



(19) 대한민국특허청(KR)  
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2018-0098255  
(43) 공개일자 2018년09월03일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)  
*G01B 11/06* (2006.01) *G01B 9/02* (2006.01)

(71) 출원인  
유니티 세미컨덕터  
프랑스 에프-38330 몽보노-생-마르탱 자크 뒤 프  
레 밀레 르 아리스티드 베흐제 611

(52) CPC특허분류  
*G01B 11/0675* (2013.01)  
*G01B 9/02021* (2013.01)

(72) 발명자  
피엘 장-필립

(21) 출원번호 10-2018-7017326

프랑스 78620 레땅 라 빌 루트 드 생-농 80

(22) 출원일자(국제) 2016년12월07일

수 제프 우유

심사청구일자 없음

대만 70163 타이난 시티 이스트 디스트릭트 유웬  
페스트 스트리트 22-2

(85) 번역문제출일자 2018년06월19일

도위 베노아

(86) 국제출원번호 PCT/EP2016/080005

프랑스 34000 몽펠리에 예후디 메뉴인 르 35

(87) 국제공개번호 WO 2017/108400

(74) 대리인

국제공개일자 2017년06월29일

김경희

(30) 우선권주장

1563128 2015년12월22일 프랑스(FR)

전체 청구항 수 : 총 18 항

(54) 발명의 명칭 얇은 층이 있는 상태에서의 높이를 측정하기 위한 장치 및 방법

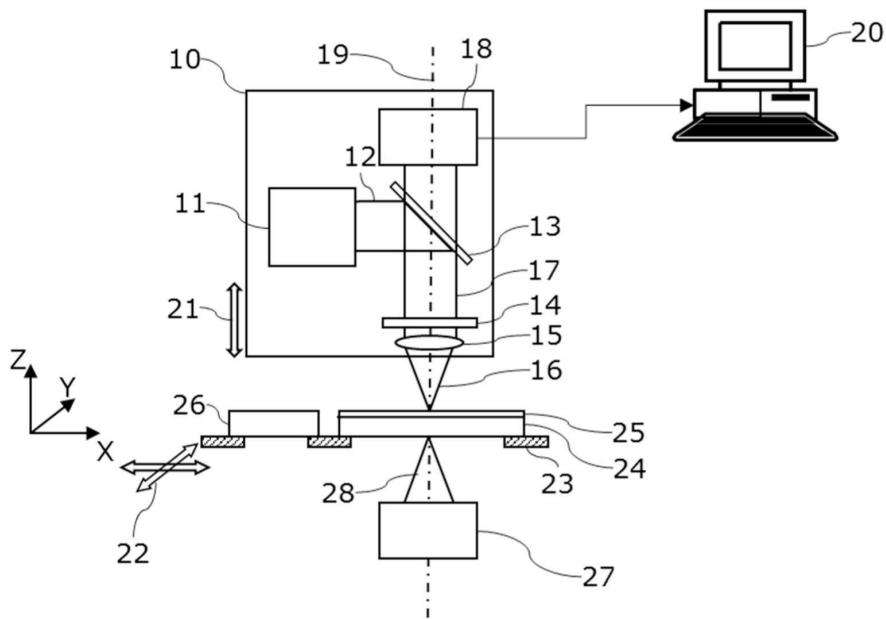
### (57) 요 약

얇은 층들의 존재 하에서 높이를 측정하기 위한 장치 및 방법

본 발명은 이러한 웨이퍼와 같은 측정 물체(24) 상의 높이들 및/또는 두께들을 측정하기 위한 장치에 관한 것으로서, (i) 하나의 분광계(18)에서, 기준 광학 빔(17)과 상기 측정 물체(24)의 경계면들 상에서 이 광의 반사들로

(뒷면에 계속)

대 표 도 - 도1



부터 발생하는 측정 광학 빔(16)을 결합하기 위해 배치되어, 스펙트럼 변조 주파수들을 가지는 흄이 있는 스펙트럼 신호(41)를 생성하게 되는, 제1 낮은-코히어런스 간섭계, (ii) 이 상대적인 광학적 길이를 나타내는 위치 정보 항목을 측정하기 위한 수단, (iii) 상기 측정 광학 빔(16)과 상기 기준 광학 빔(17) 사이의 광학적 경로의 차이를 나타내는 적어도 하나의 스펙트럼 변조 주파수를 결정하고, 또한 상기 위치 정보 항목 및 상기 적어도 하나의 스펙트럼 변조 주파수를 이용하는 것에 의해, 상기 측정 물체(24) 상의 적어도 하나의 높이 및/또는 두께를 결정하기 위해 배치되는 전자적 및 계산 수단(20), 및 (iv) 상기 측정 빔(16)에 반대되는 제2 면 상에 상기 측정 물체(24) 상에 입사되는 제2 측정 빔(28)을 가지고 거리 및/또는 두께(27)를 측정하기 위한 제2 광학적 수단을 포함한다.

본 발명은 또한 이 장치에 구현되는 방법에 관한 것이다.

(52) CPC특허분류

*G01B 9/02027* (2013.01)

*G01B 9/02044* (2013.01)

*G01B 9/02057* (2013.01)

*G01B 9/02065* (2013.01)

*G01B 9/0209* (2013.01)

*G01B 2210/44* (2013.01)

*G01B 2210/48* (2013.01)

*G01B 2290/35* (2013.01)

---

## 명세서

### 청구범위

#### 청구항 1

이러한 웨이퍼와 같은 측정 물체(24) 상의 높이를 및/또는 두께들을 측정하기 위한 장치에 있어서,

다색 광(12)에 의해 조명되고 또한 하나의 분광계(18)에서, 기준 표면(14) 상에서 이 광의 반사로부터 발생하는 기준 광학 빔(17)과 상기 측정 물체(24)의 경계면들 상에서 이 광의 반사들로부터 발생하는 측정 광학 빔(16)을 결합하기 위해 배치되어, 스펙트럼 변조 주파수들을 가지는 흡이 있는 스펙트럼 신호(41)를 생성하게 되는, 제1 낮은-코히어런스 간섭계를 포함하고,

- 상기 측정 광학 빔(16)과 상기 기준 광학 빔(17)의 상대적인 광학적 길이를 변경시키기 위한 수단(21), 및 상기 상대적인 광학적 길이를 나타내는 위치 정보 항목을 측정하기 위한 수단,
- 상기 측정 광학 빔(16)과 상기 기준 광학 빔(17) 사이의 광학적 경로의 차이를 나타내는 적어도 하나의 스펙트럼 변조 주파수를 결정하고, 또한 상기 위치 정보 항목 및 상기 적어도 하나의 스펙트럼 변조 주파수를 이용하는 것에 의해, 상기 측정 물체(24) 상의 적어도 하나의 높이 및/또는 두께를 결정하기 위해 배치되는 전자적 및 계산 수단(20), 및
- 상기 측정 빔(16)에 반대되는 제2 면 상에 상기 측정 물체(24) 상에 입사되는 제2 측정 빔(28)을 가지고 거리 및/또는 두께(27)를 측정하기 위한 제2 광학적 수단을 더 포함하는 것을 특징으로 하는, 장치.

#### 청구항 2

제 1 항에 있어서, 상기 기준 표면(14)을 가지는 측정 헤드(10), 및 상기 측정 광학 빔(16)의 광학 축(19)에 실질적으로 평행한 방향으로 상기 측정 헤드(10)와 상기 측정 물체(24)의 상대적 변위에 대한 병진 운동(21)에 적절한 수단을 포함하는, 장치.

#### 청구항 3

제 2 항에 있어서, 상기 측정 광학 빔(16)의 경로에 삽입되는 반-반사 판(14)의 형태인 기준 표면(14)을 포함하는, 장치.

#### 청구항 4

제 2 항에 있어서, 별도의 측정 광학 빔(16)과 별도의 기준 광학 빔(17)을 생성하기에 적절한 빔-분리 광학 요소(31, 32)를 가지는 측정 헤드(10)를 포함하는, 장치.

#### 청구항 5

제 4 항에 있어서, 상기 측정 광학 빔(16)과 상기 기준 광학 빔(17)을 생성하기 위한, 미라우, 리닉, 마이켈슨 종류들 중 하나의, 제1 간섭계를 가지는 측정 헤드를 포함하는, 장치.

#### 청구항 6

제 1 항 내지 제 5 항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 측정 빔(16)의 광학 축(19)에 실질적으로 수직한 평면에서 상기 측정 광학 빔(16)과 상기 측정 물체(24)의 상대적 변위에 적절한 제2 병진운동 수단(22)을 더 포함하는, 장치.

#### 청구항 7

제 1 항 내지 제 6 항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 측정 물체(24), 및 지지부(23)의 일부를 형성하거나 또는 그 위에 배치되는 알려진 높이 및/또는 알려진 두께들을 가지는 기준 물체(26)를 수신하기에 적절한 상기 지지부(23)를 더 포함하는, 장치.

#### 청구항 8

제 1 항 내지 제 7 항 중 어느 한 항에 있어서, 가시광선 스펙트럼에서 광을 방출하는, 다색 광(12)에 의해 조명되는 제1 낮은-코히어런스 간섭계를 포함하는, 장치.

