의 작용원의 변조 패턴은 동일해도, 다르게 되어 있어도 된다. 또한, 펌프광(27)의 파장을 단파장으로 하여 검사 대상막의 제전을 목적으로 하여 사용하고, 시료의 대전의 유무만을 제어할 수 있으면 되는 경우에는 대전 제어 전극(17)을 없애는 것도 가능하다. 또한, 도 2b, 도 2c의 제어 시퀀스와 같이, 하전 입자선(13)과 대전 제어 전극(17)에 의해 시료의 대전량을 변조하는 경우에는 제2 광원(22)을 없애는 것도 가능하다. 단, 그와 같은 경우라도, 시료 내부의 전계(계면 전계)를 제어하고자 하는 경우에는, 자외광보다도 장파장의 광을 조사 가능한 제2 광원(22), 또한 변조마다 시료의 대전량을 리셋하고자 하는 경우에는, 자외광을 조사 가능한 제2 광원(22)을 마련해 두는 것은 유효하다.

[0034] 광 검출계가 신호광(28)을 검출하여 출력하는 검출 신호의 샘플링은 샘플링 트리거에 따라서 행해진다. 샘플링 트리거는 시료의 전자 상태의 변조에 동기하고 있다. 이에 의해, 변조되는 작용원이 제1 상태(도 2a의 예에서는 펌프광(27)의 강도가 OFF)일 때의 신호광(28)의 강도  $S_A$ 와 변조되는 작용원이 제2 상태(도 2a의 예에서는 펌프광(27)의 강도가 ON)일 때의 신호광(28)의 강도  $S_B$ 를 얻을 수 있고, 강도  $S_A$ 와 강도  $S_B$ 를 비교함으로써, 검사 대상막의 막질에 대한 정보가 얻어진다. 도 2a 내지 도 2c의 제어 시퀀스는 모두 제1 상태와 제2 상태의 2종류의 전자 상태를 만드는 것이지만, 복수의 작용원을 다른 변조 패턴으로 변조시킴으로써, 3종류 이상의 전자 상태를 만드는 것이어도 된다.

[0035] 여기서 샘플링 트리거에는 광 검출계의 구성에 따라서 다양한 양태가 있고, 특정의 양태에 한정되지는 않는다. 예를 들어, 제2 광원(22)은 제어 장치(30)로부터의 동기 신호에 동기하여 펌프광(27)을 변조시키고 있고, 광 검출계가 신호 처리 장치(25)로부터 연속적으로 검출 신호를 출력하고 있는 것으로 한다. 이 경우, 계산기(31)는, 제어 장치(30)로부터 동기 신호를 수신하고, 동기 신호와 동기하는 샘플링 트리거에 의해 신호 처리 장치(25)로부터의 검출 신호를 샘플링할 수 있다. 또는, 광 검출계에 있어서 광 검출 시스템(24)은 연속적으로 검출 신호를 출력하고, 신호 처리 장치(25)가 제어 장치(30)로부터 동기 신호를 수신하고, 동기 신호와 동기하는 샘플링 트리거에 의해 광 검출 시스템(24)으로부터의 검출 신호를 샘플링하여 신호 처리를 행하도록 구성해도 된다. 또한, 광 검출계에 있어서 광 검출 시스템(24)이 제어 장치(30)로부터 동기 신호를 수신하고, 동기 신호와 동기하는 샘플링 트리거에 의해 신호광(28)을 검출하도록 구성해도 된다. 광 검출 시스템(24)의 검출기가 스펙트로미터인 경우에는, 이 구성으로 하면 된다.

[0036] 광 검출계에 있어서의 신호 처리 장치(25)의 신호 처리에 대하여 설명한다. 예를 들어, 광 검출 시스템(24)에 있어서의 검출기를 파워 미터로 하고, 신호광(28)을 프로브광(26)의 반사광인 것으로 한다. 도 2a의 제어 시퀀스를 적용한 것으로 하여, 제1 상태에서의 신호광(28)의 신호 강도  $S_A$ , 제2 상태에서의 신호광(28)의 신호 강도  $S_B$ 로 한다. 신호 처리 장치(25)는, 2개의 전자 상태에서 취득한 신호 강도의 차분을 규격화하여 검출 신호로서 출력한다. 이 경우, 검출 신호는 (수학적 1)로서 표현되고, 반사율의 변화율을 의미하고 있다.

수학식 1

$$\frac{\Delta R}{R} = \frac{S_B - S_A}{S_A} \quad (1)$$

[0037]

[0038] 신호 처리 장치(25)로서 락인 앰프를 사용한 경우에는, 진폭  $\Delta R_0$ , 위상  $\theta$ 가 출력되고, 이 경우, 검출 신호는 (수학식 2)로서 표현된다.

수학식 2

$$\frac{\Delta R}{R} = \Delta R_0 e^{i\theta} \quad (2)$$

[0039]

[0040] 프로브광(26)의 파장을 변화시키면서 검출 신호  $\Delta R/R$ 을 검출하면 도 3a 또는 도 3b와 같은 스펙트럼이 얻어진다. 횡축은 반사광의 파장 또는 에너지이다. 여기서, 도 3a는 대전 제어 전극(17)의 전압을 0V로 설정한 경우이며, 도 3b는 대전 제어 전극(17)의 전압을 +3V로 설정한 경우이다. 대전 제어 전극(17)의 전압, 즉 시료(16)의 대전량을 조정함으로써, 보다 SNR이 높은 검출 신호가 얻어지고 있다. 또한, 프로브광(26)에 백색 광원과 광 검출 시스템(24)의 검출기로서 스펙트로미터를 사용해도 마찬가지로의 스펙트럼을 얻는 것이 가능하다.

[0041] 계산기(31)는, 도 3a 또는 도 3b에 도시한 바와 같은, 검출 신호 스펙트럼의 강도나 형상으로부터 막질, 예를 들어 절연막과 반도체의 계면에 있어서의 반도체의 변형이나 도펀트 농도를 추정한다. 얻어진 검출 신호 스펙트럼은, 예를 들어 (수학식 3)으로 표현되는 관계를 갖는다(비특허문헌 1).

수학식 3

$$\frac{\Delta R}{R}(E) = Re[Ae^{i\theta}(E - E_{CP} + i\Gamma)^{-n}] \quad (3)$$

[0042]

[0043] (수학식 3)에 있어서, A는 intensity,  $\theta$ 는 phase, E는 energy,  $E_{CP}$ 는 critical point energy,  $\Gamma$ 는 broadening factor, n은 검사 대상막의 재료에 의존하는 계수이다. 얻어진 검출 신호 스펙트럼에 (수학식 3)을 적용한다. 피팅에 의해, (수학식 3)에 포함되는 피트 파라미터(A,  $\theta$ ,  $E_{CP}$ ,  $\Gamma$ )가 구해진다. 한편, 계산기(31)는 피트 파라미터의 다양한 조합에 대한 막질 정보를 데이터베이스로서 보유하고 있다. 도 4에 데이터베이스의 예를 도시한다.

