



(19) 대한민국특허청(KR)  
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2013년04월01일  
(11) 등록번호 10-1249619  
(24) 등록일자 2013년03월26일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)

H01L 21/66 (2006.01)

(21) 출원번호 10-2011-0061664

(22) 출원일자 2011년06월24일

심사청구일자 2011년06월24일

(65) 공개번호 10-2012-0004925

(43) 공개일자 2012년01월13일

(30) 우선권주장

10 2010 026 351.6 2010년07월07일 독일(DE)

(56) 선행기술조사문헌

KR100567625 B1

KR1020090109574 A

KR1020070024393 A

JP2009244035 A

전체 청구항 수 : 총 10 항

(73) 특허권자

실트로닉 아게

독일연방공화국 81737 문헨 한스-사이델-플라츠 4

(72) 발명자

파쎈 프리드리히

독일 아돌프스 84166 프라우엔버거 슈트라쎈 2

푸히스 쥐르겐

독일 부르크하우젠 84489 박커슈트라쎈 83

(뒷면에 계속)

(74) 대리인

신정건, 김태홍

심사관 : 홍종선

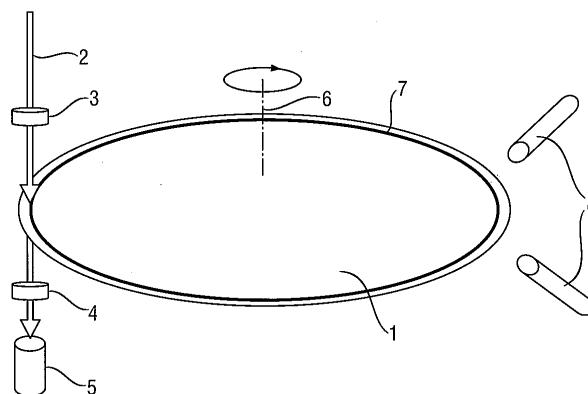
(54) 발명의 명칭 반도체 웨이퍼 검사 방법 및 반도체 웨이퍼 검사 장치

(57) 요약

본 발명은, 반도체 웨이퍼를 검사하는 방법으로서, 촬상 방법에 의해 반도체 웨이퍼의 에지를 검사하고, 이러한 방식으로 에지 상의 결함의 위치 및 형태를 판별하며, 광탄성 응력 측정(photoelastic stress measurement)에 의해 외측 가장자리가 에지로부터 10 mm 이하의 거리에 있는, 반도체 웨이퍼의 평평한 구역에 있는 링 형상의 영역을 더 검사하며, 이러한 방식으로 상기 링 형상의 영역에서 응력을 받는 영역의 위치를 판별하고, 결함의 위치와 응력을 받는 영역의 위치를 서로 비교하며, 결함을 그 형태 및 광탄성 응력 측정의 결과에 기초하여 유형별로 분류하는 것인 반도체 웨이퍼 검사 방법에 관한 것이다.

본 발명은 또한, 상기 방법을 실시하기에 적합한 장치에 관한 것이다.

대표도 - 도1



(72) 발명자

**후버 안드레아스**

독일 가르힝 84518 그라프-오토리브-슈트라쎈 5

**랑겐펠트 프리드리히**

독일 키르히도르프 84375 자이버스도르퍼 슈트라쎈  
106

**라우베 프랑크**

독일 부르크하우젠 84489 뢰트겐슈트라쎈 32베

## 특허청구의 범위

### 청구항 1

반도체 웨이퍼를 검사하는 방법으로서, 촬상 방법에 의해 반도체 웨이퍼의 에지를 검사하고, 상기 에지를 촬상 방법으로 검사하는 방식으로 에지 상의 결함의 위치 및 형태를 판별하며,

광탄성 응력 측정(photoelastic stress measurement)에 의해 외측 가장자리가 에지로부터 10 mm 이하의 거리에 있는, 반도체 웨이퍼의 평평한 구역에 있는 링 형상의 영역을 더 검사하며, 상기 링 형상의 영역을 광탄성 응력 측정에 의해 더 검사하는 방식으로 상기 링 형상의 영역에서 응력을 받는 영역의 위치를 판별하고,

결함의 위치와 응력을 받는 영역의 위치를 서로 비교하며, 결함을 그 형태 및 광탄성 응력 측정의 결과에 기초하여 유형별로 분류하는 것인 반도체 웨이퍼 검사 방법.

### 청구항 2

제1항에 있어서, 촬상 방법은 조사(照射)되는 에지에서 이루어지고, 하나 이상의 카메라가 에지의 이미지를 기록하는 것인 반도체 웨이퍼 검사 방법.

### 청구항 3

제1항 또는 제2항에 있어서, 링 형상의 영역은 폭이 10 mm 이하인 것인 반도체 웨이퍼 검사 방법.

### 청구항 4

제1항에 있어서, 광탄성 응력 측정으로부터 얻은 변수들, 즉

- a) 신호 크기
- b) 신호 프로파일
- c) 신호 영역
- d) 편광 해소도(D)
- e) 편광 해소 신호 타입, 및
- f) 이극성(bipolarity)(B) 중 하나 이상이, 결함을 유형별로 분류하는 데 사용되는 것인 반도체 웨이퍼 검사 방법.

### 청구항 5

제1항에 있어서, 반도체 웨이퍼는 이 반도체 웨이퍼의 중심축을 중심으로 회전하고, 촬상 방법을 위한 측정 디바이스와 광탄성 응력 측정을 위한 측정 디바이스는 반도체 웨이퍼의 원주를 따른 상이한 위치에 설치되며, 반도체 웨이퍼를 촬상 방법과 광탄성 응력 측정에 의해 동시에 검사하며, 에지의 전체 원주와 인접 영역은 반도체 웨이퍼의 회전에 의해 촬상 방법을 위한 측정 디바이스와 광탄성 응력 측정을 위한 측정 디바이스를 통과하여 이동되는 것인 반도체 웨이퍼 검사 방법.

### 청구항 6

제5항에 있어서, 반도체 웨이퍼는 이 반도체 웨이퍼의 중심축을 중심으로 1회 내지 5회 회전하는 것인 반도체 웨이퍼 검사 방법.

### 청구항 7

제6항에 있어서, 광탄성 응력 측정을 위해 사용되는 적외선 레이저 빔은 각각의 회전 동안에 링 형상의 영역 내에서 원형 측정 트랙을 형성하고, 광탄성 응력 측정을 위한 측정 디바이스의 위치는, 측정 트랙이 반도체 웨이퍼 상에서 상이한 반경 방향 위치에 놓이도록, 각각의 회전 이후에 반도체 웨이퍼에 대하여 반경 방향으로 변경되는 것인 반도체 웨이퍼 검사 방법.

## 청구항 8

제6항에 있어서, 광탄성 응력 측정을 위한 측정 디바이스의 위치는, 광탄성 응력 측정을 위해 사용되는 적외선 레이저 빔이 링 형상의 영역 내에 나선형 측정 트랙을 형성하도록 반도체 웨이퍼에 대하여 반경 방향으로 연속적으로 변경되는 것인 반도체 웨이퍼의 검사 방법.

## 청구항 9

제6항 내지 제8항 중 어느 한 항에 있어서, 반도체 웨이퍼의 회전으로 인한 반도체 웨이퍼 에지의 속도는 2 내지 30 cm/s인 것인 반도체 웨이퍼의 검사 방법.

