

(19)대한민국특허청(KR)  
(12) 공개특허공보(A)

(51) 。 Int. Cl. (11) 공개번호 10-2006-0052010  
H01L 21/66 (2006.01) (43) 공개일자 2006년05월19일

(21) 출원번호 10-2005-0093138

(22) 출원일자 2005년10월04일

(30) 우선권주장 JP-P-2004-00322905 2004년10월06일 일본(JP)

(71) 출원인 가부시킴가이샤 니콘  
일본 도쿄도 지요다구 마루노우찌 3초메 2방 3고

(72) 발명자 오오모리 다케오  
일본 도쿄도 지요다구 마루노우찌 3초메 2방 3고 가부시킴가이샤니콘  
나이  
후카자와 가즈히코  
일본 도쿄도 지요다구 마루노우찌 3초메 2방 3고 가부시킴가이샤니콘  
나이

(74) 대리인 특허법인코리아나

심사청구 : 없음

## (54) 결함 검사 방법

### 요약

### 과제

최상층의 패턴, 특히 홀 패턴의 검사를 높은 S/N 비로 행할 수 있는 결함 검사 장치를 제공한다.

### 해결 수단

조명광 (L1) 에 의해서 조명된 웨이퍼 (2) 로부터는 회절광 (L2) 이 생기고, 수광 광학계 (4) 에 유도되어 집광되고, 회절광 (L2) 에 의한 웨이퍼 (2) 의 이미지를 본 발명의 촬상 수단으로서의 촬상 소자 (5) 이미지에 결상한다. 화상 처리 장치 (6) 는, 촬상 소자 (5) 에 의해 받아들여진 화상을 화상 처리하여 결함을 검출한다. 편광판 (7) 은, 조명광 (L1) 이 S 편광으로 웨이퍼 (2) 를 조명하고, 또한 그 진동면과 웨이퍼 (2) 의 교선이 웨이퍼 (2) 에 형성된 배선 패턴과 평행, 또는 직교하도록 되고, 편광판 (8) 은 웨이퍼 (2) 로부터의 회절광 중 P 편광의 직선 편광을 취출하도록 조정되어 있다. 이렇게 함으로써 홀 패턴의 검사를, 그 아래에 존재하는 배선 패턴과 구별하여 검사하는 것이 가능해져, 표층의 결함을 S/N 비가 양호한 상태에서 검사할 수 있다.

### 대표도

도 3

## 색인어

편광판, 결함 검사 장치

## 명세서

### 도면의 간단한 설명

도 1 은, 본 발명의 실시 형태의 제 1 예인 결함 검사 장치 개요를 나타내는 도면.

도 2 는, 기관 표면과 하지로부터의 P 편광과 S 편광의 반사 상태를 나타내는 도면.

도 3 은, 본 발명의 제 2 실시 형태인 결함 검사 장치의 개요를 나타내는 도면.

도 4 는, 홀 패턴의 예를 나타내는 도면.

도 5 는, 홀 패턴을, 본 발명에 의한 결함 검사 장치와, 종래의 결함 검사층에 의해 각각 촬상한 예를 모식적으로 나타내는 도면.

도 6 은, 본 발명의 제 3 실시 형태인 결함 검사 장치의 개요를 나타내는 도면.

도 7 은, 종래의 검사 장치의 개요를 나타내는 도면.

※ 도면의 주요 부분에 대한 부호의 설명

1 : 조명 광학계 2 : 웨이퍼

3 : 스테이지 4 : 수광 광학계

5 : 촬상 소자 6 : 화상 처리 장치

7, 8 : 편광판 9 : 1/4 파장판

21 : 배선 패턴 22 : 컨택트홀

23 : 레지스트 25 : 절연층

41, 42 : 렌즈 L1 : 조명광

L2 : 회절광

### 발명의 상세한 설명

#### 발명의 목적

#### 발명이 속하는 기술 및 그 분야의 종래기술

본 발명은, 예를 들어 반도체 소자 등의 제조 과정에 있어서, 기관 표면의 불균일, 흠 등의 결함을 검출하는 결함 검사 방법에 관한 것이다.

반도체 디바이스나 액정 기관의 제조에 있어서는, 여러 다른 회로 패턴을 형성하고, 그것을 여러 층으로 겹겹이 쌓아가는 작업을 반복하여 행하고 있다. 각 회로 패턴을 형성하는 공정의 개요는, 기관 표면에 레지스트를 도포하고, 노광 장치에 의

해 레티클이나 마스크 상의 회로 패턴을 레지스트 상에 베이킹하고, 현상함으로써 레지스트에 의한 회로 패턴을 형성한 후, 에칭 등으로 소자의 각 부를 형성한다. 레지스트에 의한 패턴이 형성된 후에, 패턴에 이상이 없는지의 여부가 검사된다.