[0044] 도 4는 막질을 추정하기 위한 데이터베이스(41)의 데이터 구조예이다. 데이터베이스(41)에서는, 피트 파라미터(A,  $\theta$ ,  $E_{CP}$ ,  $\Gamma$ )의 조합에 대한 막의 변형량(Strain)이 등록되어 있다. 계산기(31)는, (수학식 3)으로부터 구한 피트 파라미터와 데이터베이스(41)를 대조함으로써, 검사 대상막의 변형량을 추정한다. 또한, 데이터베이스(41)는, 막질 정보를, 피트 파라미터를 인수로 하는 함수로서 등록해도 되고, 그 등록 형태에 한정되지는 않는다. 또한, 본 예는 신호광(28)을 프로브광(26)의 반사광으로서 변형량 측정을 행하는 경우에 (수학식 3)과 같은 모델식 및 데이터베이스(41)를 사용한 예이며, 예를 들어 신호광(28)이 산란광이나 발광인 경우, 또는 측정 대상이 변형량 이외인 경우에는, 그것에 따른 모델식이나 데이터베이스를 사용하면 된다.

[0045] 계산기(31)는, 이와 같이 검출 신호로부터 구해지는 파라미터와 막질의 관계를 데이터베이스로서 기억하고, 신호광(28)으로부터 검출된 파라미터로부터 막질 정보를 추정한다. 계산기(31)는, 검사 장치(1)가 실시하는 막질 검사에 사용하는 광 검출계로부터의 검출 신호, 해석식에 따른 데이터베이스를 구비하고, 실시하는 검사에 따른 데이터베이스를 이용하여, 막질을 추정한다.

[0046] 다음으로, 막질이 검출 신호의 전계 의존성으로부터 구해지는 경우의 제어 플로에 대하여 설명한다. 결함이나 가동 전하량과 같은 막질은, 시료에 인가하는 전계를 변화시켰을 때, 검출 신호가 어떻게 변화되는지(검출 신호의 전계 의존성)로부터 추정할 수 있다. 이와 같은 검출 신호의 전계 의존성으로부터 추정 가능한 막질 검사를

위한 제어 플로를 도 5에 도시한다. 도 2a의 제어 시퀀스를 적용하여, 검사 대상막의 가동 전하량을 추정하는 경우를 예로 들어 설명한다.

[0047] 먼저, 가변 파라미터를 선택하고, 그 범위를 설정한다(S01). 여기에서는 가변 파라미터를, 대전 제어 전극(17)의 인가 전압으로 한다. 계속해서, 막질 측정을 위한 제어 시퀀스를 설정한다. 상술한 바와 같이, 도 2a의 제어 시퀀스를 설정한다(S02). 가변 파라미터를 변경하면서 제어 시퀀스의 실시 및 신호광(28)의 측정을 행하고(S03 내지 S06), 설정한 가변 파라미터의 범위에 대하여 검출 신호를 얻은 후, 검출 신호의 가변 파라미터 의존성을 나타내는 특징량을 산출한다(S07). 계산기(31)는, 검출 신호의 가변 파라미터 의존성을 나타내는 특징량에 대한 막질 정보를 데이터베이스로서 보유하고 있다. 이 데이터베이스를 참조하여, 검사 대상막의 막질을 추정한다(S08).

[0048] 제어 플로의 일례로서, 도 6에 대전 제어 전극(17)의 인가 전압을 순방향(마이너스로부터 플러스)과 역방향(플러스로부터 마이너스)으로 소인하였을 때의 검출 신호( $\Delta R/R$ )의 강도 변화를 나타낸다. 횡축은 시료(16)의 표면 전위  $V_s$ 이다. 표면 전위  $V_s$ 는, 대전 제어 전극(17)의 인가 전압  $V_{cc}$ 와 (수학식 4)에 나타내는 관계를 가지므로, 인가 전압  $V_{cc}$ 로부터 환산함으로써 구할 수 있다. (수학식 4)는 시뮬레이션 등에 의해 구해 둔다.

### 수학식 4

[0049] 
$$V_s = f(V_{cc}) \quad (4)$$

[0050] 도 7은 검출 신호의 전계 의존성으로부터 구해지는 막질을 추정하기 위한 데이터베이스(51)의 데이터 구조예이다. 데이터베이스(51)에서는, 검출 신호의 전계 강도 의존성을 나타내는 특징량( $V1$ ,  $V2$ ,  $\Delta V$ )의 조합에 대한 막의 가동 전하량이 등록되어 있다. 계산기(31)는, 도 6과 같은 측정 결과로부터 구한 전계 강도 의존성을 나타내는 특징량(여기서는, 특정의 반사율이 되는 전압  $V1$ ,  $V2$ 나 히스테리시스)과 데이터베이스(51)를 대조함으로써, 검사 대상막의 가동 전하량을 추정한다. 또한, 대상으로 하는 막질에 대응한 데이터베이스를 사용함으로써 고정 전하량, 플랫폼 밴드 전압이나 전술한 바와 같이 재료가 포함하는 전하, 변형, 결함, 계면의 상태 등의 막질을 추정할 수 있다. 또한, 데이터베이스(51)는, 막질 정보를, 특징량을 인수로 하는 함수로서 등록해도 되고, 그 등록 형태에 한정되지는 않는다.

[0051] 도 8에, 검사 장치(1)에 의한 광학 검사의 결과의 표시예를 도시한다. 광학 검사는, 예를 들어 반도체 웨이퍼 상의 유제가 지정한 칩 구획에 대하여 행해진다. 전체 칩 구획에 대하여 광학 검사를 행해도 된다. 광학 검사를 실시한 칩 구획마다의 막질을 웨이퍼 히트맵(60)으로서 표시한다. 웨이퍼 히트맵(60)에서는, 웨이퍼(61)중에 칩 구획(62)을 표시하고, 예를 들어 검사한 막질이 결함이면, 결함 밀도가 높은 칩 구획일수록, 진한 색이 되도록 표시한다. 이에 의해, 칩 구획마다의 막질이 유저에게 시인 가능해진다.

[0052] 검사 장치(1)에 의해 막질 측정을 행하여, 결과를 표시시키기 위한 GUI(Graphical User Interface)인 설정·계측 화면(70)의 예를 도 9a에 도시한다. 설정·계측 화면(70)에는, 설정 파일 선택부(71)가 마련되어 있고, 과거의 계측에 있어서 계산기(31)에 보존된 설정 파일을 호출할 수 있다. 예를 들어, 동일한 웨이퍼에 대하여 다른 막질의 검사를 실시하는 경우 등, 과거의 설정 내용을 활용함으로써 유저의 작업 부하를 저감할 수 있다.