## 청구항 10

반도체 웨이퍼의 에지를 검사하는 장치로서,

- 반도체 웨이퍼의 중심축을 중심으로 회전 가능한, 반도체 웨이퍼용의 마운트,
  - 마운트가 회전되도록 하는 구동부,
  - 하나 이상의 광원과, 반도체 웨이퍼 에지의 이미지를 기록하는 하나 이상의 카메라를 포함하는, 촬상 방법을 실시하는 시스템, 및
  - 반도체 웨이퍼 에지 부근에 있는 평평한 구역의 영역의 검사를 허용하는 구조로 레이저, 편광기, 분석기 및 검출기를 포함하는, 광탄성 응력 측정을 실시하는 시스템
- 을 포함하는 반도체 웨이퍼의 에지 검사 장치.

## 명세서

### 기술분야

[0001] 본 발명은, 촬상 방법에 의해 반도체 웨이퍼의 에지를 검사하고, 이러한 방식으로 에지 상에서의 결함의 위치를 판별하는, 반도체 웨이퍼 검사 방법 및 반도체 웨이퍼 검사 장치에 관한 것이다.

### 배경기술

[0002] 반도체 웨이퍼, 예컨대 단결정 실리콘 웨이퍼의 에지에 관해 형성되는 품질 요건은 특히 직경이 큰 경우( $\geq 300$  mm)에 증가하고 있다. 에지는, 가능한 한 오염 및 다른 결함이 없고 낮은 조도(粗度)를 갖도록 의도된다. 또한, 에지는 이송 중에, 그리고 마이크로전자 부품의 제조에 관한 처리 단계(예컨대, 코팅 단계 및 열적 단계)에서의 증가된 기계적인 응력에 대한 저항성을 갖도록 의도된다. 단결정으로부터 슬라이싱된 실리콘 웨이퍼의 미처리 에지는 비교적 거칠고 불균일한 표면을 갖는다. 상기 미처리 에지는 기계적 하중 하에서 스포울링(spalling)을 겪고, 이는 방해 입자의 근원이다. 이에 따라, 에지를 재연마하고, 이에 의해 결정에 있는 스포울링과 손상을 제거하며 결정에 특정 프로파일을 제공하는 것이 통상적이다.

[0003] 형상 특성뿐만 아니라, 웨이퍼 에지에 있는 결함도 중요한 역할을 한다. 에지는 제조 과정 동안 및 이송 과정 동안 모두에서 반복적으로 터치된다. 예컨대, 웨이퍼의 에지는 저장 또는 이송을 위해 사용되는 카세트와 접촉하게 된다. 제조 과정 동안에, 실리콘 웨이퍼는 또한 종종 처리 및 측정 장치에 제공되는 에지 파지기에 의해 카세트로부터 제거되거나, 또는 처리 또는 측정 이후에 역시 에지 파지기에 의해 동일한 카세트나 상이한 카세트로 다시 이송된다. 이에 따라, 에지 상의 결함 및 자국을 완벽하게 방지할 수 없다. 예컨대 균열 및 스포울링과 같은 이들 결함 중 일부는, 예컨대 구체적으로 기계적 처리와 조합된 열처리 또는 코팅의 경우에서와 같이 추가의 응력이 발생하면, 영향을 받은 실리콘 웨이퍼가 추가의 처리 과정에서 파손되고, 이는 제조 라인에 심각한 문제를 초래한다는 효과를 가질 수 있다.

[0004] 이러한 이유로, 소비자에게 전달되기 직전의 웨이퍼 에지를 검사하는 것이 반드시 필요하다(1990년도, William Andrew Publishing/Noyes사 편찬, W. C. O'mara, R.B. Herring, L.P. Hunt 편집, Handbook of Semiconductor Silicon Technology도 또한 참고). 이러한 검사는 특히 이제 결함으로 인해 파손의 우려가 있는 실리콘 웨이퍼를 식별하고 분류하는 역할을 한다. 요즘에는, 시각적 검사 또는 자동 검사에 의해 에지 모니터링이 실시된다. 자동 검사는 결함의 검출을 위해 카메라를 이용하는 촬상 방법을 사용을 포함한다. 결함의 분류와, 비임계 결함 및 임계 결함의 식별은 시각적 이미지 분석 또는 자동 이미지 분석에 의해 실시된다. 상기 에지 검사 방법

은, 예컨대 DE10352936A1에 설명되어 있다.

[0005] 기존에 알려진 에지 검사 방법은 항상 검출된 결함의 특성에 대한 충분한 정보를 제공하는 것은 아니다. 구체적으로, 반도체 웨이퍼의 파손을 유발할 수 있는 임계 결함이 포함되어 있는지의 여부를 식별하는 것이 종종 불가능하다. 이것은, 실리콘 웨이퍼의 분류에는 상당한 불확실성이 따른다는 것을 뜻한다. 비임계 재료가 잘못 제거될 수 있고, 임계 재료가 전달될 수 있다. 전자의 요인은 불필요하게 수득물을 감소시키며, 후자의 요인은 소비자에게 있어서 문제를 초래할 수 있다.

## 발명의 내용

### 해결하려는 과제

[0006] 이에 따라, 본 발명은 에지 검사의 중요성을 증대시키고, 구체적으로 증대된 파손 우려에 관하여 검사된 에지 결함의 명확한 분류를 가능하게 하고자 하는 목적에 주안점을 두었다.

### 과제의 해결 수단

[0007] 상기 목적은, 촬상 방법에 의해 반도체 웨이퍼의 에지를 검사하고, 이러한 방식으로 에지 상의 결함의 위치 및 형태를 판별하며, 광탄성 응력 측정에 의해 외측 가장자리가 에지로부터 10 mm 이하의 거리에 있는 반도체 웨이퍼의 평평한 영역에 있는 링 형상의 영역을 검사하며, 이러한 방식으로 상기 링 형상의 영역에서 응력을 받는 영역의 위치를 판별하고, 결함의 위치 및 응력을 받는 영역의 위치를 서로 비교하여, 결함을 그 형태 및 광탄성 응력 측정의 결과에 기초하여 유형별로 분류하는 것인 반도체 웨이퍼 검사 방법에 의해 달성된다.

[0008] 아래에서는, 도면을 참고하여 본 발명을 보다 상세히 설명한다.

## 발명의 효과

[0009] 본 발명에 따르면, 비임계 재료가 잘못 제거되고, 임계 재료가 전달되는 것을 방지하여, 수득물을 증가시키고, 소비자에게 있어서의 반도체 웨이퍼에 관한 문제를 감소시킬 수 있는 반도체 웨이퍼 검사 방법 및 반도체 웨이퍼 검사 장치가 제공된다.

### 도면의 간단한 설명

[0010] 도 1은 본 발명에 따른 방법을 실시하기 위해 사용 가능한 측정 장치를 개략적으로 보여주는 도면.

도 2 내지 도 9는 종래 기술에 따른 에지 검사 방법에 의해 임계 에지 결함 또는 비임계 에지 결함으로서 명확하게 분류하는 것이 불가능한 결함들의 예를 보여주는 도면. 광탄성 응력 측정에 관하여 마찬가지로 예시된 결과와 함께, 본 발명에 따라 결함들을 명확하게 분류할 수 있음.

### 발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0011] 에지 결함의 검출 및 분류를 위한 기지의 방법과는 대조적으로, 본 발명에 따른 방법은 파손에 관하여 임계적인 에지 결함을 명확히 식별하기 위해, 단순히 촬상 방법을 사용하는 것이 아니라, 오히려 촬상 방법을 광탄성 응력 측정으로부터의 데이터, 즉 재료에서 응력을 받는 영역에 관한 정보와 조합한다.