도 7 은, 이러한 목적을 위하여 사용되고 있는 종래의 검사 장치의 개요를 나타내는 도면이다. 스테이지 (3) 상에 탑재된 반도체 웨이퍼 (2) 에 조명광 (L1) 을 조사하고, 반도체 웨이퍼 (2) 상에 형성된 반복 패턴 (도시하지 않음) 으로부터 발생하는 회절광 (L2) 에 의한 기관의 화상을 촬상 소자 (5) 에서 받아들인다. 그리고, 화상 처리 장치 (6) 에 의해서 화상 처리를 행하고, 정상인 기관의 화상과 비교하거나 함으로써 기관 표면의 결함을 검출하는 것이다. 반복 패턴의 피치에 의해서 회절광이 반도체 웨이퍼 (2) 로부터 출사되는 방향이 다르기 때문에, 이것에 맞추어 스테이지 (3) 가 적절히 틸트된다. 이와 같은 장치의 예로서 개시되어 있는 것에, 일본 공개특허공보 평11-51874호가 있다.

### 발명이 이루고자 하는 기술적 과제

여기서, 검사해야 할 대상이 되는 것은, 반도체 웨이퍼 (2) 의 최상층 (최표층) 에 형성된 레지스트 패턴이지만, 기관을 조명하는 광의 일부는 최상층의 레지스트층을 통과하여 하지에 형성된 패턴을 조명한다. 따라서, 기관 전체로부터 발생하는 회절광은 최상층의 레지스트 패턴 뿐만 아니라, 하지의 패턴의 영향도 받고 있다. 그 때문에, 하지의 패턴의 영향이 큰 경우에는 그것이 노이즈가 되고, 본래 검사해야 할 최상층의 패턴 정보가 상대적으로 적어져, S/N 비가 나빠진다는 문제점이 있다. 특히, 다른 층의 회로 패턴끼리를 결합하는 컨택트홀 등의 홀 패턴은, 미세하고, 패턴 밀도가 작아, 그 신호 강도가 미약하기 때문에 하지의 영향을 받기 쉬워, 종래에는 충분히 결함을 검출할 수 없었다.

또한, 최상층의 패턴과 그 아래의 패턴 사이에, 검사에 사용하는 광을 흡수하는 반사 방지막이 형성되어 있는 경우에는, 이러한 문제는 없어지지만, 최상층에 형성된 패턴의 입체적인 정보를 얻기 어렵다는 문제점이 있었다.

본 발명은 이러한 사정을 감안하여 이루어진 것으로, 최상층의 패턴의 검사를 높은 S/N 비로 행할 수 있는 결합 검사 방법, 또한 홀 패턴의 검사 방법을 제공하는 것을 과제로 한다.

### 발명의 구성 및 작용

상기 과제를 해결하기 위한 제 1 수단은, 피검사체인 기관의 표면 결함을 검사하는 방법으로서, 상기 기관을 P 편광의 직선 편광의 조명광으로 조명하고, 상기 기관으로부터의 회절광에 의한 상기 기관의 이미지를 촬상하고, 촬상한 화상을 처리하여 상기 기관의 결함을 검출하는 것을 특징으로 하는 결합 검사 방법 (청구항 1) 이다.

본 수단에 있어서는, 기관을 P 편광의 직선 편광의 조명광으로 조명하고 있기 때문에, 기관 표면의 패턴의 표면에 있어서 반사되지 않고, 기관 패턴의 내부에 들어가 거기에서 기관층간의 계면에서 반사되는 광이 많아진다. 따라서, 기관 표면의 패턴의 3 차원적인 구조 전체의 변화를 파악하여, 효율적으로 검사를 행할 수 있다.

상기 과제를 해결하기 위한 제 2 수단은, 피검사체인 기관의 표면 결함을 검사하는 방법으로서, 상기 기관을 조명광으로 조명하고, 상기 기관으로부터의 회절광에 포함되는 P 편광의 직선 편광에 의한 상기 기관의 이미지를 촬상하고, 촬상된 화상을 처리하여 상기 기관의 결함을 검출하는 것을 특징으로 하는 결합 검사 방법 (청구항 2) 이다.