[0053] 설정 탭(72)에 포함되는 제어 시퀀스 탭을 선택함으로써, 도 2a 내지 도 2c의 제어 시퀀스 혹은 그것 이외의 제어 시퀀스를 선택할 수 있다. 여기에서는 레이저 변조 탭(73)이 선택되어 있고, 이 경우에는 시퀀스도(74)에 나타내어지는 바와 같이, 도 2a로서 나타낸 펄프광을 변조시키는 제어 시퀀스가 선택된다. 또한, 이 장치에서는 하전 입자선으로서 전자선, 펄프광으로서 레이저광이 사용되고 있다.

[0054] 유저는, 레이저 변조 탭(73)을 열어, 전자선 조건 설정부(75), 대전 제어 전극 조건 설정부(76), 레이저 조건 설정부(77)에서, 웨이퍼의 전자 상태를 변조시키는 조건을 설정한다. 또한 이 예에서는, 검출 신호의 전계 의존성으로부터 막질을 추정하기 위해, 대전 제어 전극 조건 설정부(76)에 있어서 인가 전압을 소인시키도록 설정하고 있다. 이 경우에는, 소인 범위 설정부(78)가 표시되고, 유저는 인가 전압을 소인시키는 범위를 설정한다. 이상의 설정이 종료되면, 보존 버튼(79)을 눌러, 설정한 내용을 보존한다.

[0055] 조건 설정이 종료되면, 도 9b에 도시한 바와 같이, 유저는 계측 탭(81)을 연다. 유저는 검사 칩 구획 설정부(82)에서 광학 검사를 행하는 칩 구획을 지정하고, 검사 실행 버튼(83)을 누른다. 이에 의해, 지정한 칩 구획에 대하여, 설정 탭(72)에서 설정한 조건에서 광학 검사가 행해진다. 지정한 전체 칩 구획에 대한 광학 검사가

종료되면, 검사 결과를 간이적으로 유저에게 나타내기 위해, 웨이퍼 히트맵 표시부(84)에 웨이퍼 히트맵이 표시된다. 유저는 검사 결과를 확인하고, 보존 버튼(85)을 눌러, 광학 검사의 결과를 보존한다.

[0056] 유저는 도 9c에 도시한 결과 출력 화면(90)으로부터 검사 결과의 상세를 확인할 수 있다. 결과 출력 화면(90)에 마련된 결과 파일 선택부(91)로부터, 상세 표시되는 결과 데이터 파일을 호출한다. 이 예에서는, 설정·계측 화면(70)과 동일한 웨이퍼 히트맵이 표시되는 웨이퍼 히트맵 표시부(92)와 히스토그램 표시부(93)가 마련되어 있다. 히스토그램 표시부(93)에 표시되는 히스토그램은, 웨이퍼 히트맵 표시부(92)에 표시되는 웨이퍼 히트맵에 있어서의 결함 밀도를 나타내는 농담의 출현 빈도(칩 구획수)를 나타내고 있다. 또한, 웨이퍼 히트맵 표시부(92)에 표시된 칩 구획 중 어느 것을 지정함으로써, 개별의 칩 구획에 있어서의 측정 결과의 상세를 표시시킬 수 있다. 이 예에서는, 검사 칩 구획 측정 결과 표시부(94)에 있어서, 특정의 칩 구획에 있어서의 검출 신호의 측정 결과나 추정된 막질 정보를 표시한다.

[0057] (변형예 1)

[0058] 도 10a에 도 1에 도시한 검사 장치(1)의 변형예를 도시한다. 실시예 1에 있어서는, 대전 제어 전극(17)의 인가 전압을 소인시켰을 때, 시료 표면 전위  $V_s$ 를 (수학식 4)를 사용하여, 대전 제어 전극(17)의 인가 전압  $V_{cc}$ 로부터 환산하는 것, (수학식 4)는 시뮬레이션 등에 의해 구해지는 것을 설명하였다. 그러나, 측정 조건에 따라 (수학식 4)로부터 구해지는 값과 참의 시료 표면 전위  $V_s$  사이에 오차가 발생할 우려가 있다.

[0059] 도 10a의 검사 장치(1b)는 시료(16)의 시료 표면 전위  $V_s$ 를 실측하는 기구로서, 에너지 필터(101), 신호 전자 검출기(102)를 구비하고 있다. 여기서, 신호 전자 검출기(102)는, 하전 입자선(13)이 시료(16)에 조사됨으로써 발생하는 신호 전자(100)를 검출하는 검출기이며, 검출하는 신호 전자(100)는, 2차 전자여도 반사 전자(후방 산란 전자)여도 된다. 에너지 필터(101)에는, 제어 장치(30)에 의해 부전압이 인가되어 있고, 그 부전압에 의해 발생하는 전계 장벽을 타고 넘을 수 있는 신호 전자만이 신호 전자 검출기(102)에 의해 검출된다. 즉, 신호 전자 검출기(102)가 검출하는 신호 전자량은 에너지 필터(101)의 전압에 의존한다. 이 특징을 사용하여, 검사 장치(1b)에서는, 계산기(31)는, 신호 전자(100)의 에너지로부터 시료 표면 전위  $V_s$ 를 산출한다.

[0060] 도 10b에 신호 전자 검출량과 에너지 필터 전압의 관계를 도시한다. 에너지 필터(101)에 인가되는 부전압을 변화시키면서 신호 전자 검출량을 검출함으로써 신호 전자 스펙트럼을 취득할 수 있다. 시프트량은, 시료 표면 전위  $V_s$ 에 의존한다. 시료 표면 전위  $V_s$ 에 의해 신호 전자(100)를 시료측으로 되돌리는 힘이 변화되기 때문이다. 신호 전자 스펙트럼(103)이, 시료(16)가 비대전인 경우의 신호 전자 스펙트럼인 것으로 하면, 신호 전자 스펙트럼(104, 105)은 각각, 시료(16)가 플러스 대전, 마이너스 대전인 경우의 신호 전자 스펙트럼이다. 따라서, 예를 들어 신호 전자 스펙트럼의 미분값이 최대인 전압을 시료 표면 전위  $V_s$ 로 정의하면, 비대전, 플러스 대전, 마이너스 대전 시의 전위는 각각 전위  $V_0, V_1, V_2$ 가 된다. 이에 의해, (수학식 4)의 환산식을 사용하지 않고, 시료 표면 전위  $V_s$ 를 실측할 수 있다. 또한, 신호 전자 스펙트럼(103)은 자외광 등의 단파장 펄스광(27)에 의해 시료(16)의 대전을 제거한 상태에서 측정함으로써 얻을 수 있다.