### 청구항 9

제 1 항 내지 제 8 항 중 어느 한 항에 있어서,

- 주파수-도메인 낮은-코히어런스 간섭계,
- 공촛점 시스템,

종류들 중 하나의 거리 및/또는 두께(27)를 측정하기 위한 제2 광학 수단을 포함하는, 장치.

### 청구항 10

제 1 항 내지 제 8 항 중 어느 한 항에 있어서, 시간-도메인 낮은-코히어런스 간섭계(27)를 가지고 거리 및/또는 두께(27)를 측정하기 위한 제2 광학 수단을 포함하는, 장치.

### 청구항 11

제 10 항에 있어서, 상기 시간-도메인 낮은-코히어런스 간섭계(27)는 상기 적외부에서 방출하는 광 소스(62)를 포함하는, 장치.

### 청구항 12

제 10 항 또는 제 11 항에 있어서, 상기 시간-도메인 낮은-코히어런스 간섭계는 인코딩 간섭계(60) 및 디코딩 간섭계(61)를 가지는, 이중 마이켈슨 간섭계, 및 상기 제2 측정 광학 빔(28)을 생성하기 위한 시준기(66)를 가지는 측정 광학섬유(67)를 포함하는, 장치.

### 청구항 13

이러한 웨이퍼와 같은 측정 물체(24) 상의 높이를 및/또는 두께들을 측정하기 위한 방법에 있어서,

다색 광(12)에 의해 조명되고 또한 하나의 분광계(18)에서, 기준 표면(14) 상에서 이 광의 반사로부터 발생하는 기준 광학 빔(17)과 상기 측정 물체(24)의 경계면들 상에서 이 광의 반사들로부터 발생하는 측정 광학 빔(16)을 결합하기 위해 배치되어, 스펙트럼 변조 주파수들을 가지는 흠파 있는 스펙트럼 신호(41)를 생성하게 되는, 제1 낮은-코히어런스 간섭계를 이용하고,

- 상기 측정 광학 빔(16)과 상기 기준 광학 빔(17)의 상대적인 광학적 길이를 나타내는 위치 정보 항목을 측정하는 단계,
- 상기 측정 광학 빔(16)과 상기 기준 광학 빔(17) 사이의 광학적 경로의 차이를 나타내는 적어도 하나의 스펙트럼 변조 주파수를 결정하는 단계,
- 상기 위치 정보 항목 및 상기 적어도 하나의 스펙트럼 변조 주파수를 이용하는 것에 의해, 상기 측정 물체(24) 상의 적어도 하나의 높이 및/또는 두께를 결정하는 단계,
- 상기 측정 빔(16)에 반대되는 제2 면 상에 상기 측정 물체(24) 상에 입사되는 제2 측정 빔(28)을 가지고 거리 및/또는 두께를 측정하기 위한 제2 광학적 수단을 이용해 높이 및/또는 두께들에 대한 제2 정보 항목을 측정하여, 상기 측정되어야 할 물체의 두께 정보 항목을 결정하는 단계를 더 포함하는 것을 특징으로 하는, 방법.

### 청구항 14

제 13 항에 있어서, 상기 측정 광학 빔(16)과 상기 기준 광학 빔(17)의 상대적인 광학적 길이의 변화와 함께 그 값이 변하는 스펙트럼 변조 주파수들을 확인하는 단계를 포함하는, 방법.

### 청구항 15

제 13 항 또는 제 14 항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 측정 광학 빔(16)과 상기 기준 광학 빔(17)의 상대적인 광학적 길이를 변경하여, 미리 결정된 값들의 범위 내에서 적어도 하나의 스펙트럼 변조 주파수를 획득하는 단계를 더 포함하는, 방법.

## 청구항 16

제 13 항 내지 제 15 항 중 어느 한 항에 있어서,

- 상기 흄이 있는 스펙트럼 신호(41)의 퓨리에 변환의 진폭을 나타내는 스펙트럼 변조 신호(42)를 계산하는 단계;
- 상기 스펙트럼 변조 신호(42)에서 스펙트럼 변조 주파수들을 나타내는 진폭 피크들(43, 44, 45)을 확인하는 단계를 더 포함하는, 방법.

## 청구항 17

제 13 항 내지 제 16 항 중 어느 한 항에 있어서, 알려진 높이 및/또는 두께의 기준 물체(26) 상에서 높이 및/또는 두께의 측정을 포함하는 조정 단계를 더 포함하고, 이로써 상기 기준 표면(16)의 적어도 하나의 위치 정보 항목, 적어도 하나의 스펙트럼 변조 주파수, 및 적어도 하나의 높이 및/또는 두께 사이의 관계를 설립하게 되는, 방법.

## 청구항 18

제 13 항 내지 제 17 항 중 어느 한 항에 있어서, 높이 및/또는 두께들에 대한 제2 정보 항목의 측정은,

- 측정 광학섬유(67) 및 시준기(66)를 이용해 제2 기준 광학 빔 및 상기 제2 측정 광학 빔(28)을 생성하는 단계;
- 시간 지연선이 마련된, 인코딩 간섭계(60) 및 디코딩 간섭계(61)를 가지는 이중 마이크로 간섭계를 이용해, 상기 측정 물체(24) 상에서 반사되는 상기 제2 측정 광학 빔(28)과 상기 기준 빔 사이의 광학적 경로의 차이를 결정하는 단계를 포함하는, 방법.

## 발명의 설명

### 기술 분야

[0001]

본 발명은 얇은 층들의 존재 하에서 와이퍼들와 같은 샘플들의 두께 또는 높이를 측정하기 위한 장치 및 방법에 관한 것이다.

[0002]

본 발명의 기술 분야는 보다 상세하게는, 이에 한정되지는 않지만, 반도체 산업에 있어서 광학 측정 시스템들의 기술 분야이다.

### 배경 기술

[0003]

반도체 부품들의 제조 프로세스들 동안 웨이퍼들 상의 높이, 형태 또는 두께의 측정들을 수행할 필요가 종종 있다. 이러한 측정들은 예를 들어 표면 형태들 또는 편평도, 전체 두께들, 또는 층들의 두께들과 관련될 수 있다.

[0004]

이를 위해, 광학적 기술들의 사용은, 특히 와이드-스펙트럼 광학 소스를 구현하는 낮은 코히어런스 간섭계(low-coherence interferometry) 기술들을 포함하여, 알려져 있다. 이러한 기술들은 필수적으로 2 가지 종류들이 있다:

[0005]

- 시간 도메인에서 검출을 이용하는 기술들;

[0006]

- 주파수 도메인에서 검출을 이용하는 기술들.

[0007]

시간 도메인에서 검출을 이용하는 기술들은, 측정될 물체의 경계면들에 의해 반사되는 측정 파형들의 전파 시간을 재생하고 이들과 기준 파형과의 간섭을 야기시키는 것을 가능하게 해주는 시간 지연선(time delay line)을 이용한다. 물체의 경계면들의 위치를 나타내는 간섭 피크들은 이로써 검출기 상에서 획득된다. 이러한 시간적 기술들은 지연선의 길이에 의해서만 한정되는, 의미있는 측정 범위들에 도달하는 것이 가능하게 해준다. 적외부에서 방출되는 와이드-스펙트럼 소스를 이용하는 것에 의해, 실리콘과 같은 반도체 물질들의 두께들을 측정하는 것을 가능하게 해준다. 측정될 수 있는 최소 두께들은 인터페로그램들(interferograms)의 엔벨롭(envelope)의 폭에 의해 한정되는데, 이것은 소스의 스펙트럼의 형태와 폭에 종속된다.

[0008]

그러므로, 적외부(예를 들어 1310 nm 또는 1550 nm)에서 방출되는 초발광 다이오드를 이용하면, 수십 마이크론

에서 수 밀리미터 차수의 투명 층들 또는 실리콘의 두께들을 측정하는 것이 가능하다.

주파수-도메인 낮은 코히어런스 간섭계에 기초하는 기술들은 일반적으로 수십 나노미터들에서 수백 마이크론 차수의, 얇은 층들의 측정들을 더 위한 것이다. 측정될 물체의 경계면들에 의해 반사되는 광은 분광계에서 분석된다. 반사들의 원천에서 물체의 경계면들 사이의 두께들 또는 거리들은 검출된 스펙트럼에 변조들을 도입하는데, 이것은 이들을 측정가능하게 해준다.

예를 들어, 문헌 EP 0 747 666은 알려져 있는데, 이것은, 측정되어야 할 스펙트럼의 파상들의 위상의 수학적 모델링에 기초하여, 경계면들 사이의 거리들이 같은 층들의 존재에서 측정되는 것을 허용하는, 주파수-도메인 낮은-코히어런스 간섭계에 기초하는 시스템을 기술하고 있다.

실제에 있어서, 그 두께를 측정하고자 하는 웨이퍼들은 투명한 물질의 얇은 층들로 덮여질 수 있다. 예를 들어, 10  $\mu\text{m}$  차수의 두께를 가지는 폴리아미드 층으로 덮인, 300  $\mu\text{m}$  내지 700  $\mu\text{m}$ 의 두께를 가지는 실리콘 웨이퍼들의 두께를 측정하고자 하는 구성들을 만날 수 있다. 이 구성은 상기에서 언급된 기술들이 전체 두께의 만족스러운 측정을 허용하지 않기 때문에 문제가 있다:

- (적외부 소스 및) 시간 도메인에서 검출을 이용하는 낮은-코히어런스 간섭계의 기술들은 실리콘의 두께가 측정되는 것을 허용하지만, 폴리이미드의 얇은 층의 경계면들이 구별되는 것을 허용하지 않고, 이것은 인터페로그램들의 폭에 비하여 너무 가깝다. 얇은 층의 두께를 알고 싶지 않더라도, 이것은 그 두께의 차수의 측정 불확실성을 초래한다;

- 주파수 도메인에서 검출을 이용하는 낮은-코히어런스 간섭계의 기술들은 얇은 층의 두께가 측정되는 것을 허용하지만, 이들의 측정 범위는 실리콘의 두께를 측정하는 것으로 너무 한정된다.