[0012] 사용되는 촬상 방법은 (하나 이상의 카메라를 사용하는) 광학 촬상 방법, 전자 광학 방법 또는 원자력 현미경 검사(AFM)일 수 있다.

[0013] 광학 촬상 방법은 명시야(bright field) 광학기구나 암시야(dark field) 광학기구 또는 이들의 조합에 의해 웨이퍼 에지를 검사한다. 통상적으로, 웨이퍼 표면은 정면과 후면 상에서, 웨이퍼의 최외측 가장자리로부터 대략 5 mm 내측까지의 영역에서 검사되고, 이에 따라 에지 영역에서 훨씬 더 민감한 정면 검사 방법과 후면 검사 방법이 충분히 많이 중첩된다. 웨이퍼 에지를 명시야 구성 또는 암시야 구성으로 조명하는 것은 통상적으로, LED 나 레이저, 또는 하나의 주파수 또는 넓은 주파수 스펙트럼을 갖는 다른 조명원에 의해 이루어진다. 하나 이상의 카메라가 에지 영역을 포함하는 웨이퍼의 가장자리의 이미지를 기록한다. 복수 대의 카메라를 사용하는 것이 바람직하며, 이러한 카메라는 웨이퍼의 가장자리와 에지를 상이한 시각에서 기록한다.

[0014] 이미지는 결함 식별을 위한 기준으로서의 역할을 한다. 결함 식별은 시각적으로 실시될 수 있다. 그러나, 상이하게 설정 가능한 결함 유형으로의 분류를 수행하는 이미지 처리 소프트웨어에 의한 자동 분류를 위해 이미지

정보를 제공하는 것이 바람직하다. 상기 자동 분류는, 예컨대 DE10352936A1에 설명되어 있다. 임계 결함의 구조를 해상하는 것이 가능하도록 하기 위해, 웨이퍼 에지 상에서 PSL(폴리스티렌 라텍스 구)에 의해 확인되는 감도가 대략  $< 10 \mu\text{m}$  LSE인 것이 필수적이다.

- [0015] 이 방법은 에지 결함을 식별하기 위해, 종래 기술에 따른 것과 동일한 방식으로 본 발명에 따라, 전술한 변형예와 동일한 방식으로 사용된다. 그러나, 본 발명에 따르면, 상기 방법은 광탄성 응력 측정, 즉 편광 해소(depolarization) 효과에 의한 응력 검출과 조합된다. 이 방법은 "SIRD(Scanning Infrared Depolarization)"라는 명칭으로 알려져 있으며, 예컨대 US2004/0021097A1에 설명되어 있다. 종래 기술에 따르면, 상기 방법은 실리콘 웨이퍼 상의 응력을 받는 영역의 샘플링형 전체 구역 검출을 위해 사용된다. 제조되는 실리콘 웨이퍼 모두를 100 % 검사하는 것은, 긴 측정 시간으로 인해 전체 구역 측정의 경우에는 실현 불가능하다. 상기 방법은 지금까지는 특별히 에지에 관하여 실리콘 웨이퍼를 평가하는 데 사용되지 않았다.
- [0016] 도 1에 예시된 바와 같이, 본 발명에 따른 어플리케이션에서는 반도체 웨이퍼(1)의 평평한 구역 전체를 SIRD로 검사하기보다는, 웨이퍼의 에지에 근접하게 놓인 평평한 웨이퍼 구역의 링 형상의 영역만을 검사한다. 이 경우에, 링 형상의 영역은 편광기(3)에 의해 편광되는 적외선 레이저 빔(2)에 의해 조사(照射)된다. 바람직하게는, 레이저 빔은 반도체 웨이퍼의 평평한 구역에 수직으로 충돌한다. 반도체 웨이퍼(1)를 통과한 후, 레이저 빔(2)은 분석기(4)를 통과한다. 분석기(4)의 하류에서, IR 레이저 빔의 강도 및 편광 해소도(degree of depolarization)를 측정하고 검출기(5)로 기록한다. 레이저 빔(2)이 반도체 웨이퍼(1)의 응력을 받는 영역을 통과하면, 이것은 편광의 회전을 유발한다. 전달되는 레이저 빔에 추가하여, 또는 전달되는 레이저 빔에 대한 대안으로서, 대응하게 맞춰진 장치를 이용하여, 측정을 위해 반사 빔을 사용하는 것도 또한 가능하다.
- [0017] 본 설명에 있어서, "에지" 또는 "웨이퍼 에지"는, 반도체 웨이퍼의 가장자리에 있어서 정해진 프로파일이 제공된 평평하지 않은 영역을 의미하는 것으로 이해된다. 이에 따라, 반도체 웨이퍼의 표면은 정면 및 후면의 평평한 구역과, 또한 에지로 이루어지며, 에지는 그 일부에 있어서 정면과 후면 상의 패싯(facet), 정면과 후면 사이의 원통형 웹, 그리고 또한 각각의 패싯과 웹 사이의 전이 반경을 포함할 수 있다.
- [0018] 웨이퍼 에지에 근접하게 놓여 있는 링 형상의 영역은 폭이 바람직하게는 10 mm 이하, 매우 바람직하게는 3 mm 이하이다. 링 형상의 영역의 폭은 단지 레이저 빔의 직경에 의해서만 하향 제한된다. 적외선 레이저 빔은 직경이 20  $\mu\text{m}$  내지 5 mm일 수 있다.
- [0019] 에지 결함에 의해 형성되는 응력을 받는 영역을 항상 검출하도록 하기 위해, 링 형상의 영역의 외측 가장자리는 에지로부터의 거리가 10 mm 이하, 바람직하게는 5 mm 이하이다. 바람직하게는, SIRD 측정을 위해 사용되는 링 형상의 영역은, 정면 패싯이 정면의 평평한 구역과 만나는 반경 방향 위치로부터 반경 방향 내측으로 연장된다. 에지와 직접 접하는 이러한 영역은 광탄성 응력 측정의 경우에 선호되지만, 에지에 근접하지만 에지와 직접 접하지 않는 다른 구역도 또한 광탄성 응력 측정에 사용될 수 있다. 레이저 빔이 에지와 중첩되는 것도 또한 가능하다. 그러나, 중첩부가 활용되지 않고, 또한 간섭 신호를 생성하기 때문에, 이것을 택해서는 안 된다.
- [0020] 에지 결함에 의해 야기되는 응력을 받는 영역은 반도체 웨이퍼의 평평한 구역에서 에지로부터 반도체 웨이퍼의 중심 방향으로 10 mm 만큼 반경 방향으로 연장될 수 있다. 매우 심각하게 응력을 받는 결함의 경우에서만, 응력을 받는 영역이 평평한 구역 내로 더 연장되는 것이 가능하다. 이것은 본 발명에 따라 SIRD에 의해 검사되는 영역의 위치 및 폭을 제한한다. 에지 결함에 의해 야기되는 응력을 받는 영역이 에지에 바로 근접해서 가장 현저하게 두드러지기 때문에, 검사 대상인 링 형상의 영역의 외측 가장자리는 에지로부터의 거리가 10 mm 이하, 바람직하게는 5 mm 이하이다. 매우 바람직하게는, 링 형상의 영역은 에지에 바로 접한다. 이에 따라, SIRD에 의한 검사 대상인 링 형상의 영역의 폭은 최대 10 mm이며, 마찬가지로 3 mm 이하의 폭이면 충분하다.
- [0021] 본 발명에 따른 SIRD 방법의 어플리케이션에 있어서는, 광범위한 구역 신호가 필요하지 않다. 이 어플리케이션에서는, (앞서 정해진 바와 같은) 웨이퍼 에지 부근의, 적외선 레이저 빔(2)의 적은 개수의 측정 트랙(7)(도 1참고)이면 충분하다. 특히, 에지 결함의 분류에 관하여 의미 있는 결과를 얻기 위해서는 1개 내지 5개의 측정 트랙이면 충분하다. 1개 내지 2개의 측정 트랙이 매우 바람직하다. 도 2 내지 도 9에 제시된 데이터는 단일 측정 트랙에 기초한다.
- [0022] 레이저 빔의 강도와 총 검출 시간은,  $S/R > 3$ 의 신호 대 노이즈비가 보장되도록 서로 조정된다.
- [0023] 양호한 S/R값을 얻기 위해, 소위 로크인 기법(lock-in technique)이 통상적으로 사용된다.
- [0024] 이어서, 촬상 방법의 결과와 SIRD 측정의 결과를 서로 연관짓는다. 이것은 예컨대 도 2 내지 도 9에 예시되어