[0061] 본 변형예에서는, 에너지 필터(101)를 사용하여 신호 전자(100)의 에너지를 변별하였지만, 신호 전자를 그 에너지에 따라서 분광하여 검출하는 스펙트로미터 등에 의해 전자 에너지를 검출함으로써, 시료 표면 전위  $V_s$ 의 측정이 가능하다.

[0062] (변형예 2)

[0063] 도 11에 도 1에 도시한 검사 장치(1)의 변형예를 도시한다. 변형예 2도 변형예 1과 마찬가지로, 시료 표면 전위  $V_s$ 를 실측하는 것을 가능하게 하는 것이다. 검사 장치(1c)는 시료(16)의 시료 표면 전위  $V_s$ 를 실측하는 기구로서, 표면 전위계(110)를 구비하고 있다. 시료실(10) 내에 마련된 표면 전위계(110)의 위치로 시료(16)를 이동시켜, 시료 표면 전위  $V_s$ 를 측정한다.

[0064] 이하, 실시예 2 내지 4로서, 검사 장치(1)의 다른 구성예를 설명한다. 실시예 1과 동일한 구성에 대해서는 동일한 부호를 붙이고, 중복되는 설명은 생략한다.

[0065] **실시예 2**

[0066] 실시예 1에서는, 시료(16)를 진공 분위기에 배치하고 있고, 진공 배기에 시간이 걸리기 때문에, 검사 계측의 스

루퓌트를 저하시킨다. 실시예 2는, 시료(16)를 대기 중에 배치하는 구성예이다.

[0067] 도 12에 도시한 검사 장치(2)의 구성에서는, 하전 입자원(12)은 진공 분위기로 되는 경통(11) 내에 배치되며, 경통(11)에는 내부를 진공 분위기로 유지하기 위한 격벽(120)이 마련되어 있다. 하전 입자원(12)으로부터 방출된 하전 입자선(13)은 격벽(120)을 관통하여 대기로 방출되어, 시료(16)에 조사된다. 또한, 하전 입자원(12)으로서, 대기 중에 있어서 코로나 방전으로 이온을 발생시키는 전극으로 하는 경우에는, 하전 입자원을 진공 분위기로 유지하기 위한 경통(11) 및 격벽(120)도 불필요로 할 수 있다.

[0068] **실시예 3**

[0069] 실시예 3에서는, 하전 입자로서, 여기광을 금속 전극에 조사함으로써 발생하는 광전자를 사용한다. 실시예 3의 검사 장치(3)는, 하전 입자선원으로서 간단한 구성의 전자선원을 사용하는 것이며, 단파장의 광을 시료(16) 및/또는 대전 제어 전극(17)에 조사함으로써 발생하는 광전자의 교환에 의해, 시료(16)의 대전량을 변조시킬 수 있다.

[0070] 제3 광원(131)과 제4 광원(132)은, 파장 400nm 미만의 광을 발생시키는 광원이며, 제어 장치(30)에 의해 그 출력이 제어되고 있다. 제3 광원(131)과 제4 광원(132)은, 각각 제1 광원(21)과 마찬가지로 구성할 수 있다. 제3 광원(131) 및 제4 광원(132)은, 시료실(10)의 외측에 배치되며, 이들 광원으로부터의 광은, 시료실(10)에 마련된 뷰포트(15c)를 통해 시료실(10) 내에 도입되고 있다.

[0071] 제3 광원(131)으로부터의 제1 여기광(제3 광)(133)은, 대전 제어 전극(17)에 조사된다. 제1 여기광(133)이 조사된 장소로부터 제1 광전자(135)가 발생한다. 대전 제어 전극(17)의 전위가 시료(16)보다도 마이너스이면 제1 광전자(135)는 시료 방향으로 힘을 받아, 시료(16)에 조사된다. 따라서, 시료(16)는 마이너스 대전된다.

[0072] 한편, 제4 광원(132)으로부터의 제2 여기광(제4 광)(134)은, 시료(16)에 조사된다. 제2 여기광(134)이 조사된 장소로부터 제2 광전자(136)가 발생한다. 대전 제어 전극(17)의 전위가 시료(16)보다 플러스이면 제2 광전자(136)는 대전 제어 전극 방향으로 힘을 받아, 시료(16)로부터 멀어진다. 따라서, 시료(16)는 플러스 대전된다.

[0073] 이와 같이, 제1 여기광(133)과 제2 여기광(134) 기인의 제1 광전자(135)와 제2 광전자(136)에 의해, 시료(16)의 전위를 변조 제어할 수 있다. 제3 광원(131)과 제4 광원(132)을 하나의 광원으로 할 수도 있고, 그 경우에는, 여기광이 대전 제어 전극(17) 또는 시료(16)에 조사되도록, 여기광의 광로를 제어 장치(30)에 의해 제어한다. 또는, 여기광이 대전 제어 전극(17)과 시료(16)의 양쪽에 동시에 조사되는 구성이어도 된다. 또한, 단파장광은 대기에서의 흡수를 피하기 위해, 제3 광원과 제4 광원을 진공 내에 배치해도 된다.

[0074] **실시예 4**

[0075] 도 1에 도시한 검사 장치(1)의 구성에서는, 대전 제어 전극(17) 및 하전 입자원(12)의 배치가 프로브광(제1 광)(26)이나 펌프광(제2 광)(27)의 방해가 되어, 광 조사계, 광 검출계를 시료(16)의 근방에 배치할 수 없다. 이 때문에, 시료 상에 광을 집광하는 것이 어려워, 측정의 공간 분해능에 한계가 있다. 실시예 4의 검사 장치(4)에서는, 높은 공간 분해능을 얻기 위해, 프로브광, 신호광을 위한 대물 렌즈 등의 광학계를 시료 바로 위에 배치한다.