본 수단에 있어서는, 기관으로부터의 회절광에 포함되는 P 편광의 직선 편광에 의한 기관의 이미지를 촬상하고 있기 때문에, 상기 제 1 수단과 마찬가지로 기관 표면의 패턴의 3 차원적인 구조 전체의 변화를 파악하여, 효율적으로 검사를 행할 수 있다.

상기 과제를 해결하기 위한 제 3 수단은, 상기 제 1 수단 또는 제 2 수단의 어느 하나를 사용하여 기관의 표면에 형성된 홀 패턴의 결함을 검출하는 것을 특징으로 하는 홀 패턴의 검사 방법 (청구항 3) 이다.

일반적으로 컨택트홀 등의 홀 패턴은, 크기가 미세하고, 종래의 검사 방법으로는 확실한 검사가 불가능하였다. 본 수단에 의하면, 백그라운드 노이즈를 저감시킬 수 있기 때문에, 홀 패턴의 검사를 S/N 양호하게 행할 수 있다.

상기 과제를 해결하기 위한 제 4 수단은, 피검사체인 기관의 표면에 형성된 홀 패턴의 결함을 검사하는 방법으로서, 상기 기관을 진동면과 상기 기관의 교선이 상기 홀 패턴과는 다른 층에 형성된 배선 패턴에 평행 또는 수직인 S 편광의 직선 편

광으로 조명하고, 상기 기관으로부터의 회절광에 포함되는 S 편광의 직선 편광을 제거한 나머지의 광을 사용하여 상기 기관의 이미지를 촬상하고, 촬상한 화상을 처리하여 상기 기관의 결함을 검출하는 것을 특징으로 하는 결함 검사 방법 (청구항 4) 이다.

본 명세서 및 특허 청구의 범위에 있어서, 직선 편광의 진동면이라는 것은, 직선 편광의 전계 벡터와 광의 진행 방향 벡터를 포함하는 평면인 것을 말한다.

본 수단에 있어서는, 기관을 S 편광의 직선 편광의 조명광으로 조명하고, 게다가 그 진동면과 기관의 교선이 기관에 형성된 배선 패턴에 평행 또는 수직 하도록 하고 있다. 그리고, 기관으로부터의 회절광에 포함되는 S 편광의 직선 편광을 제거한 나머지의 광을 사용하여 기관의 이미지를 촬상하고 있다.

이와 같이 하면, 배선 패턴에 대해서는 에지 부분에 입사되는 편광의 진동 방향이 수직 또는 평행이고, 진동 성분이 패턴과 수직인 방향 또는 평행인 방향으로 밖에 되기 때문에, 패턴으로부터의 영향에 의해서 진동 방향에는 변화를 발생시키지 않고, 편광의 무기(無機) 자체는 변화하지 않는다.

따라서, 검출된 광에는 배선 패턴의 정상부로부터의 반사광이 적어지고, 이상부(異常部)로부터의 반사광이 많아져 결함 검출의 S/N 비를 향상시킬 수 있다.

회절광으로부터 S 편광의 직선 편광을 제거하는 방법으로는, 조명광과 회절광 사이에 크로스니콜의 조건이 성립하도록 편광판을 배치하는 방법이 있다.

상기 과제를 해결하기 위한 제 5 수단은, 피검사체인 기관의 표면에 형성된 홀 패턴의 결함을 검사하는 방법으로서, 상기 기관을 진동면과 상기 기관의 교선이 상기 홀 패턴과는 다른 층에 형성된 배선 패턴에 평행 또는 수직인 P 편광의 직선 편광으로 조명하고, 상기 기관으로부터의 회절광에 포함되는 P 편광의 직선 편광을 제거한 나머지의 광을 사용하여 상기 기관의 이미지를 촬상하고, 촬상된 화상을 처리하여 상기 기관의 결함을 검출하는 것을 특징으로 하는 결함 검사 방법 (청구항 5) 이다.

본 수단에 있어서는, 기관을 P 편광의 직선 편광의 조명광으로 조명하고 있는 것이 상기 제 4 수단과 다를 뿐으로, 그 원리는 상기 제 4 수단과 동일하다. 따라서, 상기 제 4 수단과 마찬가지로, 검출되는 광에는 배선 패턴의 형상으로부터의 영향을 억제하여, 홀 패턴의 형상만에 관한 신호가 추출되어 결함 검출의 S/N 비를 향상시킬 수 있다.