있다. 이러한 연관 지음은 다양한 방식으로 수행될 수 있다.

- [0025] SIRD에 의해 식별되는 응력을 받는 영역과 활상 방법에 의해 식별되는 결함의 위치(P)를 각도(단위; 도)로 규정하는 것이 적절하며, 이때 방위 피쳐("노치" 또는 "플랫")가 기준점으로서의 역할을 한다.
- [0026] 결함의 사전 선택을 위해 광탄성 응력 측정의 결과 또는 활상 방법의 결과를 사용하는 것이 가능하다. 이것은, 이러한 하나의 방법에 의해서만 검출 가능한 결함이 결함으로서 치부되고 양자의 방법의 결과에 관한 조합된 분석에 의해 더욱 상세하게 분류된다는 것을 의미한다.
- [0027] 그러나, 활상 방법 또는 응력 측정에 의해서만 뚜렷하게 식별되고, 다른 개별 방법에 의해서는 뚜렷하게 식별되지 않는 위치도 또한 임계 결함에 포함될 수 있기 때문에, 사전 선택 없이 작업하는 것을 선택해야만 한다. 양자의 측정 방법의 대응하는 조합된 데이터 분석만이 가능한 최상의 결함 분류를 보장한다.
- [0028] 바람직한 평가 및 분류 방법이 도 2 내지 도 9를 참고로 하여 아래에 상세히 설명되어 있다.
- [0029] 제1 단계에서, 활상 방법의 데이터에 기초하여 제1 임시 결함 분류가 실시된다. 이에 따라, 활상 방법에 기초하여 긴(라인형, 균열형 및 스크래치형) 구조가 면적(스팟, 클러스터) 구조와 구별될 수 있다.
- [0030] 최종 분류의 경우, 광탄성 응력 측정의 측정 변수의 특정 문턱값이 임시 결함 유형에 대해 지정된다. 따라서, 임시 결함 유형으로 지정된 결함은 광탄성 응력 측정의 결과에 의해 최종적으로 분류된다. 활상 방법이 하나의 결함을 긴 구조(예컨대, 도 4)로서 분류하고, 다른 결함은 면적 구조(예컨대, 도 7)로서 분류하면, 추가의 분류에 대해서 정해진 문턱값은 SIRD 측정의 평가된 측정 결과에 대하여 상이할 수 있다.
- [0031] 광탄성 응력 측정의 데이터에 기초한 최종 결함 분류에 있어서, 아래의 측정 변수가 사용될 수 있다.
- [0032] a) 신호 크기(I)(강도)
- [0033] b) 신호 프로파일
- [0034] c) 신호 영역
- [0035] d) 편광 해소도(D)
- [0036] e) 편광 해소 신호 타입(단극 또는 이극 응력 신호)
- [0037] f) 이극성(bipolarity)(B)
- [0038] 모든 변수는 측정 대상의 가장자리에서의 각 위치(P)(단위; 도)에 따라 기록되고 평가되는 것이 바람직하다.
- [0039] 분류를 위해 사용되는 측정 변수는 예컨대 이극성(B)의 경우에서와 같이, (예컨대, 강도의 경우에) 무결함 영역에서 통상 0값으로 고정되는, 평균내거나 감산된 기준값이나 평균값에 대한 절대값 또는 상대값일 수 있다.
- [0040] 편광 해소도(D)는 다음과 같이 정해진다.
- [0041] 
$$D = 1 - (I_{\text{par}} - I_{\text{perp}}) / (I_{\text{par}} + I_{\text{perp}})$$
 [식 1]
- [0042] I는 검출된 레이저 광의 강도를 나타낸다.  $I_{\text{par}}$  및  $I_{\text{perp}}$ 는 각각, 편광기에 의해 미리 정해진 편광 방향과 평행하게 편광된 강도 및 상기 편광 방향에 대해 수직으로 편광된 강도이다. D는 편광 단위 DU로 측정된다( $1 \text{ DU} = 1 \cdot 10^{-6}$ ).
- [0043] 이극성(B)은 다음과 같이 정해진다.
- [0044] 
$$B = 1 - |(D_{\text{max}} - |D_{\text{min}}|) / (D_{\text{max}} + |D_{\text{min}}|)$$
 [식 2]
- [0045] D는 편광 해소도를 나타내고,  $D_{\text{max}}$ 는 최대 편광 해소도를 나타내며,  $D_{\text{min}}$ 은 최소 편광 해소도를 나타낸다. "||"는 절대값 함수를 나타낸다.
- [0046] 전술한 측정 변수로부터 유도되는 다른 변수(예컨대, 강도 변화/편광 해소 신호)도 마찬가지로 최종 결함 분류를 위해 사용될 수 있다.
- [0047] 최종 결함 분류에서는, 활상 방법의 데이터와 광탄성 응력 측정의 데이터와 함께, 다른 정보를 고려할 수도 있

다. 예컨대, 실리콘 웨이퍼의 제조 과정에서 웨이퍼 에지에 대한 손상 우려가 증가되는 것으로 보이는 위치, 예컨대 실리콘 웨이퍼의 제조 과정에서 실리콘 웨이퍼가 특별한 기계적 응력에 노출되는 위치를 고려하는 것이 가능하다. 결함 분류의 규칙(예컨대, 광탄성 응력 측정의 측정 변수에 대한 문턱값)은 상기 위치들에 특별히 맞춰질 수 있다.

다음 표는 결함 분류에 대한 예시적인 매트릭스를 보여준다.

표 1

분류	사전 분류 (이미징 방법)	강도 I [a.u.]	편광 해소도 D [DU]	이극성 B	다른 기준
유형 A (균열/스크래치)	라인형, 균열형, 스크래치형	$< 0.5 \cdot 10^{-4}$	$> 100$	$> 0.5$	
유형 B (스포울링)	면적 구조 및 클러스터 구조	$> 1.0 \cdot 10^{-4}$	$> 100$	$> 0.35$	
유형 C (오염, 비임계 응력)	이미지 정보 없음	$> 0.5 \cdot 10^{-4}$	$> 15$		
유형 D (처리에 의해 유발되는 비임계 이벤트)	면적 구조 및 클러스터 구조	$< 1.0 \cdot 10^{-4}$	$> 15$ 및 $< 100$	$> 0.35$	위치는 제조 과정에서 접촉점과 일치함
유형 E(오염)	긴 구조, 면적 구조 및 클러스터 구조	$< 1.0 \cdot 10^{-4}$	$< 15$		
유형 F(기타)					

보다 상세한 결함 유형으로의 분류 또는 다른 결함 유형으로의 분류가 가능한 물론이다. 예컨대, 유형 C의 경우, SIRD 신호 강도에 따라, 또는 추가로 기준으로서 사용되는 이극성에 대해 구별하는 것이 가능하다.