## 발명의 내용

## 해결하려는 과제

본 발명의 목적은 얇은 층의 존재 하에서 웨이퍼와 같은 물체들의 높이들을 측정하기 위한 장치 및 방법을 제안하는 데 있다.

본 발명의 다른 목적은 얇은 층들의 존재 하에서 웨이퍼와 같은 물체들의 두께들을 측정하기 위한 장치 및 방법을 제안하는 데 있다.

본 발명의 다른 목적은 측정 정확도의 저하 없이 얇은 층들의 존재 하에서 웨이퍼와 같은 물체들의 높이 또는 두께를 측정하기 위한 장치 및 방법을 제안하는 데 있다.

본 발명의 다른 목적은, 넓은 측정 범위 및 해상도 모두가 얇은 층들이 측정되는 것을 허용하는, 웨이퍼와 같은 물체들의 높이 또는 두께를 측정하기 위한 장치 및 방법을 제안하는 데 있다.

## 과제의 해결 수단

이 목적은 이러한 웨이퍼와 같은 측정 물체 상의 높이들 및/또는 두께들을 측정하기 위한 장치로 달성되는데, 이 장치는

다색 광에 의해 조명되고 또한 하나의 분광계에서, 기준 표면 상에서 이 광의 반사로부터 발생하는 기준 광학 빔과 상기 측정 물체의 경계면들 상에서 이 광의 반사들로부터 발생하는 측정 광학 빔을 결합하기 위해 배치되어, 스펙트럼 변조 주파수들을 가지는 흄이 있는 스펙트럼 신호를 생성하게 되는, 제1 낫은-코히어런스 간섭계를 포함하고.

- 상기 측정 광학 빔과 상기 기준 광학 빔의 상대적인 광학적 길이를 변경시키기 위한 변위 수단, 및 상기 상대적인 광학적 길이를 나타내는 위치 정보 항목을 측정하기 위한 수단.

- 상기 측정 광학 빔과 상기 기준 광학 빔 사이의 광학적 경로의 차이를 나타내는 적어도 하나의 스펙트럼 변조 주파수를 결정하고, 또한 상기 위치 정보 항목 및 상기 적어도 하나의 스펙트럼 변조 주파수를 이용하는 것에 의해, 상기 측정 물체 상의 적어도 하나의 높이 및/또는 두께를 결정하기 위해 배치되는 전자적 및 계산 수단, 및

- 상기 측정 범위에 반대되는 제2 면 상에 상기 측정 물체 상에 입사되는 제2 측정 범위를 가지고 거리 및/또는 두

께를 측정하기 위한 제2 광학적 수단을 더 포함하는 것을 특징으로 한다.

- [0023] 상기 측정 광학 빔과 상기 기준 광학 빔의 상대적인 광학적 길이(또는 다시 말하면, 상기 측정 광학 빔과 상기 기준 광학 빔의 광학적 길이에 있어서의 차이)를 변경시키기 위한 변위 수단은, 예를 들어
- 상기 기준 광학 빔의 길이를 변경하기 위해, 상기 간섭계의 빔 분리 요소에 대한 기준 표면;
- [0025] - 상기 측정 광학 빔의 길이를 변경하기 위해, 측정되는 상기 물체에 대한 전체 간섭계, 또는 상기 간섭계에 대한 물체를 움직이기 위한 기계적인 병진운동 장치를 포함할 수 있다.
- [0026] 위치 정보 항목을 측정하기 위한 수단은, 이동 요소의 위치를 측정하기 위한, 광학적 측정자 또는 레이저 거리 측정기와 같은, 어떠한 수단이라도 포함할 수 있다.
- [0027] 다색 광은 가시광선 파장들 및/또는 적외선 파장들로 연장되는 스펙트럼을 포함할 수 있다.
- [0028] 스펙트럼 신호는 상기 측정 광학 빔과 상기 기준 광학 빔의 상대적인 광학적 길이에 있어서의 차이가 스펙트럼 신호에서 (따라서 스펙트럼 신호의 스펙트럼 폭에 걸쳐서) 적어도 하나의 스펙트럼 변조 주기의 확인을 허용할 정도로 충분히 클 때 "홈이 있는(grooved)" ("홈이 있는 스펙트럼")으로 언급된다. 이 경우에 있어서, 스펙트럼 신호는 파장 또는 주파수의 함수로서의 진동들, 즉 파장 또는 주파수를 가지고 주기적으로 변경되는 진폭을 보여준다. 물론, 스펙트럼 신호는 또한 매우 얇은 층들에 대응하여, 스펙트럼 신호의 스펙트럼 폭보다 더 큰 주기의 변조들을 포함할 수 있다.
- [0029] 실시예들에 따르면, 본 발명에 따른 장치는 상기 기준 표면을 가지는 측정 헤드, 및 상기 측정 광학 빔의 광학 축에 실질적으로 평행한 방향으로 상기 측정 헤드와 상기 측정 물체의 상대적 변위에 적절한 병진 운동을 위한 수단을 포함할 수 있다.
- [0030] 이 경우에 있어서, 이 변위 수단은 상기 기준 빔에 대한 상기 측정 빔의 광학적 길이를 변경시키는 것을 가능하게 해준다.
- [0031] 실시예들에 따르면, 본 발명에 따른 장치는 상기 측정 광학 빔의 경로에 삽입되는 반-반사판(semi-reflective plate)의 형태인 기준 표면을 포함할 수 있다.
- [0032] 다른 실시예들에 따르면, 본 발명에 따른 장치는 별도의 측정 및 기준 광학 빔들을 생성하기에 적절한 빔-분리 광학 요소를 가지는 측정 헤드를 포함할 수 있다.
- [0033] 본 발명에 따른 장치는 특히 상기 측정 광학 빔과 상기 기준 광학 빔을 생성하기 위한, 미라우(Mirau), 리닉(Linnick), 마이켈슨(Michelson) 종류들 중 하나의, 제1 간섭계를 가지는 측정 헤드를 포함할 수 있다.
- [0034] 미라우 간섭계는 입사 빔의 축에 수직하는 반-반사판 및 이 입사 빔의 중심에 삽입되는 미러의 형태인 기준 표면을 가지는 빔-분리 광학 요소를 포함한다.
- [0035] 마이켈슨 간섭계 또는 리닉 간섭계는 실질적으로 수직인 측정 빔 및 기준 빔을 생성하기 위해 배치되는 반-반사판 또는 분리기 큐브, 및 이 기준 빔 내에 삽입되는 미러의 형태인 기준 표면을 가지는 빔-분리 광학 요소를 포함할 수 있다.
- [0036] 리닉 간섭계는 상기 기준 빔과 상기 측정 빔에 대응하는 간섭계의 암들 내에 삽입되는 렌즈들 또는 대물렌즈들을 더 포함한다.
- [0037] 본 발명에 따른 장치는 상기 측정 빔의 광학 축에 실질적으로 수직한 평면에서 상기 측정 광학 빔과 상기 측정 물체의 상대적 변위에 적절한 제2 병진운동 수단을 더 포함할 수 있다.
- [0038] 이러한 제2 병진운동 수단은 상기 물체에 대하여 상기 측정 광학 빔을 (또는 그 반대로) 변위시키는 것을 가능하게 해주어, 상기 물체의 다른 점들에서 높이 및/또는 두께들을 측정하기에 적절하게 된다.
- [0039] 본 발명에 따른 장치는 상기 측정 물체, 및 지지부의 일부를 형성하거나 또는 그 위에 배치되는 알려진 높이 및/또는 알려진 두께들을 가지는 기준 물체를 수신하기에 적절한 지지부를 더 포함할 수 있다.
- [0040] 이 지지부는 웨이퍼의 형태인 측정 물체를 수신하기 위한, 예를 들어, 웨이퍼 척일 수 있다.
- [0041] 상기 기준 물체는 예를 들어 이 지지부와 통합된 또는 그 위에 배치되는 알려진 특성들을 가지는 웨이퍼의 일부분일 수 있다. 이것은 또한 조정된 높이의 척 또는 지지부의 일부분에 의해 구성될 수 있다.