#### 발명을 실시하기 위한 최선의 형태

이하, 본 발명의 실시 형태의 예를 도면을 사용하여 설명한다. 도 1 은, 본 발명의 실시 형태의 제 1 예인 결함 검사 장치 개요를 나타내는 도면이다. 램프 하우스 (LS) 로부터 사출된 조명광 (L1) 은, 조명 광학계 (1) 를 구성하는 렌즈 (11) 에 의해 거의 평행한 광으로 변환되어, 스테이지 (3) 상에 탑재된 웨이퍼 (2) 를 조명한다. 램프 하우스 (LS) 의 내부에는 도시하지 않은 할로겐 램프나 메탈 할라이드 램프 등의 광원과 파장 선택 필터가 내장되어 있고, 일부 파장의 광만이 조명광 (L1) 으로서 이용된다.

램프 하우스 (LS) 의 사출부 부근에는 편광판 (7) 이 배치되어 있고, 램프 하우스 (LS) 로부터 사출된 조명광 (L1) 을 직선 편광으로 한다. 편광판 (7) 은 조명 광학계 (1) 의 광축을 회전 중심으로 하여 회전 가능하고, 웨이퍼 (2) 를 조명하는 직선 편광의 편광 방향을 임의로 바꿀 수 있다. 또한, 도시하지 않은 기구에 의해 삽입 배출 (挿脱) 가능하다. 스테이지 (3) 에는, 도시하지 않은 틸트 기구가 형성되어 있고, 지면과 수직인 축 (AX) 을 중심으로 스테이지 (3) 를 틸트한다.

조명광 (L1) 에 의해서 조명된 기관인 웨이퍼 (2) 로부터는, 회절광 (L2) 이 발생한다. 반복 패턴의 피치와 조명광 (L1) 의 파장에 의해, 회절광 (L2) 의 회절각은 변화한다. 회절각에 따라 스테이지 (3) 가 적절히 틸트되어 생긴 회절광 (L2) 은, 렌즈 (41), 렌즈 (42) 로 구성된 수광 광학계 (4) 에 유도되어 집광되고, 회절광 (L2) 에 의한 웨이퍼 (2) 의 이미지를 본 발명의 촬상 수단으로서의 촬상 소자 (5) 상에 결상한다. 스테이지 (3) 를 틸트시키는 대신에, 램프 하우스 (LS) 로부터 조명 광학계 (1) 까지의 전체, 또는 수광 광학계 (4) 로부터 촬상 소자 (5) 까지의 전체를, 축 (AX) 을 중심으로 회전시켜도 되고, 이들을 조합하여 각각을 적절히 틸트시켜도 된다.

화상 처리 장치 (6) 는, 촬상 소자 (5) 에 의해 받아들여진 화상을 화상 처리한다. 노광 장치의 디포커스나 형성된 패턴의 막 두께 불균일 등의 이상이 있으면, 정상 부분과 결함 부분의 회절 효율의 차이로부터, 얻어진 화상에 밝기의 차가 생긴다. 이것을 화상 처리에서 결함으로서 검출한다. 또한, 정상인 패턴의 이미지를 화상 처리 장치 (6) 에 기억해 두고, 이것과 측정된 패턴의 차분을 취함으로써 이상을 검출하도록 해도 된다.

회절광 (L2) 은, 웨이퍼 (2) 표면의 레지스트 패턴 (상층 패턴) 에 의해 회절된 것과, 표면의 레지스트 패턴을 통과하여 하지의 패턴 (하층 패턴) 에 도달하여 그 곳에서 회절된 것의 합성이 된다.

여기서 편광판 (7) 은, 조명광 (L1) 이 S 편광으로 웨이퍼 (2) 를 조명하고, 또한 S 편광의 진동면과 웨이퍼 (2) 면의 교선이 웨이퍼 (2) 에 형성된 배선 패턴과 평행 또는 직각이 되도록 광축 주위에 회전 조정되어 있다. 여기에서의 S 편광면이란, 진동면이 지면 (紙面) 에 수직인 직선 편광이다. 또 P 편광면이란, 진동면이 지면에 평행인 직선 편광이다. 일반적으로, 공기로부터 박막에 광이 도달하였을 때의 박막 표면에서의 광의 반사율은, 박막의 굴절률과 입사 각도에 의존하고 P 편광과 S 편광에서 다르다.  $0^\circ < \text{입사각} < 90^\circ$  의 범위에서는, S 편광 쪽이 표면 반사율이 높다.