[0076] 검사 장치(4)에서는, 프로브광(26) 및 펌프광(27)을 시료(16)에 조사하기 위한 광학 렌즈(141)가 시료 바로 위에, 그 광축이 시료 상에 형성된 검사 대상막에 대하여 수직인 방향을 따르도록, 배치되어 있다. 광학 렌즈(141)에 의해 프로브광(26) 및 펌프광(27)이 시료(16) 상에 집광되기 때문에, 높은 공간 분해능으로 측정이 가능해진다. 하전 입자원(12)은, 광학 렌즈(141)의 광축에 대하여 비스듬히 배치되어 있고, 하전 입자선(13)은, 광학 렌즈(141)와 시료(16) 사이를 지나, 시료(16)에 경사 조사된다. 또한, 광학 렌즈(141)와 시료(16)의 거리를 짧게 하기 위해, 광학 렌즈(141)는 대전 제어 전극의 기능을 겸하고 있다. 즉, 광학 렌즈(141)에는 투명한 도전막(17b)이 성막되어 있어, 프로브광(26), 펌프광(27), 신호광(28)을 투과시키면서, 제어 장치(30)에 의해 전압을 인가할 수 있다. 투명한 도전막(17b)의 재료로서는 ITO, ITZO 등을 사용해도 되고, 알루미늄이나 금 등의 금속 박막을 사용할 수도 있다. 또한, 광학 렌즈(141)에 성막하는 것이 아니라, 대전 제어 전극을 투명 전극으로 하여, 광학 렌즈(141)와는 별도로, 광학 렌즈(141) 아래에 배치하도록 해도 된다. 프로브광(26)과 펌프광(27)은, 광의 파장에 의해 투과·반사 특성이 다른 다이크로익 미러(142)를 사용하여 동일한 광로 상에 통합되어 있다. 신호광(28)은, 프로브광(26)의 광로를 반대로 전반하고, 빔 스플리터(143)에 의해 반사되어, 광학 필터(23)를 통과한 후 광 검출 시스템(24)에 의해 검출된다. 이와 같이, 검사 장치(4)에서는 프로브광(26)을 광학 렌즈(141)에 의해 시료(16) 상에 집속시킴으로써, 높은 공간 분해능으로 막질 측정을 실시할 수 있다. 또한, 광학 렌즈(141)를 시료(16)의 근방에 배치하기 때문에, 시료(16)로부터의 산란광이나 발광에 대한 검출률이

향상된다고 하는 장점도 겸비한다. 또한, 도 14에는 광학계를 구성하는 대표적인 광학 부품만을 예시하고 있으며, 렌즈나 미러 등의 일반적인 소자는 생략하여 도시하고 있다.

[0077] 이상, 본 발명에 대하여 실시예, 변형예를 들어 설명하였다. 상기한 실시예, 변형예는 발명의 요지를 변경하지 않는 범위에서 다양하게 변형이 가능하고, 또한, 이들을 조합하여 사용하는 것도 가능하다.

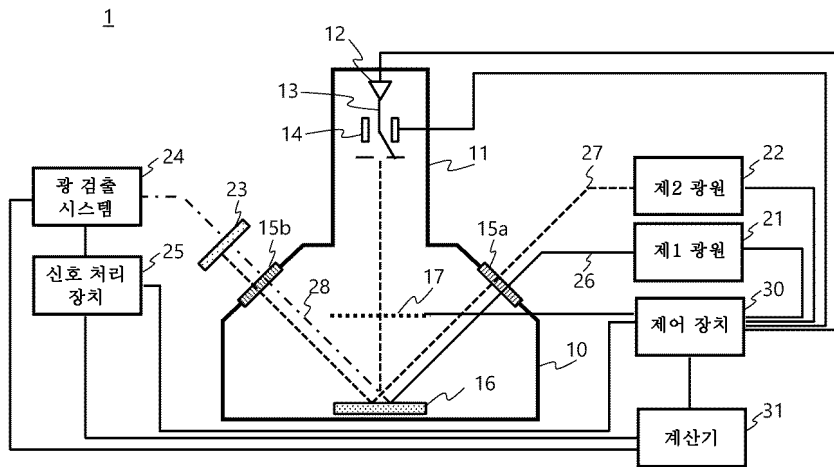
**부호의 설명**

- [0078]
- 1, 2, 3, 4: 검사 장치
  - 10: 시료실
  - 11: 경통
  - 12: 하전 입자원
  - 13: 하전 입자선
  - 14: 블랭커
  - 15: 뷰포트
  - 16: 시료
  - 17: 대전 제어 전극
  - 17b: 투명 도전막
  - 21: 제1 광원
  - 22: 제2 광원
  - 23: 광학 필터
  - 24: 광 검출 시스템
  - 25: 신호 처리 장치
  - 26: 프로브광
  - 27: 펌프광
  - 28: 신호광
  - 30: 제어 장치
  - 31: 계산기
  - 41, 51: 데이터베이스
  - 60: 웨이퍼 히트맵
  - 61: 웨이퍼
  - 62: 칩 구획
  - 70: 설정·계측 화면
  - 71: 설정 파일 선택부
  - 72: 설정 탭
  - 73: 레이저 변조 탭
  - 74: 시퀀스도
  - 75: 전자선 조건 설정부
  - 76: 대전 제어 전극 조건 설정부

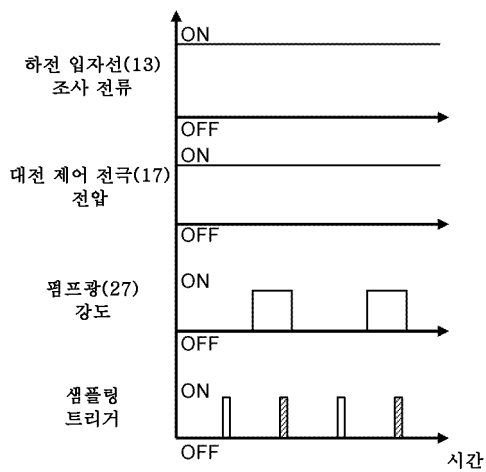
- 77: 레이저 조건 설정부
- 78: 소인 범위 설정부
- 79: 보존 버튼
- 81: 계측 탭
- 82: 검사 칩 구획 설정부
- 83: 검사 실행 버튼
- 84: 웨이퍼 히트맵 표시부
- 85: 보존 버튼
- 90: 결과 출력 화면
- 91: 결과 파일 선택부
- 92: 웨이퍼 히트맵 표시부
- 93: 히스토그램 표시부
- 94: 검사 칩 구획 측정 결과 표시부
- 100: 신호 전자
- 101: 에너지 필터
- 102: 신호 전자 검출기
- 103, 104, 105: 신호 전자 스펙트럼
- 110: 표면 전위계
- 120: 격벽
- 131: 제3 광원
- 132: 제4 광원
- 133: 제1 여기광
- 134: 제2 여기광
- 135: 제1 광전자
- 136: 제2 광전자
- 141: 광학 렌즈
- 142: 다이크로익 미러
- 143: 빔 스플리터