- [0042] 상기 기준 물체는 또한 측정될 물체를 수신하고자 하는 지지부의 내력 면, 또는 내력 면과 동일 평면에 있는 표면에 의해 구성될 수 있다.
- [0043] 상기 기준 물체는, 이 표면 상에서 알려진 높이들 및/또는 두께들의 측정을 수행하는 것에 의해, 측정 시스템이 조정되는 것을 허용한다.
- [0044] 실시예들에 따르면, 본 발명에 따른 장치는 가시광선 스펙트럼에서 광을 방출하는, 다색 광에 의해 조명되는 제1 낮은-코히어런스 간섭계(first low-coherence interferometer)를 포함할 수 있다.
- [0045] 상당히 짧은 파장들을 가지는 이러한 와이드-스펙트럼 소스는 얇은 층들, 예를 들어 수십 나노미터에서 수 마이크론까지의 투명한 유전체 물질들의 측정들을 수행하는 것을 가능하게 해준다.
- [0046] 상기에서 설명된 바와 같이, 본 발명에 따른 장치는 상기 측정 빔에 반대되는 제2 면 상에서 측정되는 물체 상에 입사되는 제2 측정 빔을 가지고 거리 및/또는 두께를 측정하기 위한 제2 광학 수단을 더 포함할 수 있다.
- [0047] 이 구성은 예를 들어 상기 측정 물체 상의 전체 두께의 측정들을 수행하기 위해, 캘리퍼(calliper) 측정들을 수행하는 것을 가능하게 해준다. 전체 두께의 이 측정들은 특히 상기 측정 물체의 일 측면 상에서 수행되는 거리들의 측정들로부터 추정될 수 있다.
- [0048] 거리 및/또는 두께를 측정하기 위한 제2 광학 수단은 또한 상기 기준 물체 상에서 측정들을 수행하는 것에 의해 조정될 수 있다.
- [0049] 다른 실시예들에 따르면, 본 발명에 따른 장치는 상기 측정 빔에 반대되는 측정되어야 할 물체의 제2 면에 접촉하는 기계적 프로브를 가지고 거리를 측정하기 위한 제2 기계적 수단을 더 포함할 수 있다.
- [0050] 실시예들에 따르면, 본 발명에 따른 장치는
- 주파수-도메인 낮은-코히어런스 간섭계,
  - 공촛점 시스템,
- [0053] 과 같은 유형 중 하나의 거리 및/또는 두께를 측정하기 위한 제2 광학 수단을 포함할 수 있다.
- [0054] 주파수-도메인 낮은-코히어런스 간섭계의 경우에 있어서, 이것은 제1 간섭계와 동일하거나 또는 다를 수 있다. 이것은 또한 가시광선 및/또는 적외선 파장들을 가지는 광을 구현할 수 있다.
- [0055] 공촛점 시스템(chromatic confocal system)은 서로 다른 거리들에서 서로 다른 파장들의 초점을 맞추기 위한 분산형 광학 요소, 및 반사되는 파장을 및 이로써 이 반사들을 발생시키는 경계면들의 위치를 확인하기 위한 주파수 검출을 이용하는 측정 시스템이다.
- [0056] 실시예들에 따르면, 본 발명에 따른 장치는 시간-도메인 낮은-코히어런스 간섭계를 가지고 거리 및/또는 두께를 측정하기 위한 제2 광학 수단을 포함할 수 있다.
- [0057] 이 시간-도메인 낮은-코히어런스 간섭계는 변경되는 광학 빔들 사이의 (시간) 지연을 허용하는 지연선(delay line)을 포함할 수 있다.
- [0058] 실시예들에 따르면, 상기 시간-도메인 낮은-코히어런스 간섭계는 상기 적외부에서 방출하는 광 소스를 포함할 수 있다.
- [0059] 실시예들에 따르면, 상기 시간-도메인 낮은-코히어런스 간섭계는 인코딩 간섭계 및 디코딩 간섭계를 가지는, 이 중 마이用微信 간섭계, 및 상기 제2 측정 광학 빔을 생성하기 위한 시준기(collimator)를 가지는 측정 광학섬유(measurement optical fiber)를 포함할 수 있다.
- [0060] 디코딩 간섭계는 기준 빔과 상기 측정 물체의 경계면들 상의 반사들로부터 발생하는 측정 빔 사이의 광학적 지연을 재생하기 위해 배치되는 지연선을 포함할 수 있다. 이 지연선은 예를 들어 상기 광학 빔의 축을 따라 병진 운동할 수 있는 미러, 또는 광학적 경로를 변경시키기 위한 당업자에게 알려진 다른 수단(평행한 면들을 가지는 판을 신장, 회전시키는 광학 섬유들 등)을 포함할 수 있다.
- [0061] 상기 기준 빔은, 예를 들어 상기 측정 광학섬유의 끝단과 공기 사이의 인터페이스에서 프레즈넬 반사에 의해 시준기 내에 생성될 수 있다.
- [0062] 이러한 간섭계의 장점은, 간섭계의 핵심은 상기 측정 물체로부터 떨어질 수 있고 단지 시준기만 이 물체의 근방

에 배치되어야 하기 때문에, 쉽게 통합될 수 있다는 데 있다.

[0063] 이것은 선택되는 지연선에 따라서, (수 밀리미터 또는 수 센티미터의) 넓은 측정 범위들을 허용하는 장점을 가진다.

[0064] 이것은 또한 상기 시준기 내의 기준 빔의 생성 점으로부터 상기 물체의 경계면들까지의 "실제" 거리들의 측정들을 허용하는 장점을 가지는데, 이것은 (예를 들어 100 nm 차수로) 정확하고 또한 특히 측정 광학섬유 내에서, 섭동(perturbations)에 민감하다. 게다가, 거리들은 하나의 동일한 기준으로부터 측정되기 때문에, 상기 측정 물체의 층들의 스택 구조를 분명하게 재구성하는 것이 가능하다.

[0065] 적외 광 소스의 이용은 거리들 및 두께들의 측정들이 (가시광선에는 불투명하지만 적외부에는 충분히 투명한 실리콘과 같은 물질들을 관통하는 것을 포함하여) 가능하게 해준다.

[0066] 다른 측면에 따르면, 이러한 웨이퍼와 같은 측정 물체 상의 높이들 및/또는 두께들을 측정하기 위한 방법이 제안되는데, 다색 광에 의해 조명되고 또한 하나의 분광계에서, 기준 표면 상에서 이 광의 반사로부터 발생하는 기준 광학 빔과 상기 측정 물체의 경계면들 상에서 이 광의 반사들로부터 발생하는 측정 광학 빔을 결합하기 위해 배치되어, 스펙트럼 변조 주파수들을 가지는 흄이 있는 스펙트럼 신호를 생성하게 되는, 제1 낮은-코히어런스 간섭계를 구현하고, 이 방법은

- 상기 측정 광학 빔과 상기 기준 광학 빔의 상대적인 광학적 길이를 나타내는 위치 정보 항목을 측정하는 단계,

- 상기 측정 광학 빔과 상기 기준 광학 빔 사이의 광학적 경로의 차이를 나타내는 적어도 하나의 스펙트럼 변조 주파수를 결정하는 단계,

- 상기 위치 정보 항목 및 상기 적어도 하나의 스펙트럼 변조 주파수를 이용하는 것에 의해, 상기 측정 물체 상의 적어도 하나의 높이 및/또는 두께를 결정하는 단계,

[0067] - 상기 측정 빔에 반대되는 제2 면 상에 상기 측정 물체 상에 입사되는 제2 측정 빔을 가지고 거리 및/또는 두께를 측정하기 위한 제2 광학적 수단을 이용해 높이 및/또는 두께들에 대한 제2 정보 항목을 측정하여, 상기 측정되어야 할 물체의 두께 정보 항목을 결정하는 단계를 포함한다.

[0068] 본 발명에 따른 방법은 상기 측정 광학 빔과 상기 기준 광학 빔의 상대적인 광학적 길이의 변화와 함께 그 값이 변하는 스펙트럼 변조 주파수들을 확인하는 단계를 더 포함할 수 있다.

[0069] 본 발명에 따른 방법은 상기 측정 광학 빔과 상기 기준 광학 빔의 상대적인 광학적 길이를 변경하여, 미리 결정된 값들의 범위 내에서 적어도 하나의 스펙트럼 변조 주파수를 획득하는 단계를 더 포함할 수 있다.

[0070] 구현의 몇몇의 방법들에 따르면, 본 발명에 따른 방법은,

[0071] - 상기 흄이 있는 스펙트럼 신호의 퓨리에 변환의 진폭을 나타내는 스펙트럼 변조 신호를 계산하는 단계,

[0072] - 상기 스펙트럼 변조 신호에서 스펙트럼 변조 주파수들을 나타내는 진폭 피크들을 확인하는 단계를 더 포함할 수 있다.

[0073] 구현 모드들에 따르면, 본 발명에 따른 방법은 알려진 높이 및/또는 두께의 기준 물체 상에서 높이 및/또는 두께의 측정을 포함하는 조정 단계를 더 포함할 수 있고, 이로써 상기 기준 표면의 적어도 하나의 위치 정보 항목, 적어도 하나의 스펙트럼 변조 주파수, 및 적어도 하나의 높이 및/또는 두께 사이의 관계를 설립하게 된다.

[0074] 구현 모드들에 따르면, 높이 및/또는 두께들에 대한 제2 정보 항목의 측정은,

[0075] - 측정 광학섬유 및 시준기를 이용해 제2 기준 광학 빔 및 상기 제2 측정 광학 빔을 생성하는 단계,

[0076] - 시간 지연선이 마련된, 인코딩 간섭계 및 디코딩 간섭계를 가지는 이중 마이켈슨 간섭계를 이용해, 상기 측정 물체 상에서 반사되는 상기 제2 측정 광학 빔과 상기 기준 빔 사이의 광학적 경로의 차이를 결정하는 단계를 포함할 수 있다.