복수의 패턴층이 존재하는 웨이퍼로 생각할 경우, S 편광 쪽이 표면 반사율이 높은 만큼, 하지에 도달하는 광량이 적어진다. 따라서, 회절광의 광량도 그 영향을 받아 상층의 레지스트 패턴으로 회절한 광량과, 하지의 패턴으로 회절한 광량을 비교한 경우, S 편광 쪽이 상층의 레지스트 패턴으로 회절하는 광량이 많아진다.

이 상태를 도 2 를 사용하여 설명한다. 도 2 는, 비편광, S 편광, P 편광이 각각 표층과 하지로 이루어지는 면에 입사하여 반사되는 상태를 나타내고 있다. 비편광의 경우에 표층에서 반사되는 광량을 a, 표층과 하지의 계면에서 반사되는 광량을 b, S 편광의 경우에 표층에서 반사되는 광량을  $a_s$ , 표층과 하지의 계면에서 반사되는 광량을  $b_s$ , P 편광의 경우에 표층에서 반사되는 광량을  $a_p$ , 표층과 하지의 계면에서 반사되는 광량을  $b_p$  로 하면,

$$a_p < a < a_s$$

$$b_p > b > b_s$$

가 된다. 따라서, S 편광을 사용함으로써, 표층 표면에서 반사되는 광량을 상대적으로 크게 할 수 있어, 하지의 영향을 받지 않고 표면을 검사할 수 있다.

또, 편광판 (7) 은 조명 광학계가 아니라 수광 광학계에 삽입하고, 수광되는 회절광으로부터 S 편광의 성분을 추출하여도, 조명 광학계에 편광판을 삽입하였을 때와 동일한 효과를 얻을 수 있다.

한편, 표층 바로 아래에 반사 방지막이 있어, 하지로부터의 반사광 (회절광) 이 거의 없는 경우나, 표층의 바로 아래가 전체면 패턴이 없는 금속막으로 덮여 있는 경우 등은 S 편광보다도 P 편광을 입사시키는 것이 바람직하고, 편광판 (7) 은, 조명광 (L1) 이 P 편광으로 웨이퍼 (2) 를 조명하도록 광축 주위에 회전 조정된다. 여기서의 P 편광이란, 진동면이 지면에 평행인 직선 편광이다. P 편광은 S 편광보다 표면에서의 반사율이 낮지만, 하지의 패턴의 영향을 거의 받지 않기 때문에 P 편광을 입사하여도 문제없다. 오히려, P 편광은 표층의 내부에 입사되는 광량이 S 편광보다도 많은 만큼, 표층의 패턴의 3 차원적인 구조 전체의 변화를 파악하기 쉬운 이점이 있다.

특히, 홀 패턴의 단면 형상의 검사는, 종래부터 기관을 할단 (割斷) 하여 주사형 전자 현미경으로 단면의 형상을 관찰하는 파괴 검사법이 유일한 수단이었다. 홀 패턴은, 라인 앤드 스페이스 패턴과 달리 패턴 밀도가 작기 때문에, 복수의 홀 패턴 중, 기관의 할단면과 일치하는 약간의 홀 패턴의 단면을 토대로 하여 검사하게 된다. 또한, 웨이퍼의 결정축과 홀 패턴의 형성 방향에 따라서는, 복수의 홀 패턴의 단면 모두가 할단면과 일치하지 않는 경우도 있다. 이와 같이, 홀 패턴의 단면 형상의 관찰은 기관의 할단에 검사자의 기량을 요하고, 곤란한 작업이었다. 본 발명에 의하면, 홀 패턴의 검사를 P 편광으로 행하여 홀 패턴의 3 차원적인 구조 전체의 변화를 파악하기 때문에, 비파괴적이고 또한 용이하게 홀 패턴의 3 차원적인 검사를 행할 수 있다.

또, 편광판 (7) 은 조명 광학계가 아니라 수광 광학계에 삽입하여, 수광되는 회절광으로부터 P 편광의 성분을 추출하여도, 조명 광학계에 편광판을 삽입하였을 때와 동일한 효과를 얻을 수 있다.

도 3 은, 본 발명의 제 2 실시 형태인 결합 검사 장치의 개요를 나타내는 도면이다. 이하의 도면에 있어서, 앞서의 도면에 나타난 구성 요소와 동일한 구성 요소에는, 동일한 부호를 붙여 그 설명을 생략한다. 제 2 실시 형태는, 도 1 에 나타내는 제 1 실시 형태의 수광 광학계 (4) 중에 편광판 (8) 을 추가한 것이다. 편광판 (8) 은 수광 광학계 (4) 의 광축을 회전 중심으로 하여 회전 가능하고, 웨이퍼 (2) 로부터의 회절광 (L2) 중, 임의의 편광 방향의 직선 편광을 추출하는 것이 가능하다. 또, 도시하지 않은 기구에 의해 삽입 배출 가능하다.