도면

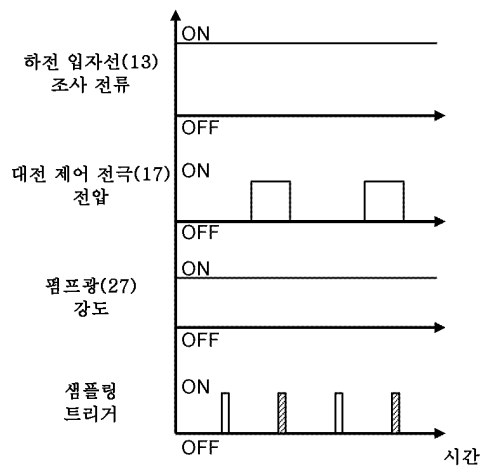
도면1



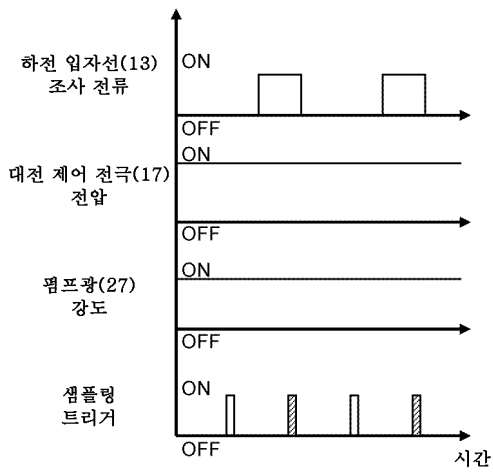
도면2a



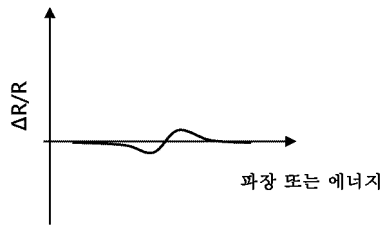
도면2b



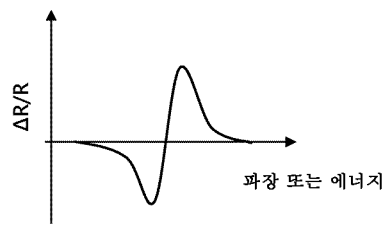
도면2c



도면3a



도면3b

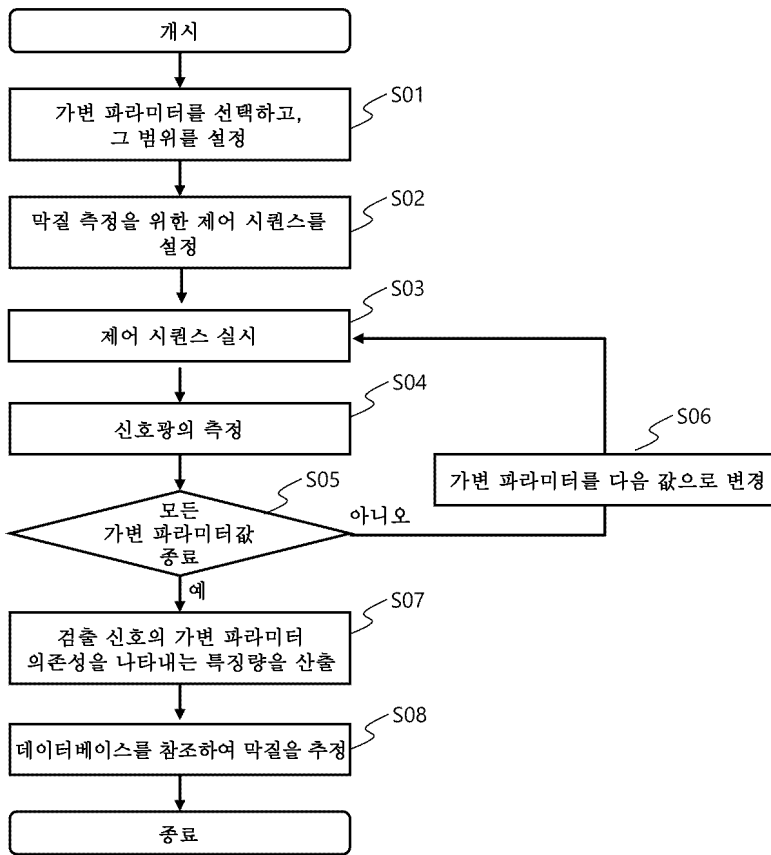


도면4

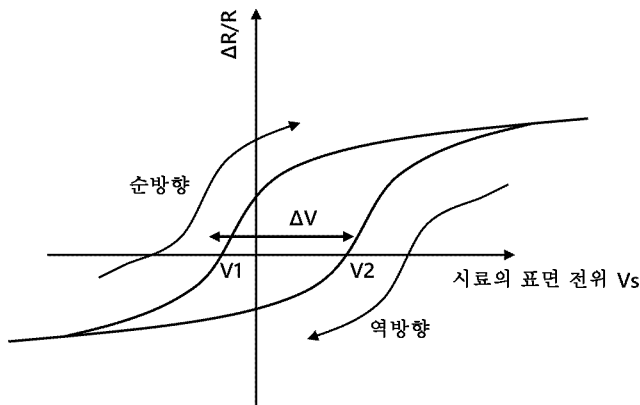
41

Input				Output
$A$	$\theta$	$E_{CP}$	$\Gamma$	Strain
.	.	3.405	.	$1 \times 10^{-3}$
.	.	3.410	.	$2 \times 10^{-3}$
.	.	.	.	.

도면5



도면6



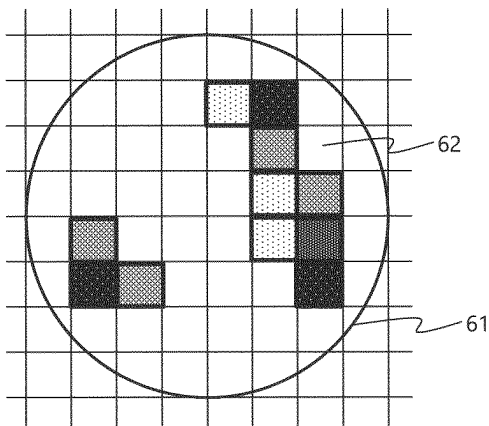
도면7

51

Input			Output
V1	V2	$\Delta V$	가동 전하량
-1	1	2	$3 \times 10^{11}$
-2	2	4	$1 \times 10^{12}$
.	.	.	.