이러한 결함 유형으로의 지정은 예컨대 도 2 내지 도 9를 참고로 하여 아래에서 설명된다. 각각의 도면에는, 카메라에 의해 얻어진 결함 이미지(상부)뿐만 아니라, 저부 좌측에는 강도(I)(강도는 선택된 측정 기구 및 세팅에 좌우되기 때문에, "임의의 단위", 즉 "a.u"임), 저부 우측에는 편광 해소(D)(단위; DU)가 도시되어 있으며, 강



도와 편광 해소 각각은 도면의 상부 영역에 예시된 결합에 있어서의 위치(P)(단위; 도)의 함수이다.

- [0052] 도 2: 결합 이미지를 분명하게 분류할 수 없다. 스크래치/균열 또는 잔여물이 포함되었는지의 여부는 불명확하다. SIRD는, 결정 격자의 임계 응력(편광 해소)이 존재하지 않는다는 것을 보여준다. 이것은 소량의 SIRD 강도 변화와 함께, 오염도(유형 E)를 추정하는 것을 가능하게 한다.
- [0053] 도 3: 결합 이미지를 분명하게 분류할 수 없다(도 2 참고). SIRD는 현저한 편광 해소를 보여주며, 강도에 있어서의 유사한 현저한 변동은, 광 전달이 마찬가지로 심하게 방해받았다는 것을 입증한다. SIRD 신호의 이극성은 응력을 분명하게 나타낸다. 이에 따라, 결합은 균열형 재료 손상 또는 스포울링형 재료 손상(유형 B)로서 분리될 수 있다.
- [0054] 도 4: 이미지는, 오염, 스크래치 또는 균열이 포함되었는지의 여부를 나타내지 않는다. 높고 분명한 이극성 SIRD 신호와 전달에 있어서 강도 변화가 거의 없는 것은 구조를 임계 균열(유형 A)로서 분명하게 식별한다.
- [0055] 도 5: 이미지는 분명한 결합의 식별을 허용하지 않는다. SIRD 데이터는 높은 이극성 편광 해소를 보여준다. SIRD 강도의 변화 및 공정 이력(에피택셜 코팅된 반도체 웨이퍼가 포함됨)과 함께, 결합은 에피택셜 성장의 누적부로서 식별된다(유형 D).
- [0056] 도 6: 이미지는 도 5와 비슷하다. 그러나, 눈에 띄지 않는 SIRD 데이터는, 여기에 오염도(유형 E)가 포함된다는 것을 입증한다.
- [0057] 도 7: SIRD 측정에서 높은 응력 신호와 강도 변화 모두를 관찰할 수 있다.  $B > 0.35$ 인 이극성과 카메라 이미지에 관한 구역 정보와 함께, 이는 결합을 스포울링(유형 B)으로서 식별한다.
- [0058] 도 8: 이미지와 SIRD 데이터는 결합을, 오염[(유형 E): 편광 해소 없음, 약한 SIRD 강도 신호]로서 분명하게 식별한다.
- [0059] 도 9: 카메라 이미지에서의 상기 구조들의 부재는 대규모의 손상이 존재하지 않는다는 것을 입증한다. SIRD는 이와 대조적으로, 약한 강도와 편광 해소 신호를 동시에 보여준다. 편광 해소 신호는 높은 변화를 나타내지만, 전형적인 이극성은 나타내지 않는다. 이에 따라, 편광 신호의 원인은 카메라에 대해 투명한 오염(유형 F)인 것으로 추정된다.
- [0060] 본 발명에 따른 방법은 이에 따라, 예컨대 균열의 경우에 오인을 회피할 수 있다. 종종, 활상 방법 단독에 의해서 균열과 다른 긴 구조를 구별할 수 없다. 이것의 예가 도 2 및 도 4에 제시되어 있다.
- [0061] 본 발명에 따른 활상 방법과 응력을 식별하기 위한 방법의 조합은 이에 따라, 특히 파손에 있어서 임계적인 결합에 관하여 훨씬 더 신뢰성 있는 결합 분류를 가능하게 한다.
- [0062] 실시되는 결합 분류에 따르면, 관련 실리콘 웨이퍼가 재가공되거나, 더 사용되거나, 폐기되도록 지정될 수 있다.
- [0063] 반도체 웨이퍼의 에지를 검사하기 위해 본 발명에 따라 사용되는 2가지 측정은 기지의 장치에 의해 연속적으로 수행될 수 있다. 예컨대, DE10352936A1에 설명되어 있는 타입의 에지 검사 장치와 US2004/0021097A1에 설명되어 있는 타입의 SIRD 측정 장비가 사용될 수 있다. 그러나, 2개의 측정 방법 모두가 그 중심축(6)을 중심으로 회전하는 반도체 웨이퍼(1)(도 1 참고)의 상이한 위치에서 동시에 수행되면, 매우 짧은 측정 시간을 얻을 수 있다. 활상 에지 검사 방법을 위한, 하나 이상, 바람직하게는 2개 이상의 카메라(8)가 하나의 위치에 설치된다(도 1의 우측에 도시되어 있음). SIRD 측정은 다른 위치에서 실시된다(도 1의 좌측에 도시되어 있음). 중심축(6)을 중심으로 한 반도체 웨이퍼(1)의 회전은, 회전하는 에지의 전체 길이가 양자의 방법 모두에 의해 검사될 수 있도록 반도체 웨이퍼 에지의 전체 원주가 카메라(8)와 SIRD 측정 방법을 위한 장치를 통과해 이동된다는 효과를 갖는다. 양자의 측정 방법 모두에 대한 충분한 완료 시간을 보장하기 위해, 활상 방법과 광탄성 응력 측정 모두에 대한 웨이퍼 에지의 상대 속도는 2 내지 30 cm/s이어야만 한다. SIRD 측정과 활상 방법을 동시에 실시하는 것 이외에도, 상기 장치를 이용하여 2개의 방법을 상이한 시기에 수행하는 것도 또한 가능한 것은 물론이지만, 이것은 보다 긴 측정 시간으로 인해 선택되어서는 안 된다.
- [0064] 앞서 설명한 바람직하게는 1개 내지 5개의 측정 트랙을 구현하기 위해서는, 단지 반도체 웨이퍼가 대응하는 회수의 회전을 수행하는 것을 보장하는 것만이 필요하다. 이 경우에, 광탄성 응력 측정을 위한 측정 디바이스의 위치는 회전 동안에는 변경되지 않는 상태로 유지될 수 있고, 각각의 회전 동안에 반도체 웨이퍼 상의 정해진 영역 내에서 상이한 반경 방향 위치에 원형 트랙이 놓이도록, 각각의 회전 이후에 반도체 웨이퍼에 대해 반경

방향으로 변경된다. 다른 한편으로, 광탄성 응력 측정을 위한 측정 디바이스의 위치는, 광탄성 응력 측정을 위해 사용되는 적외선 레이저 빔이 링 형상의 영역 내에 나선형 측정 트랙을 형성하도록 반도체 웨이퍼에 대하여 반경 방향으로 연속적으로 변경될 수 있다. 고정 위치와 단일 측정 트랙이 선호된다. 측정 트랙의 수가 적은 경우, 레이저 빔은 또한 전기 광학 편향(electro-optical deflection)에 의해 제어될 수 있고, 이에 따라 시험 건 본 상에서의 레이저 빔의 위치는 변경될 수 있다.