발명자들이 확인한 사실에 의하면, 이 제 2 실시 형태인 결합 검사 장치에 있어서, 조명광 (L1) 을 직선 편광 (상기 기술한 바와 같이 기관 표면에서의 반사율이 높은 편광 상태로 하는 것이 바람직함) 으로 하여 웨이퍼 (2) 를 조명하고, 웨이퍼 (2) 로부터의 회절광 (L2) 중, 조명광 (L1) 과 직교하는 방향으로 진동하는 직선 편광을 추출하도록, 각각의 편광판 (7, 8) 을 조정할 상태, 이른바 크로스니콜 상태에서 검사를 행하는 것이 홀 패턴의 검사에 특히 유효하다.

즉, 조명광 (L1) 이 웨이퍼 (2) 에 대하여 P 편광의 경우에는, 웨이퍼 (2) 로부터의 회절광 (L2) 중 S 편광을 검출하고, 조명광 (L1) 이 웨이퍼 (2) 에 대하여 S 편광의 경우에는, 웨이퍼 (2) 로부터의 회절광 (L2) 중 P 편광을 검출하는 것이 바람직하다.

통상, 크로스니콜 상태에서는 화상은 암시야가 되지만, 홀 패턴이 형성된 영역을 화상으로서 촬상할 수 있었다. 이것은 다음과 같이 설명할 수 있다. 직선 편광을 입사하면 시료 표면에서 반사 회절할 때에 편광 상태가 변화하여 타원 편광이 된다 (입사 직선 편광의 진동 방향과 직교하는 방향으로 진동하는 성분이 나타남). 따라서 크로스니콜 상태로 하는 것으로, 편광 상태가 시료 입사 전후에서 변화한 성분만을 추출할 수 있다.

자세히 서술하면, 통상 배선 패턴에 입사한 편광은, 배선 패턴의 직선 방향 (에지 부분) 과 평행인 방향과, 배선 패턴의 직선 방향과 직교하는 방향 (반복 방향) 의 두 개의 성분으로 분해하여 생각하면, 평행인 성분과 직교하는 성분으로, 피치나 듀티비 등의 배선 패턴의 형상에 기인하는 반사율이나 위상의 어긋남 양의 영향이 각각 다르기 때문에, 배선 패턴을 반사한 후의 편광, 즉 반사 후의 배선 패턴에 평행인 성분과 직교하는 성분을 합성한 편광은, 입사한 편광에 대하여 형상이 변화한다. 그래서, 홀 패턴과 다른 층의 배선 패턴에 대하여 에지 부분에 입사하는 편광의 진동면과 웨이퍼면의 교선이 수직 또는 평행이 되도록 기관과 조명 광학계의 상대 위치를 조정하면, 패턴에서 회절된 광의 편광의 진동 방향은 거의 변화하지 않는다. 이 경우, 배선 패턴에 대하여, 에지 부분에 입사하는 편광의 진동 방향이 수직 또는 평행이기 때문에, 진동 성분이 배선 패턴의 직선 방향과 직교하는 방향 또는 평행하는 방향으로 밖에 되지 않고, 패턴으로부터의 영향에 의해서 진동 방향에는 변화를 발생시키지 않기 때문에, 편광 방향 자체는 변화하지 않는다. 이에 대하여, 홀 패턴은 원형의 패턴이기 때문에, 입사하는 직선 편광의 진동 방향과 에지 부분의 방향의 관계가 홀 패턴의 에지의 장소에 의해 각기 다르다 (에지의 방향에 대하여 진동면이 수직이지도 평행이지도 않은 각도로 경사하여 입사함). 그 때문에, 홀 패턴에서 회절된 광 중, 홀 패턴의 부분으로부터의 신호 성분은 저감하지 않은 상태에서 추출할 수 있어, 홀 패턴의 아래에 존재하는 배선 패턴과의 분리가 가능해진다.