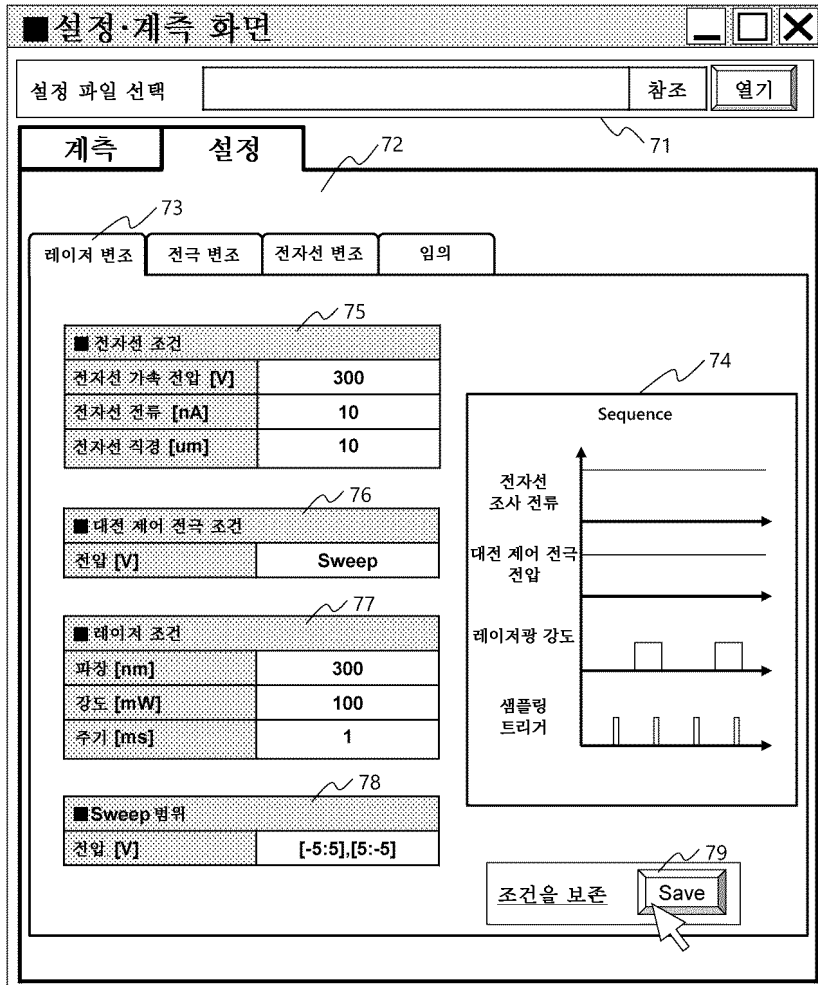
도면8

60



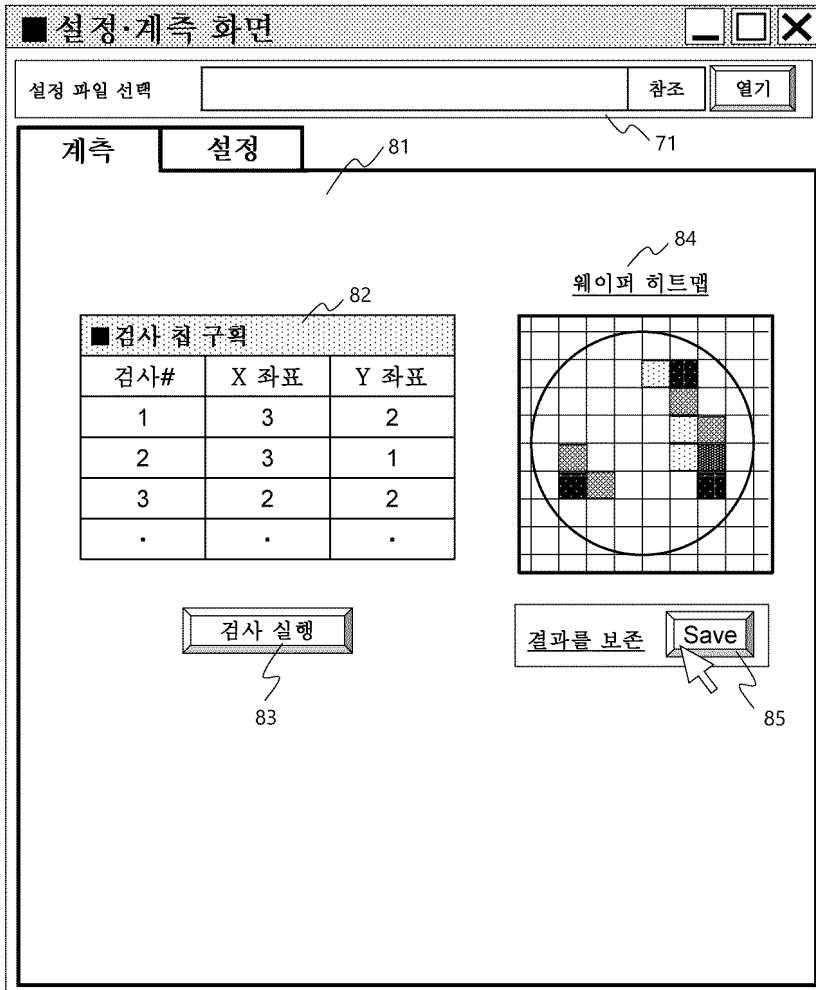
도면9a

70

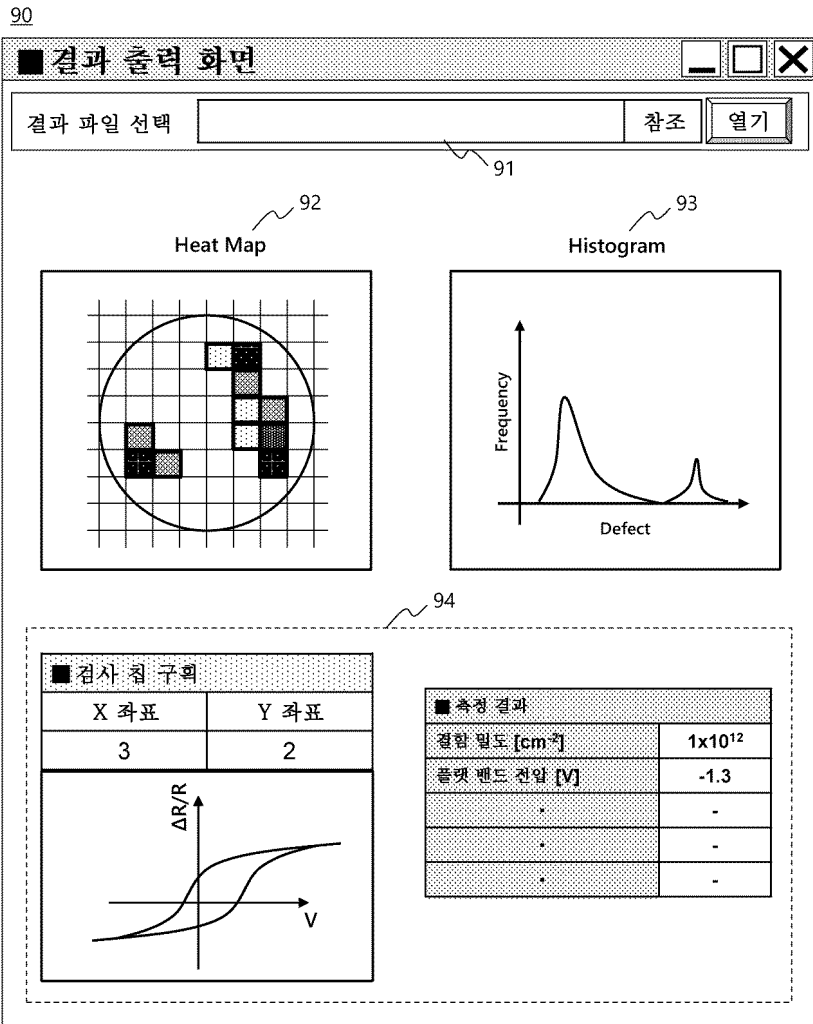


도면9b

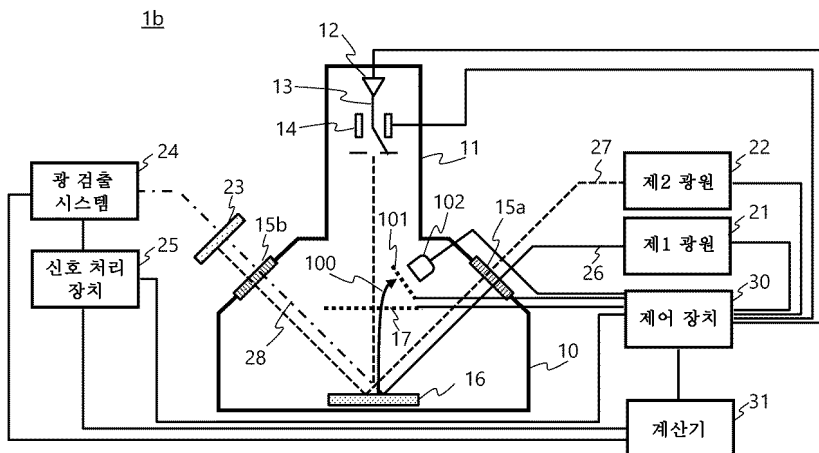
70