### 발명의 효과

[0077] 특히 유리한 측면에 따르면, 본 발명에 따른 측정 방법은 상대적으로 큰 측정 범위들에 걸쳐서 절대적인 거리들

의 측정들을 수행하는 것을 가능하게 해주는 구성에서 주파수 모드 검출을 가지는 낮은-코히어런스 간섭계를 구현한다. 이로써 이러한 종류의 주파수 검출의 장점을 이용하는 것이 가능하고, 이것은 매우 근접한 경계면들을 구별하고, 또한 높은 해상도 (또는 근접한 경계면들을 구별하는 능력) 뿐만 아니라 큰 측정 범위를 결합하는 거리들 및/또는 두께들을 측정하는 방법 및 장치를 획득하는 것을 가능하게 해준다.

[0081] 이를 위해:

[0082] 측정 광학 빔과 기준 광학 빔의 상대적인 광학적 길이에 있어서의 차이는 알려진 방식으로 간섭계의 요소(또는 측정 물체)를 변위시키는 것에 의해 조정되어, 흄이 있는 스펙트럼 신호의 대응하는 스펙트럼 변조 주파수는 좋은 조건들 하에서 측정될 수 있는 값들의 범위 내에 있게 되고;

[0083] - 측정되는 주파수들의 스펙트럼 변조 주파수 뿐만 아니라 간섭계의 요소의 변위에 대한 이 정보 항목은 측정 물체의 절대적 높이를 계산하는 데 사용되고;

[0084] - 측정은 절대적 높이와 간섭계의 요소의 변위에 대한 정보 항목 사이의 관계를 설립하기 위해 알려진 높이의 기준 물체 상에서 조정된다.

[0085] 물체의 두께를 측정하기 위해, 유사한 또는 다른 장치, 광학적 또는 기계적인 (접촉 프로브)를 가지고, 다른 측정이 물체의 반대 면 상에서 수행된다.

[0086] 상기에서 설명된 것과 같이, 유리하게도 큰 측정 범위를 가지는 적외부에서 작동하는 시간-도메인 낮은-코히어런스 간섭계가 사용될 수 있는데, 이것은 적외부에서 투명한 물체의 층들의 구조의 완전한 측정을 획득하는 것을 가능하게 해준다. 이러한 방식으로 매우 보완적인 2 개의 측정 기술들은 결합되어, 물체의 매우 완전한 특성을 획득하는 것을 가능하게 해준다.

### 도면의 간단한 설명

[0087] 본 발명의 다른 장점들 및 특성들은 첨부된 도면들과 함께, 한정하지 않는 실시예의 상세한 설명의 검토로 명백해질 것이다.

도 1은 본 발명에 따른 장치의 일 실시예를 보여준다.

도 2는 마이켈슨 간섭계의 형태인 간섭계의 일 실시예를 보여준다.

도 3은 미라우 간섭계의 형태인 간섭계의 일 실시예를 보여준다.

도 4는 (a) 흄이 있는 스펙트럼 신호, 및 (b) 흄이 있는 스펙트럼의 퓨리에 변환을 보여준다.

도 5는 본 발명에 따른 방법의 단계들을 보여준다.

도 6은 제2 광학 측정 수단의 일 실시예를 보여준다.

### 발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0088] 이하에서 설명될 실시예들은 한정하고자 하는 것을 아님이 이해되어야 한다. 특히, 전혀 한정하지 않는 특성의 선택만을 포함하는, 본 발명의 변형들을 상상하는 것이 가능하다. 설명되는 다른 특성들로부터 분리되어, 이 특성의 선택이 종래 기술의 상태에 대하여 본 발명을 구별하거나 또는 기술적인 장점을 부여하기에 충분하다면, 이하에서 설명되는 것을 포함하는 본 발명의 변형들을 예상하는 것이 가능하다. 이 선택은 적어도 하나의, 바람직한 기능적인, 구조적인 상세사항들 없이, 또는 이 부분 단독으로 종래 기술의 상태에 대하여 본 발명을 구별하거나 또는 기술적인 장점을 부여하기에 충분하다면 단지 구조적인 상세사항들의 일 부분만을 가지는, 특성을 포함한다.

[0089] 특히, 설명된 모든 실시예들 및 모든 변형들은 이러한 결합이 기술적으로 배제되지 않는다면 함께 결합될 수 있다.

[0090] 도면들에 있어서, 수 개의 도면들에 공통된 요소들은 동일한 참조 부호를 유지한다.

[0091] 측정 물체들(24)의 높이 또는 두께를 측정하기 위한 본 발명에 따른 장치의 제1 실시예는 도 1을 참조하여 설명될 것이다.

[0092] 제시된 실시예에 있어서, 본 발명에 따른 장치는 보다 상세하게는 이들이 프로세싱될 때 웨이퍼들(24)의 형태인

측정 물체들(24)을 측정하고자 한다.

[0093] 도시된 바와 같이, 이 웨이퍼들(24)은 그 표면 상에 층착되는 하나 또는 그 이상의 얇은 층들(25)을 포함할 수 있다.

[0094] 이 웨이퍼들(24)은 예를 들어 450  $\mu\text{m}$ 내지 700  $\mu\text{m}$ 의 실리콘의 두께 및 수 나노미터에서 수 마이크론의 다른 투명한 유전체 또는 폴리이미드, 실리콘 산화물, 실리콘 니트라이드의 층을 포함할 수 있다.

[0095] 보통 이러한 얇은 층들은 가시광선 파장들에서 적어도 부분적으로 투명하다. 실리콘은 적외선 파장들에서 투명하다. 하지만, 샘플들에 따라서, 실리콘 층은 불투명한 층들(부품, 트랜지스터들, 금속 층들 또는 트랙들 등)을 포함할 수 있다.

[0096] 이러한 조건들 하에서, 상기에서 설명된 바와 같이, 웨이퍼의 전체 두께를 측정하기 위한 이미 알려진 방법들은, 특히 이들이 측정 파장들에서 투명할 때, 얇은 층들의 경계면들을 구분 또는 분석하기에 전반적으로 적절하지 않다. 이러한 층들의 두께를 측정하기를 원치 않고, 단지 웨이퍼(24)의 전체 두께만 측정하고자 한다면, 측정 정확도는 얇은 층들(25)의 경계면들의 검출에 있어서의 불확실성에 의해 제한된다.

[0097] 반대로, 충분히 넓은 범위의 주파수들을 가지는 스펙트럼을 가지는 광 소스를 이용해, 이러한 얇은 층들은 측정되거나 또는 그 경계면들이 주파수 도메인에서 작동하는 낮은-코히어런스 간섭계의 기술들을 이용해 구별될 수 있다. 그럼에도 불구하고, 이러한 기술들은, 흄이 있는 스펙트럼의 진동들이 검출기에 의해 샘플링되기에는 너무 가까워지기 때문에, (700  $\mu\text{m}$ 의 실리콘과 같이, 3.5 차수인, 실리콘의 굴절율을 고려한 후 2  $\text{mm}$  이상의 광학적 두께에 대응하는) 큰 광학적 두께들을 측정하기 위해서는 사용될 수 없다.

[0098] 게다가, 측정될 웨이퍼들(24)은 상당히 변형될 수 있는데, 이것은 넓은 측정 범위를 가지는 측정 시스템을 필요로 한다.

[0099] 본 발명에 따른 측정 장치의 핵심은 측정 헤드(10)에 통합되는 낮은-코히어런스 간섭계에 의해 구성된다.

[0100] 측정 헤드(10)는, 병진운동 단이 고정되는 장치의 프레임에 대하여 축 Z를 따라 변위되는 것을 허용하는, 동력에 의한 병진운동 단을 가지는 변위 수단(21)에 고정된다. 이 병진운동 단에는 광학적 측정자의 형태로 위치 정보 항목을 측정하기 위한 수단이 구비되어, 이 변위 및 그 위치가 정확하게 측정되게 해준다.

[0101] 간섭계는 광대역 광 소스(11)에 의해 조명되는데, 이것은 가시광선 스펙트럼 내에서 다색 광(1)을 방출한다. 제시된 실시예에 있어서, 이 소스는 할로겐 소스, 또는 뉴테륨 할로겐 소스를 포함하고, 이 스펙트럼은 자외부에서 30 nm까지 연장된다.

[0102] 간섭계는 빔 분리기(13)를 포함하는데, 이것은 소스로부터 측정될 물체(24)로 광을 안내한다.

[0103] 광의 일부는 기준 광학 빔(17)을 형성하기 위해, 반-반사 판(14)에 의해 구성되는 기준 표면(14) 상에서 반사된다.

[0104] 소스로부터의 광의 일부는 측정 광학 빔(16)을 형성하기 위해, 반-반사 판(14)을 관통한다. 이 측정 광학 빔(16)은 대물렌즈 또는 렌즈(15)에 의해 측정될 물체(24)(웨이퍼(24)) 상에 촛점이 맞춰진다.

[0105] 측정 광학 빔(16)은 측정 물체(24)에 대하여 위치되어 그 광학 축(19)이 이 물체(24)의 경계면들에 실질적으로 수직하다. 제시된 실시예에 있어서, 이 광학 축(19)은 변위 수단(21)의 변위 축 Z에 실질적으로 평행하다.

[0106] 측정 빔(16)의 광은 측정되는 물체(24)의 경계면들 상에서 특히, 도시된 예에 있어서, 얇은 층(25)의 경계면들에 의해, 반사된다.