크로스니콜의 조합으로는, 조명광으로서 S 편광을 입사하여 웨이퍼로부터의 회절광 중 P 편광의 직선 편광 성분을 추출하는 경우와, 조명광으로서 P 편광을 입사하여 웨이퍼로부터의 회절광 중 S 편광 성분을 추출하는 경우가 있다. 하지로부터의 영향을 가능한 한 적게 하고자 하는 경우에는 전자가 알맞고, 홀 패턴의 3 차원적인 구조 전체의 변화를 효율적으로 파악하고자 하는 경우에는 후자가 알맞으며, 각각의 경우에 따라 편광판 (7, 8) 이 적절히 조정된다.

이 경우에도, 하지의 영향을 작게 할 수 있기 때문에, 홀 패턴의 검사를 P 편광으로 행하여 홀 패턴의 3 차원적인 구조 전체의 변화를 파악함으로써, 비파괴적이고 또한 용이하게 홀 패턴의 3 차원적인 검사를 행할 수 있다.

홀 패턴의 예를 도 4 에 나타낸다. (a) 는 배선 패턴 (21) 을 하층으로 하여 그 위에 형성된 콘택트홀 (22) 의 상태를 나타내는 도면이고, (b) 는 절연층 (25) 을 하층으로 하여 그 위에 형성된 콘택트홀 (22) 의 상태를 나타내는 도면이다. 양방 모두 상측이 평면도, 하측이 A-A 단면도이다. 단, 알기 쉽게 하기 위하여 (a) 에 있어서의 평면도에서는 레지스트 (23) 를 투명한 것으로 하여 나타내고 있다.

(a) 에 있어서, 기관 (24) 위에 배선 패턴 (21) 이 형성되고, 그 위에 콘택트홀 (22) 이 소정의 홀 패턴으로 형성되어 있다. 배선 패턴 (21) 이 형성되어 있지 않은 부분은 레지스트 (23) 로 덮이고, 배선 패턴 위도, 콘택트홀 (22) 이 형성되어 있지 않은 부분은 레지스트 (23) 로 덮여 있다.

(b)에 있어서, 기판 (24) 위에 배선 패턴 (21)이 형성되고, 배선 패턴 (21)이 형성되어 있지 않은 부분 및 배선 패턴 (21)의 상부는 절연층 (25)으로 덮여 있다. 그리고, 절연층 (25)을 관통하고, 소정의 패턴으로 콘택트홀 (22)이 형성되어 있다.

(a)의 구성에 있어서는, 홀 패턴 (22)의 바로 아래에 배선 패턴 (21)이 형성되어 있다. 배선 패턴 (21)의 패턴 밀도는, 홀 패턴 (22)의 패턴 밀도와 비교하여 크다. 또한, 배선 패턴 (21)은 일반적으로 광반사율이 높은 구리나 알루미늄 등의 금속에 의해 형성되어 있는 데 비하여, 레지스트층 (23)은 광을 투과하는 폴리히드록시스티렌 등의 유기 화합물로 형성되어 있다. 따라서, 레지스트층 (23)에 형성된 홀 패턴 (22)으로부터의 회절광의 강도는, 레지스트층 (23)을 투과하여 배선 패턴 (21)에서 회절된 회절광의 강도와 비교하여 작아지고, 홀 패턴 (22)에서 회절된 회절광의 신호는 배선 패턴 (21)에서 회절된 회절광에 과몰려 버린다.

이와 같은 이유에서 홀 패턴 (22)으로부터의 회절광의 신호를 검출하는 것은 불가능하였다.

또한, (b)에 있어서는, 기판 (24) 위에 배선 패턴 (21)이 형성되고, 그 위에 절연층 (25)이 형성되어 있다. 그리고, 절연층 (25) 위에 레지스트층 (23)이 형성되고, 레지스트층 (23)에 소정의 패턴 배치로 콘택트홀 패턴 (22)이 형성되어 있다. 절연층 (25)에는, 일반적으로 투명한  $\text{SiO}_2$ 가 사용되기 때문에, 레지스트층 (23)을 투과한 광은 절연층 (25)에서는 흡수되지 않고, 그 아래에 형성된 배선 패턴에 도달한다. 따라서, 레지스트층 (23)과 절연층 (25)을 투과한 광이 배선층 (21)에 도달하여 배선층 (21)으로부터의 회절광이 발생한다.

이 경우에도, (a)와 마찬가지로 레지스트층 (23)에 형성된 홀 패턴 (22)에서 회절된 회절광의 강도는, 레지스트층 (23)을 투과하여 배선 패턴 (21)으로 회절된 회절광의 강도와 비교하여 작고, 홀 패턴 (22)에서 회절된 회절광의 신호는 배선 패턴 (21)에서 회절된 회절광의 신호에 과몰려 버린다. 따라서, 절연층 (25)을 개재하여 배선 패턴 (21)이 형성되어 있는 경우라도, 홀 패턴 (22)으로부터의 회절광의 신호를 검출하는 것은 불가능하였다.