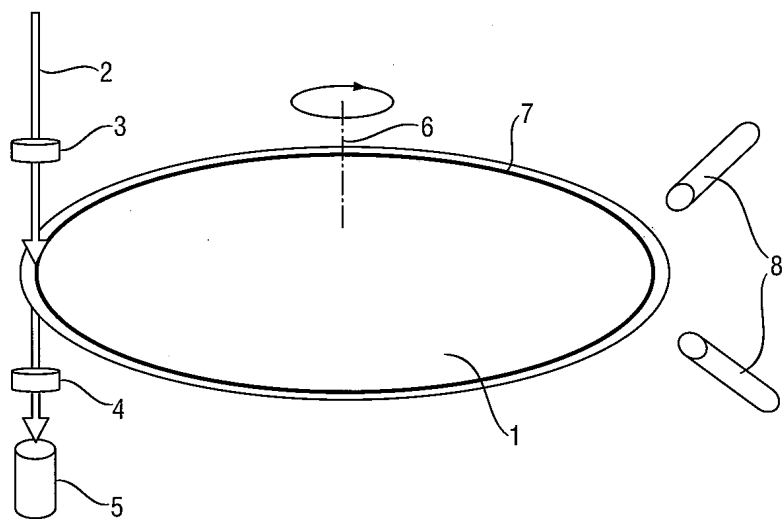
- [0065] 촬상 방법과 SIRD 측정 방법을 동시에 실시함으로써, 추가 정보의 획득에도 불구하고 에지 검사에 필요한 측정 시간을 변경되지 않은 상태로 유지하는 것이 가능하다. 이에 따라, SIRD를 포함한 전체 에지 검사를 위한 1분 미만의 측정 시간을 달성할 수 있다.
- [0066] 전술한 방법을 실시하기 위해, 아래의 구성 부품을 포함하는 장치를 사용하는 것이 가능하다.
- [0067] - 반도체 웨이퍼의 중심축(6)을 중심으로 회전 가능한, 반도체 웨이퍼(1)용의 마운트,
- [0068] - 마운트가 회전되도록 하는 구동부,
- [0069] - 하나 이상의 광원과, 반도체 웨이퍼(1) 에지의 이미지를 기록하는 하나 이상의 카메라(8)를 포함하는, 촬상 방법을 실시하는 시스템, 및
- [0070] - 반도체 웨이퍼 에지 부근에 있는 평평한 구역의 영역의 검사를 허용하는 구조로 레이저, 편광기(3), 분석기(4) 및 검출기(5)를 포함하는, 광탄성 응력 측정을 실시하는 시스템.
- [0071] 상기 방법을 실시하는 개별 구성 부품의 상호 작용은 이미 앞서 설명하였다.
- [0072] 본 발명에 따른 방법은 반도체 웨이퍼, 특히 단결정 실리콘 웨이퍼의 제조에 관하여 임의의 소망하는 시기에 사용될 수 있다. 그러나, 본 발명에 따른 방법은 에지 처리의 마무리 이후에, 즉 에지 라운딩 및 에지 연마가 실시된 이후에 사용되는 것이 바람직하다. 충분히 완성된 패터닝되지 않은 반도체 웨이퍼에 대한 적용이 매우 바람직하다. 특히, 단지 샘플만이 아니라, 반도체 웨이퍼들 모두를 이들 반도체 웨이퍼가 소비자에게 전달되기 전에 본 발명에 따른 방법으로 검사하는 것도 또한 바람직하다. 본 발명에 따른 방법으로 인해, 에지 결함으로 인해 파손 우려가 있는 반도체 웨이퍼를 신뢰성 있게 골라내는 것이 가능하다. 그러나, 본 발명에 따른 방법으로 인해, 또한 결함의 원인을 식별하고, 결함을 제거하는 것이 가능하다.

### 부호의 설명

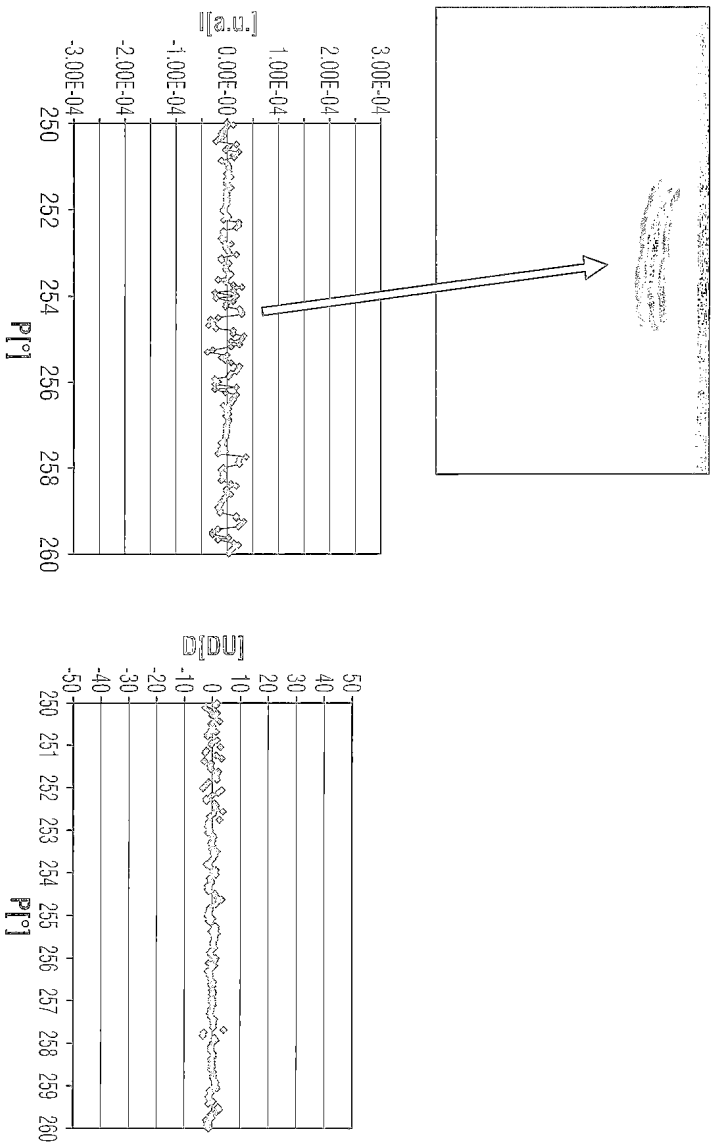
- [0073] 1 : 반도체 웨이퍼
- 2 : 레이저 빔
- 3 : 편광기
- 4 : 분석기
- 5 : 검출기
- 6 : 반도체 웨이퍼의 중심축
- 7 : 측정 트랙
- 8 : 카메라