[0107] 반사된 측정 빔(16) 및 기준 빔(17)은 검출 분광계(18)로 빔 분리기(13)를 지나 안내된다.

[0108] 이 분광계(18)는 회절 격자, 이것은 광학적 주파수들의 함수로서 측정 빔(16)과 기준 빔(17)의 결합 광을 공간적으로 분산시키고, 또한 선형 센서(CCD 또는 CMOS)를 포함하는데, 그 각각의 화소가 광학적 주파수들의 특정 범위에 대응하는 회절 격자로부터 발생하는 광을 수신한다.

[0109] 분광계는 컴퓨터(20)의 형태로 전자적 및 계산 수단(20)에 연결된다.

[0110] 측정되는 물체(24)는, 도시된 실시예에 있어서, 웨이퍼(24)이고, 지지부(23) 상에 위치되는데, 이것은 웨이퍼 척(23)의 형태를 가진다.

[0111] 이 장치는 알려진 두께의 웨이퍼(26)의 일 부분의 형태로 기준 물체(26)를 더 포함한다. 이 기준 물체(26)는 웨

이퍼 척(23) 상에 위치된다.

[0112] 웨이퍼 척(23)은 측정 빔(16)의 광학 축(19)에 실질적으로 수직하는 X-Y 평면에서 (예를 들어 장치의 프레임에 대하여) 그 변위를 보장하는 병진운동 단(22)의 형태로 제2 병진운동 수단(22) 상에 고정된다.

[0113] 이 제2 병진운동 수단(22)은 기준 물체(26) 상에 그리고 웨이퍼(24)의 표면의 모든 점에 측정 빔(16)을 위치시키는 것을 가능하게 해준다.

[0114] 본 발명에 따른 장치는 측정 빔(16)에 반대되는 제2 면 상에 측정되는 물체(24) 상에 입사되는 제2 측정 빔(28)을 가지고 거리 및/또는 두께(27)를 측정하기 위한 제2 광학 수단을 더 포함한다.

[0115] 제시된 실시예에 있어서, 이 제2 광학 측정 수단(27)은, 시간 지연선을 가지고, 시간 도메인에서 작동하는 낮은-코히어런스 간섭계(27)를 포함하는데, 이것은 광학적 경로에 있어서의 변화(variation) 또는 가변적인 지연을 도입하는 것을 가능하게 해준다.

[0116] 이러한 간섭계들은 당업자에게 알려져 있어, 단지 일반적인 원리들만 여기에 소환될 것이다.

[0117] 넓은-스펙트럼 소스로부터 발생하는 광은 내부 기준 빔과 측정되는 물체 상에 입사되는 측정 빔(28)으로 분리된다. 측정 빔(28)은 물체의 경계면들 상에서 반사된다. 각각의 반사는 고려되는 경계면까지의 광학적 경로에 비례하는 지연에 종속된다. 이 지연은 지연선 내에서 재생되어 측정 및 기준 빔들을 다시 위상으로 가져오고 이로써 지연선의 변위 동안 간섭 피크들을 생성하게 된다. 이 지연선의 변위에 대한 이해는 간섭 피크들을 발생시키는 경계면들의 위치를 결정하는 것을 가능하게 해준다.

[0118] 바람직하게 적외선의 광원이 사용되는데(예를 들어 대략 1310 nm), 이것은 실리콘을 관통하는 것을 가능하게 해주고 이로써 필요하다면 웨이퍼 내부의 층들 상에서 측정들을 수행하는 것을 가능하게 해준다.

[0119] 도 6은 시간 도메인에서 작동하는, 이 종류의 낮은-코히어런스 간섭계(27)의 대략적인 도시를 보여준다.

[0120] 간섭계(27)의 핵심은, 인코딩 간섭계(60) 및 디코딩 간섭계(61)을 가지는, 단일 모드 광학섬유들에 기초한 이중 마이켈슨 간섭계이다. 이것은 섬유 광 소스(62)에 의해 조명되는데, 이것은 60 nm 차수의 스펙트럼 폭 및 그 중심 파장이 1310 nm 내지 1550 nm 차수인, 초발광 다이오드(superluminescent diode, SLD)이다. 이 파장의 선택은 특히 요소들의 이용가능성의 기준에 기초한다.

[0121] 소스(62)로부터의 광은, 제2 측정 빔(28)을 구성하기 위해 커플러(60) 및 측정 광학섬유(67)를 통해 시준기(66)까지 안내되는데, 커플러는 인코딩 간섭계(60)로 구성된다. 소스(62)로부터 발생하는 빔의 일부는, 내부 기준 빔을 구성하기 위해, 시준기(66)에서 측정 섬유(67) 내에서 반사된다. 보다 상세하게는, 제시된 실시예에 있어서, 기준 빔은 시준기 안의 공기와 측정 광학섬유(67)의 끝단 사이의 경계면에서 프레즈넬 반사에 의해 생성된다. 이 반사는 대략 4% 정도이다.

[0122] 웨이퍼(24)의 경계면들로부터 발생하는 역반사들은 섬유(67) 내에서 커플링되고 또한 섬유 커플러(61) 주위에 구축된 디코딩 간섭계(61)로 기준 파를 가지고 안내된다. 이 디코딩 간섭계는 그 2 개의 암들 각각이, 고정 기준(64) 및 시간 지연선(65)인, 광학적 상관기(optical correlator)로서 기능한다. 기준(64) 및 지연선(65)에서 반사된 신호들은, 커플러(61)를 통해, 광다이오드인, 검출기(63) 상에서 결합된다. 지연선(65)의 기능은 입사파와 반사파 사이의 광학적 지연을 도입하는 것이고, 이것은 알려진 방식으로 시간에 대하여 가변이다. 이 지연은 예를 들어 광학 빔의 축을 따라 움직이는, 미러(68)의 변위에 의해 획득된다.

[0123] 디코딩 간섭계(61)의 암들(64 및 65)의 길이는 조정되어 지연선(65)을 가지고, 시준기(66)에서 반사되는 기준 파와 측정되는 물체(24)로부터의 역반사들 사이의 광학적 경로의 차이들을 재생하는 것을 가능하게 해준다. 이 광학적 경로의 차이가 미러(68)의 위치를 위해 재생될 때, 소스(62)의 스펙트럼 특성들에 따라 달라지는(소스(62)의 스펙트럼이 넓어질수록, 간섭 피크는 좁아지는), 간섭 피크 형태 및 그 폭이 검출기(63) 상에서 획득된다.

[0124] 이로써, 측정 범위는 디코딩 간섭계(61)의 암들(64 및 65) 사이의 광학적 길이에 있어서의 차이에 의해, 및 지연선(65)의 최대 길이에 의해 결정된다. 이 종류의 간섭계들은 이로써 넓은 측정 범위들을 허용하는 장점을 가진다. 게다가, 측정되는 물체(24)의 연속하는 경계면들은 (예를 들어 미러(68)의 이동에 의해 재생되는 바와 같이) 이러한 경계면들을 분리하는 광학적 거리들에 의해 분리되는 간섭 피크들의 연속들로서 보이기 때문에, 다수의 층들의 스택들은 명확하게 측정될 수 있다.

[0125] 인코딩 간섭계(60) 및 디코딩 간섭계(61)를 가지는, 이중 간섭계 시스템을 구현하고, 또한 측정 섬유(67)의 끝

단에서 기준을 생성하는 것에 의해, 시스템이 측정 섬유(67) 내의 섭동들에 민감하지 않도록 만드는 것이 가능하다. 이로써, 시준기와 측정되는 물체(24)의 경계면들 사이의 실제 광학적 거리들은 매우 정확하게 측정될 수 있다.

[0126] 게다가, 측정 광학섬유(67)를 가지는 이 구성은 간섭계(27)를 멀리 이동시키는 것을 가능하게 해준다. 이로써, 단지 시준기(67)만 측정되는 물체(24) 근방에 있게 된다. 이것은 측정되는 물체(24)가 웨이퍼 척(23) 상의 웨이퍼(24)인 경우 중요한 장점인데, 이것은 웨이퍼 척(23) 상의 그 면을 통한 접근이 더 어렵기 때문이다.

[0127] "캘리퍼" 구성에 있어서 측정되는 물체(24)의 일 측 상에서 2 개의 측정 빔들(16, 28)의 이용은, 측정 시스템들에 대하여 일 측 상의 그 면들의 거리들을 측정하는 것에 의해, 이 물체(24) 상의 두께의 측정들을 수행하는 것을 가능하게 해준다. 그러므로 사용되는 측정 파장들에서 투명하든, 불투명하든, 또는 부분적으로 불투명하든, 모든 경우들에 있어서, 물체(24)의 두께를 결정하는 것이 가능하다.

[0128] 물론, 제2 병진운동 수단(22) 또한 제2 측정 빔(28)이 제1 측정 빔(16)에 반대되는 기준 물체(26)의 제2 면 상에, 또한 웨이퍼(24)의 제2 표면의 어떠한 점에 위치되도록 허용한다.

[0129] - 매우 넓은 스펙트럼을 가지는 광 소스를 이용해 또한 주파수 도메인에서 작동하는 낮은-코히어런스 간섭의 기술

[0130] - 및 적외부에서 시간 도메인에서 작동하는 낮은-코히어런스 간섭의 기술,

[0131] - 상기에서 설명된 바와 같은 캘리퍼 구성에서의 결합은, 이러한 측정 기술들의 큰 상보성으로 인해, 유전체의 얇은 층들을 가지는 웨이퍼들과 같은 샘플들의 매우 완전한 특성을 허용한다는 것에 유의해야 한다.