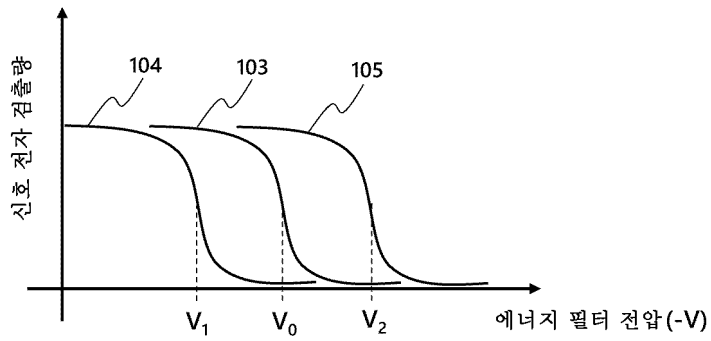
도면9c



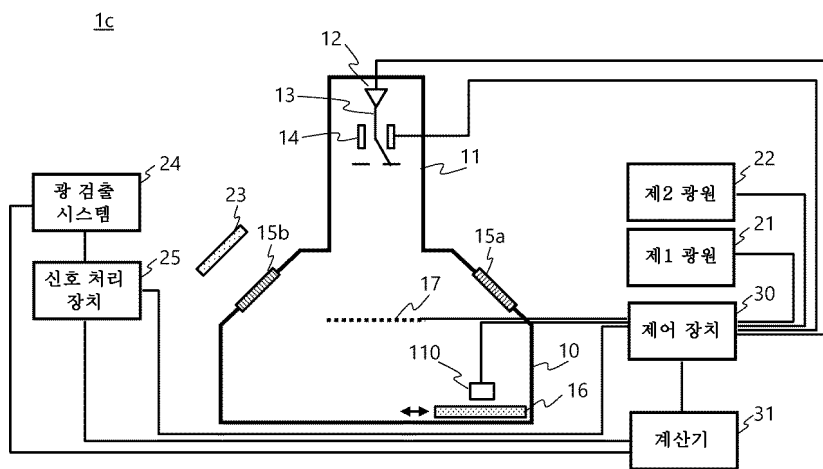
도면10a



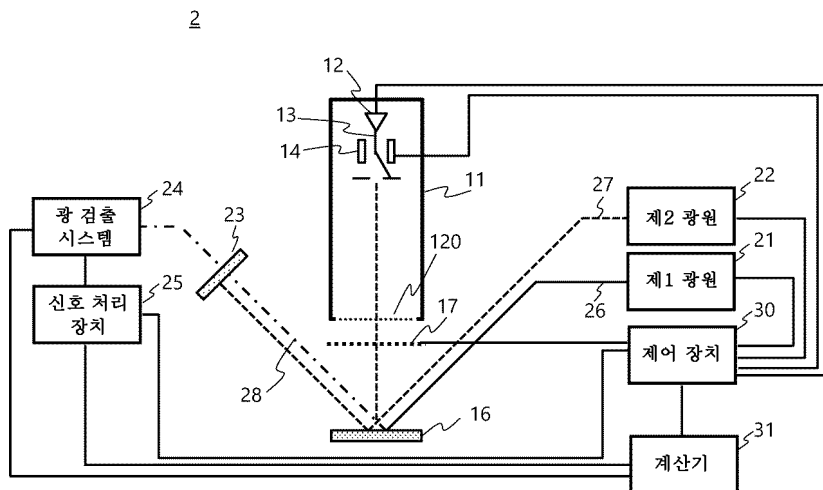
도면10b



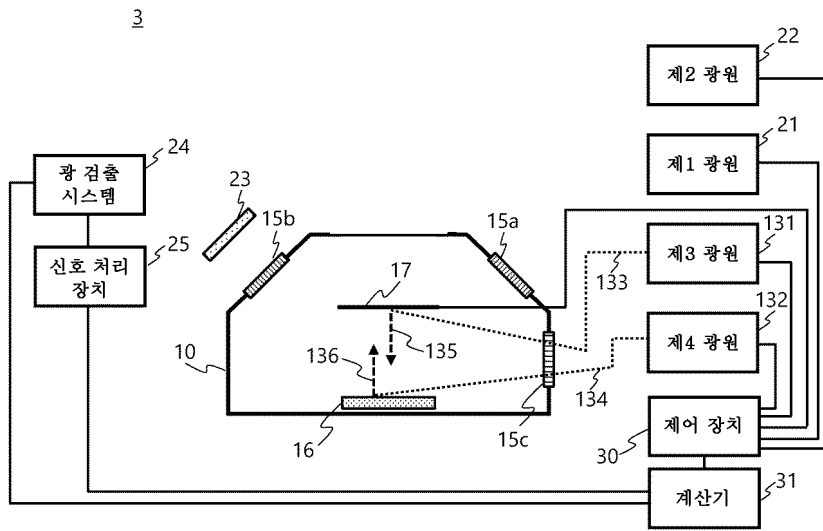
도면11



도면12



도면13



도면14