도면

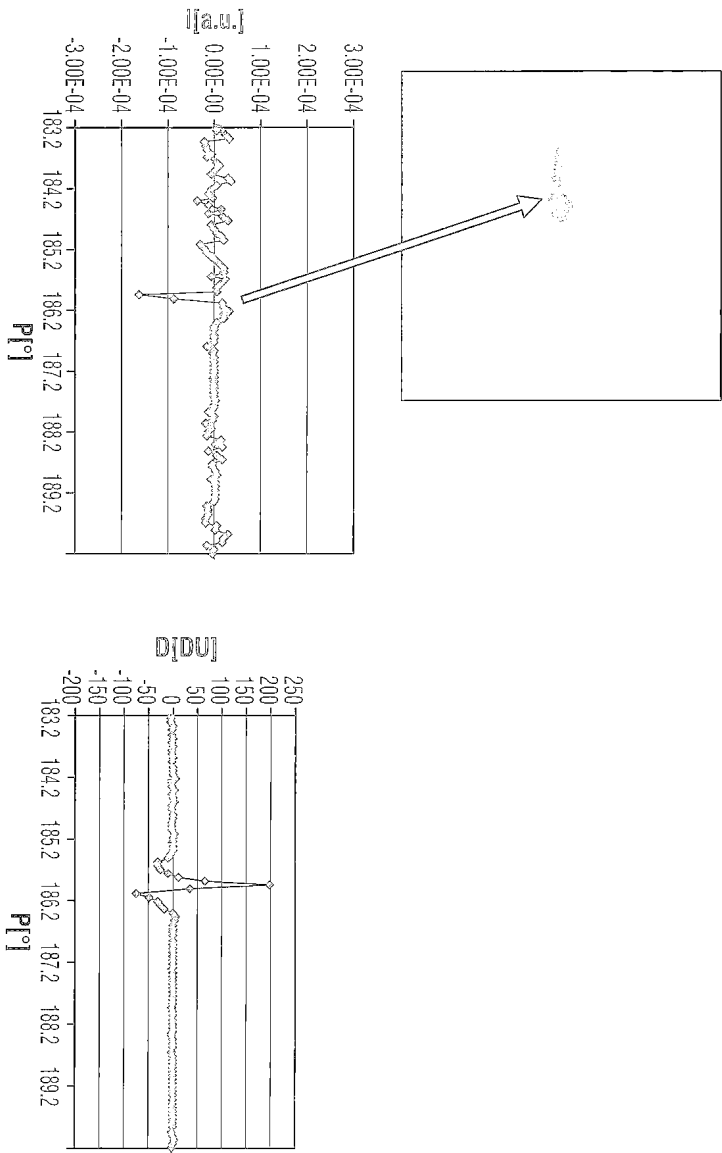
도면1



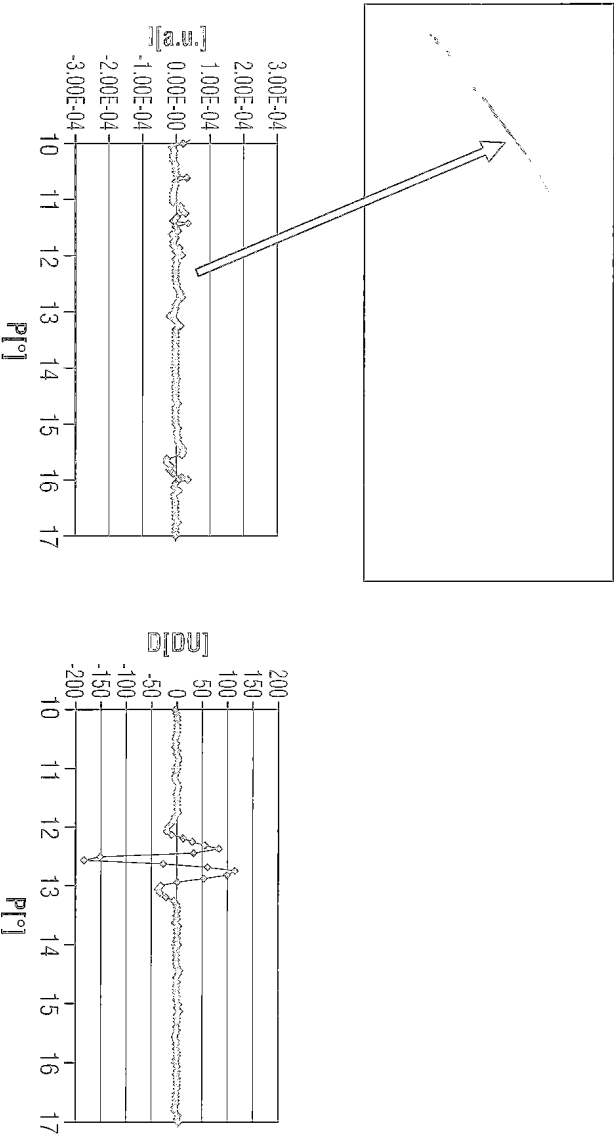
도면2



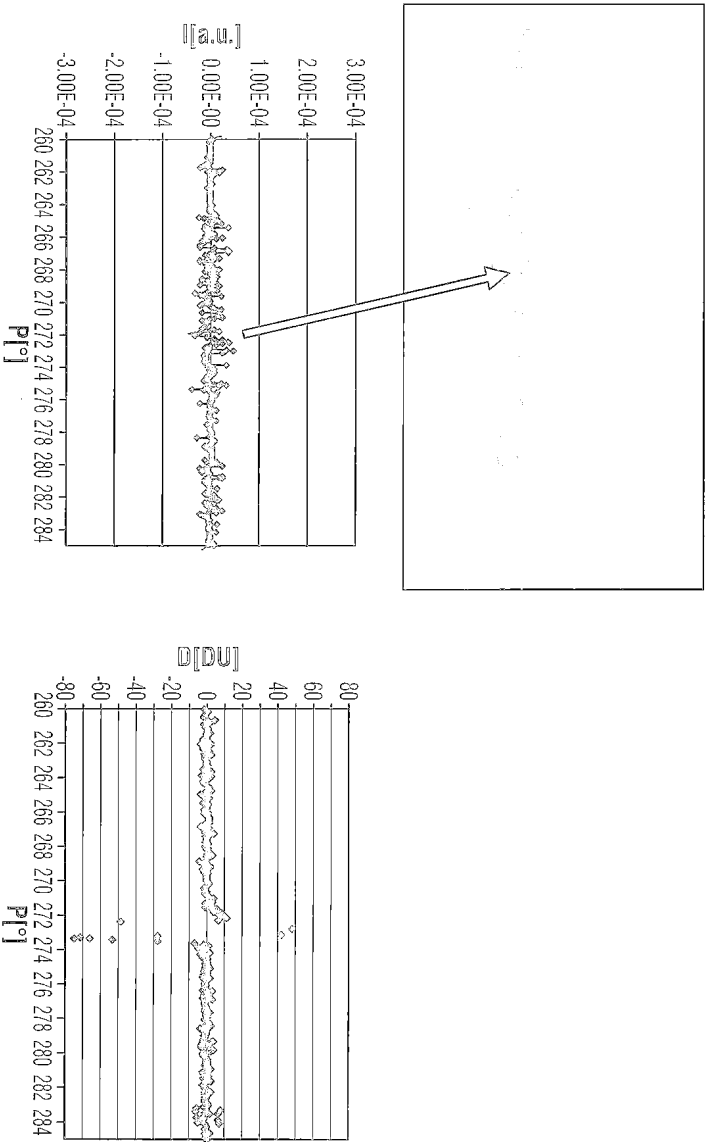
도면3



도면4