[0132] 도 2 및 도 3은 측정 빔(16) 및 기준 빔(17)을 공간적으로 분리하는 장점을 가지는 간섭계의 실시예들의 변형들을 보여준다. 이러한 구성들은 특히 측정 빔(16)과 기준 빔(17) 사이의 광학적 경로의 차이를 증가시키지 않고 간섭계와 측정되는 물체(24) 사이의 작업 거리를 증가시키는 것을 가능하게 해준다.

[0133] 도 2는 마이켈슨 간섭계의構성을 보여준다. 소스로부터의 광은 물체(24) 상으로 안내되는 측정 빔(16) 및 미러(14)의 형태인 기준 표면 상으로 안내되는 기준 빔(17)을 형성하기 위해 분리기 큐브(31)에 의해 분리된다. 측정 및 기준 빔들은 실질적으로 수직이다.

[0134] 도 3은 미라우 간섭계의構성을 보여준다. 소스로부터의 광은 물체(24) 상으로 안내되는 측정 빔(16) 및 미러(14)의 형태인 기준 표면 상으로 안내되는 기준 빔(17)을 형성하기 위해 입사 빔의 광학 축(19)에 거의 수직인 반-반사 판(32)에 의해 분리된다. 이 경우에 있어서 기준 미러(14)는 입사 빔의 광학 축(19) 상에 있어, 중심 차광을 형성하게 된다.

[0135] 도 4(a)는 분광계(18)의 출력에서 획득되는 것과 같은 흄이 있는 스펙트럼 신호(41)를 보여준다.

[0136] 이 신호는 광학적 주파수( $v$ )의 함수로서 표현되는 스펙트럼 세기  $I(v)$ 를 나타낸다. 이 세기  $I(v)$ 는 그 각각이 분광계(18) 상에 입사되는 2 개의 파들 사이의 간섭 신호에 대응되는  $i$  조화 함수들의 합으로서 나타낼 수 있다:

$$I(v) \sim A_0(v) + \sum_i \{ A_i(v) \cos[(2\pi/c) 2L_i v + \phi_i] \}$$

[0138] 이때  $A_0$  및  $A_i$ 는 세기 계수들이고,  $\phi_i$ 는 위상 계수이고,  $c$ 는 광의 속도이고,  $2L_i$ 는 2 개의 간섭하는 파들 사이의 광학적 경로 차이이다.

[0139] "이 조화 함수들 각각의 스펙트럼 변조의 "주파수"는 (사실 시간의 차원을 가지고 또한 간섭하는 2 개의 파들 사이의 지연에 대응하는)

$$\tau_i = (2L_i/c)$$

[0141]로 기재될 수 있다.

[0142] 이 스펙트럼 변조의 "주파수"는 그러므로 간섭하는 2 개의 파들 사이의 광학적 경로의 차이  $2L_i$ 를 나타낸다.

[0143] 스펙트럼 세기  $I(v)$ 의 신호를 분석하기 위해, 퓨리에 변환의 이에 수행되고, 도 4(b)에 도시된 바와 같이, 진폭 스펙트럼 또는 스펙트럼 변조 신호(42)가 획득된다. 이 스펙트럼 변조 신호(42)는 측정 빔(16) 및 기준 빔(17)의 시간의 자기상관 함수의 엔벨롭을 나타내는 것에 유의해야 한다. 이것은 간섭하는 2 개의 파들 사이의

광학적 경로의 차이  $2Li$ 에 대응되는 각각의 지연  $\tau_i$ 에 대한 진폭 피크(43, 44, 45)를 포함한다.

[0144] 도 4(b)에 도시된 스펙트럼 변조 신호(42)는 도 1에 도시된 상황에 질적으로 대응되는데, 여기서 얇은 층(25)을 가지는 측정 물체(24)를 가진다.

[0145] 물론, 도 4(a) 및 도 4(b)에 도시된 신호들은 순수하게 도시된 것이다.

[0146] 스펙트럼 변조 신호(42)는 광학적 경로 차이  $2E$ 에 대응되는 지연  $\tau$ 에 중심이 맞춰진 제1 피크(43)를 포함하는데,  $E$ 는 얇은 층(25)의 광학적 두께이다. 제1 피크(43)은 그러므로 얇은 층(25)의 일 측 상에 위치되는 물체(24)의 2 개의 경계면들 상에서 반사되는 측정 빔(16)의 2 개의 성분들 사이의 간섭에 대응한다.

[0147] 이것은 또한 그 각각이 얇은 층(25)의 일 측 상에 위치되는 물체(24)의 개별적인 경계면들 상에서 반사되는 측정 빔(16)의 성분들과 기준 빔(17) 사이의 간섭들에 대응하는 제2 피크(44) 및 제3 피크(45)를 포함한다.

[0148] 단지 이러한 제2 및 제3 피크들(44, 45) 및 연관된 스펙트럼 변조 주파수들은 측정 광학 빔(16)과 기준 광학 빔(17) 사이의 광학적 경로 차이를 나타낸다. 그러므로, 이러한 제2 및 제3 피크들(44, 45)만 물체의 절대적인 높이에 대한 정보를 포함한다.

[0149] 그러므로, 물체(24) 상에서 높이 측정을 수행하기 위해, 측정 빔(16)의 성분들 사이의 간섭들에 의한 피크들(43) 및 이것만 유용한 정보를 포함하는 기준 빔(17)과 측정 빔(16) 사이의 간섭들로 인한 관심 피크들(44, 45)이 구분될 수 있어야 한다.

[0150] 이를 위해, 측정 헤드(10)는 변위 수단(21)을 가지고 측정되는 물체(24)에 대하여 변위되는데, 이것은 측정 빔(16)과 기준 빔(17) 사이의 광학적 경로 차이를 변화시키게 된다. 기준 빔(17)과 측정 빔(16) 사이의 간섭들로 인한 관심 피크들(44, 45)만 측정 범위에서 변위되고, 이것이 이들이 정지 상태로 남아 있는 나머지들과 구별되는 것을 가능하게 해준다. 게다가, 이로써 이들을 좋은 조건들 하에서 구별 및 측정될 수 있는 측정 범위의 바람직한 영역에 위치시키는 것이 가능하다. 이를 위해, 관심 피크들(44, 45)은:

[0151] - 이용가능한 측정 범위에 위치된다(지연들  $\tau$  또는 광학적 경로 차이들  $2L$ 의 측면에서). 이 측정 범위는 0(0 지연)으로부터 스펙트럼 변조 주파수들이 더 이상 분광계의 스펙트럼 해상도로 인해 샘플링될 수 없는 지연들까지 연장된다.

[0152] - 바람직하게 물체(24)의 얇은 층들(25)의 두께에 대응하는 것보다 더 큰 지연들  $\tau$  또는 광학적 경로 차이들  $2L$ 에 대응하는 측정 범위의 영역에 위치된다.

[0153] 물체(24)의 얇은 층(25)의 두께가 충분히 크다면, 측정 헤드(10)는 또한 물체(24)에 대하여 위치되어 얇은 층(25)의 개별적인 경계면들에 의해 반사될 때 기준 광학 빔(17)의 광학적 경로의 길이가 측정 빔(16)의 광학적 경로들의 길이들 사이의 중간에 있을 수 있다. 이 경우에 있어서, 기준 표면(14)은 얇은 층(25)의 경계면들 사이에 있는 것처럼 광학적으로 보이고, 관심 피크들(44, 45)은 물체(24)의 얇은 층(25)의 두께에 대응하는 것보다 작은 지연들  $\tau$ (또는 광학적 경로 차이들  $2L$ )에 위치된다.

[0154] - 이로써 전체 측정 범위는 변위 수단(21)의 타격에 의해 필수적으로 결정되고,

[0155] - 해상도, 즉 근접한 경계면들을 구별할 수 있는 능력은, 스펙트럼 검출의 해상도에 의해 결정되는 것에 유의해야 한다.

[0156] 상기에서 설명된 바와 같이, 간섭계는 물체(24)의 경계면들에 의해 반사되는 측정 빔과 기준 빔 사이의 광학적 경로 차이들( $2Li$ )을 결정하는 것을 가능하게 해준다. 그러므로 간섭계 내에서 광학적 경로의 등가성에 의해 정의되는 원점에 대한 이 경계면들의 광학적 높이들( $Li$ )을 결정하는 것을 가능하게 해준다.

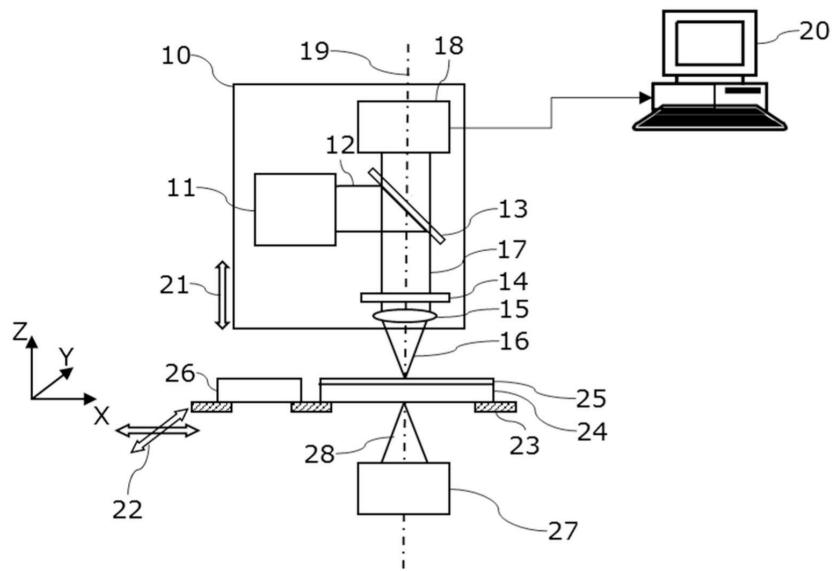
[0157] 광학적 거리들 또는 높이들은 가로지르는 매체의 굴절율에 의해 곱해지는 기하학적 거리들 또는 높이들에 대응한다는 것이 상기될 것이다. 도 1의 실시예에 있어서, 이 높이들  $Li$ 는  $Z$  축을 따라 물체(24)의 경계면들과 기준 표면(14) 사이의 광학적 거리에 대응한다.

[0158] 도 1에 도시된 바와 같은 좌표 시스템( $X$ ,  $Y$ ,  $Z$ )의 원점에 대한 물체(24)의 경계면들의 광학적 높이  $H_{ui}$ 를 계산하기 위해,  $Z$  축을 따라 측정 헤드(10)의 또는 간섭계의 위치  $P_{ui}$ 를 고려하는 것이 필요하다. 이 위치  $P_{ui}$ 는, 조정(calibration) 후 병진운동 단(21)의 위치 측정 수단에 의해 주어진다.  $Z$  축을 따라 방향지어지는 광학적 거리들  $H_{ui}$  및 위치  $P_{ui}$ 를 고려하여, 물체(24)의 경계면들의 광학적 높이  $H_{ui}$ 는

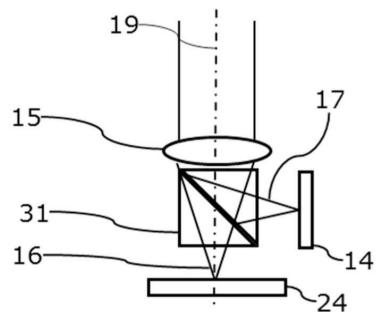
- [0159]  $H_{ui} = P_H - L_i$
- [0160] 의 관계에 의해 주어진다.
- [0161] 제2 광학적 측정 수단(27)을 가지고 유사한 방식으로 그 반대되는 면 상의 측정 물체(24)의 경계면들의 광학적 높이  $H_{1j}$ 의 측정들을 획득하는 것 또한 가능하다. 바람직하게, 광학적 높이  $H_{1j}$ 의 이 측정들은 좌표 시스템(X, Y, Z)의 동일한 원점에 대하여 측정된다.
- [0162] 물체의 광학적 두께들 T는 그후 물체(24)의 2 개의 면들 상에서 획득되는 광학적 높이들  $H_u$  및  $H_l$ 를 더하는 것 (또는 부호 규칙에 따른 감산)에 의해 결정될 수 있다.
- [0163] 도 5를 참조하면, 본 발명의 장치를 사용하는 거리들 및/또는 두께를 측정하기 위한 방법이 이제 설명될 것이다.
- [0164] 측정을 수행하기 위해:
- 측정 빔은 제2 병진운동 수단(22)을 이용해 측정되는 물체(24)의 표면 상에 위치된다(단계 50);
  - 측정 헤드(10)는 측정 빔(16)과 기준 빔(17) 사이의 광학적 경로 차이를 변화시키기 위한 변위 수단(21)을 가지고, 측정되는 물체(24)에 대하여 Z 방향으로 변위된다(단계 51);
  - 관심 피크 또는 피크들(44, 45)은 상기에서 설명된 바와 같이 확인되거나 및/또는 측정 범위의 바람직한 영역 내에 위치된다(단계 52);
  - 이 관심 피크들(44, 45)에 대응하는 광학적 경로 차이 또는 차이들  $L_i$ 는 (측정 빔(16)과 기준 빔(17)의 광학적 경로들의 등가성에 대응하는 0 지연에 대하여) 간섭계의 측정 범위 내에서 측정된다(단계 53);
  - 상기에서 설명된 바와 같이 간섭계의 위치  $P_H$ 를 고려하여, 물체(24)의 경계면들의 광학적 높이  $H_{ui}$ 는 계산된다(단계 54);
  - 물체의 두께를 계산하기 위해, 측정 물체(24)의 경계면들의 광학적 높이  $H_{1j}$ 의 측정 또한 제2 광학적 측정 수단(27)을 가지고 그 반대 면 상에서 수행되고, 광학적 높이들  $H_u$  및  $H_l$ 은 (광학적) 두께 T를 결정하기 위해 결합된다(단계 55).
- [0171] 측정 빔들은 그후 다른 측정을 수행하고 이로써 물체(24)의 매핑 또는 토플로지를 생성하기 위해 물체(24)의 표면의 다른 점으로 이동될 수 있다.
- [0172] 측정 헤드(10)의 변위의 단계 51은 관심 피크들의 확인이 유지된다면 물체의 표면에서 측정 점들 사이에서 생략될 수 있다.
- [0173] 본 발명에 따른 방법은 또한, Z 축을 따라 측정 헤드(10) 또는 간섭계의 위치  $P_H$ 의 값을 결정하는 것을 가능하게 해주는, 조정 단계 56을 포함한다. 이를 위해, 하나 또는 그 이상의 측정들이 그 높이  $H_u$ 가 알려진 기준 물체(26) 상에서 수행되고, 위치  $P_H$ 의 값은 이로부터 추정된다. 유사한 방식으로, 제2 광학적 측정 수단(27)을 조정하는 것이 가능하다.
- [0174] 이 조정 절차는 물체(24)의 표면 상에서의 측정들의 세트를 수행하기 전에 한번 수행될 수 있다.
- [0175] 물론, 본 발명은 설명된 예들에 한정되지 않고 수많은 조정들이 본 발명의 범위를 초과하지 않으면서 이 예들에 적용될 수 있다.

도면

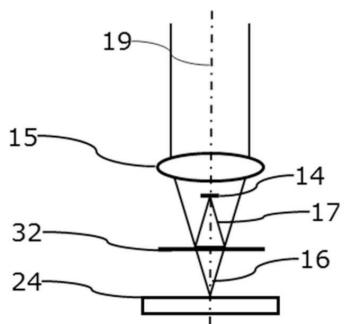
도면1



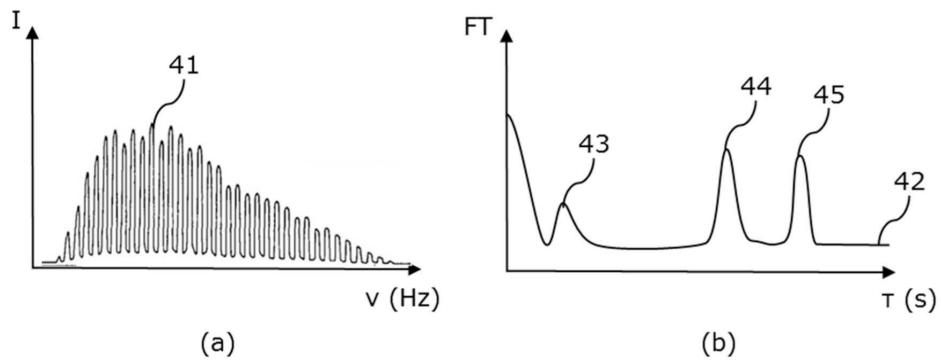
도면2



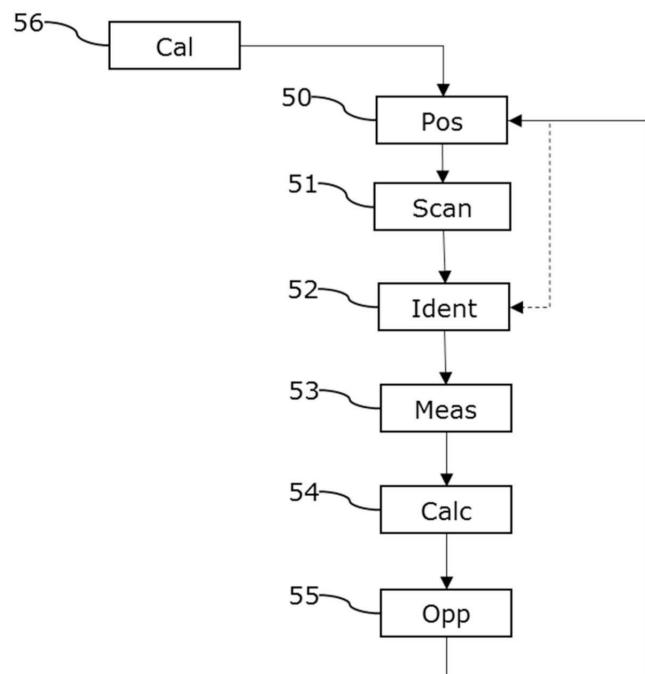
도면3



## 도면4



## 도면5



## 도면6