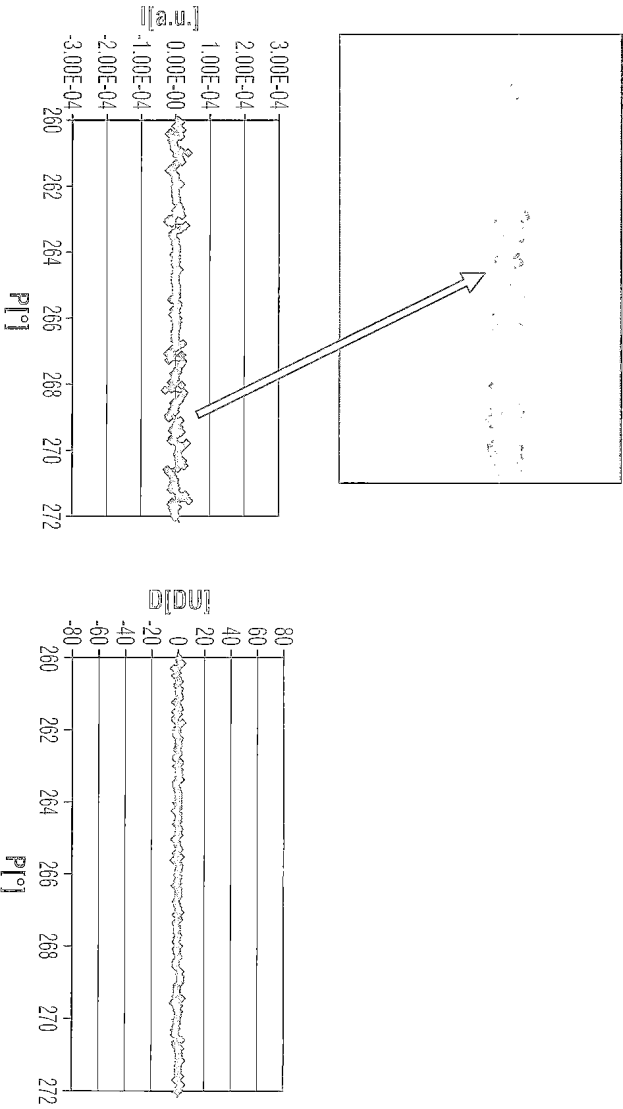


도면5

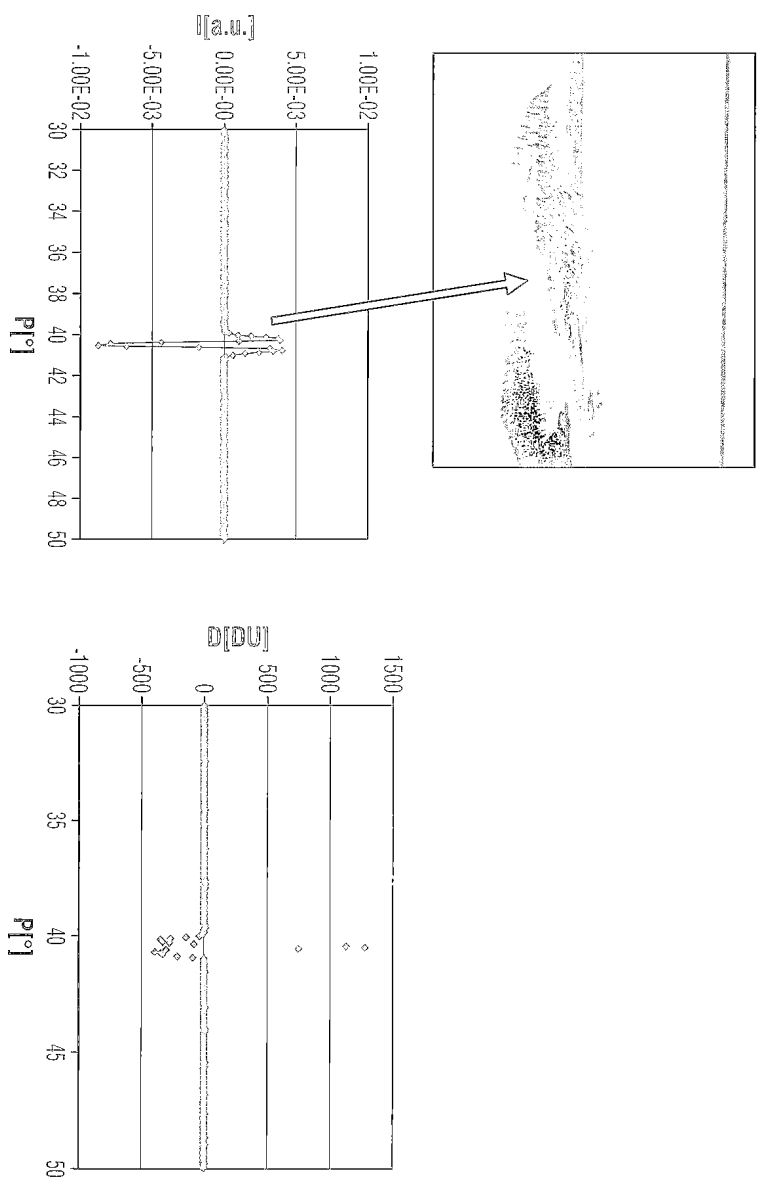




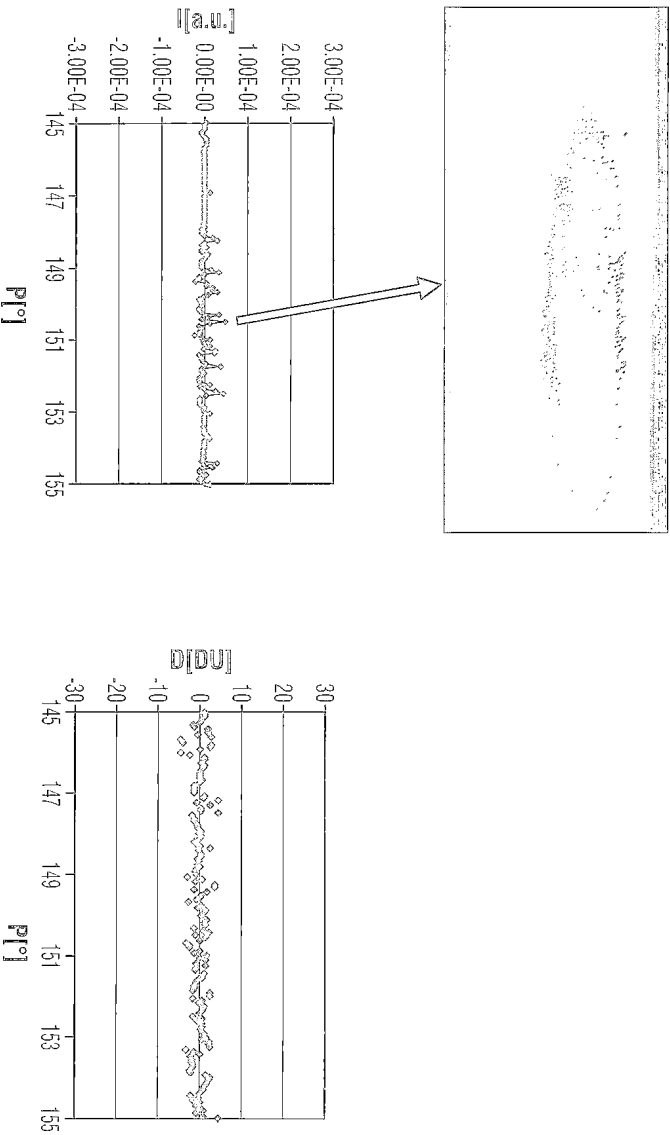
도면6



도면7



도면8



도면9