발명자는, (a)와 같은 구성을 갖는 기판, 즉, 알루미늄 (Al)으로 이루어지는 결함이 없는 반복 패턴을 갖는 배선 패턴의 바로 위에 레지스트층을 막형성한 웨이퍼를 준비하고, 베스트 포커스, 베스트 노광량의 노광 조건을 중심으로 하여 포커스량, 노광량을 변화시키면서 홀 패턴을 노광하였다.

현상 후의 레지스트 패턴은, 베스트 포커스, 베스트 노광량의 노광 조건으로 노광한 패턴은, 설계치와 같은 직경으로서 단면이 직사각형인 홀 패턴이 형성되어 있는데, 이 포커스 및 노광 조건으로부터 멀어짐에 따라서, 홀 패턴의 직경은 설계치로부터 어긋남을 발생시킴과 함께, 패턴 단면의 직사각형의 형태도 저하된다.

이렇게 하여 제작한 웨이퍼 상의 여러 종류의 홀 패턴을 도 7에 나타내는 종래의 검사 장치를 사용하여 촬상하였다.

도 5(b)에, 촬상한 화상의 모식도를 나타낸다. 여기서는, 1장의 웨이퍼 상에 노광 조건이 다른 9개의 홀 패턴이 형성되어 있고, 그 각각의 촬상의 밝기를 나타내고 있다. 도면에서는, 중심의 홀 패턴이 베스트 포커스, 베스트 노광량으로 노광한 것이고, 우측의 패턴은 포커스가 광축 방향 플러스로 어긋난 것, 좌측의 패턴은 포커스가 광축 방향 마이너스로 어긋난 것을 나타내고 있다. 또한, 하측의 패턴은 노광량이 플러스측으로 어긋난 것, 상측의 패턴은 노광량이 마이너스로 어긋난 것을 나타내고 있다.

도면에 나타내는 바와 같이, 이 상태에서는 하지의 반복 패턴으로부터의 회절광의 영향으로, 홀 패턴의 변화가 쇼트 영역마다의 밝기 차이로써 파악되지 않았다. 따라서, 어느 홀 패턴의 밝기도 동일하게 촬상되어 있다.

동일한 웨이퍼를 도 3에 나타내는 바와 같은 검사 장치를 사용하여, 홀 패턴의 하지로부터의 회절광에 대하여 크로스니콜 조건이 성립하는 상태에서 측정하였다. 도 5(a)는 촬상한 화상의 모식도이다. 하지의 반복 패턴으로부터의 회절광이 제거되어 있고, 노광 장치의 포커스량이나 노광량의 변화가 도면과 같이 각 홀 패턴 영역마다의 밝기 차이로써 파악되었다.

포커스량이나 노광량의 변화에 따라 홀 직경은 변화하지만, 이것이 회절 효율의 차이로 되어 화상의 밝기 차가 된 것이다. 밝기의 차이는 화상 처리로 충분히 인식할 수 있는 것으로, 노광 장치의 디포커스나 노광량의 트러블에 의한 홀 패턴의 불량을 판별할 수 있게 된다.

도 6 은, 본 발명의 제 3 실시 형태인 결함 검사 장치의 개요를 나타내는 도면이다. 이 실시 형태는, 제 2 실시 형태의 수광 광학계 (4) 에 있어서의 편광판 (8) 과 웨이퍼 (2) 사이에, 1/4 파장판 (9) 을 배치한 것만이 제 2 실시 형태와 다르다. 1/4 파장판 (9) 은 수광 광학계 (4) 의 광축을 회전 중심으로 하여 회전 가능하다. 또한, 도시하지 않은 기구에 의해 삽입 발출 가능하다. 1/4 파장판은, 주지와 같이, 회전 방향에 따라 입사한 광의 편광 상태를 직선 편광이나 타원 편광, 원 편광으로 변환하는 기능을 갖는다.

상기 기술한 바와 같이, 회절광 (L2) 은 상층의 패턴에서 회절한 회절광과 하지의 패턴에서 회절한 회절광의 합성으로서, 편광 상태는 각각 다르다. 그래서, 1/4 파장판 (9) 을 하지로부터의 회절광이 직선 편광이 되도록 회전 조정하고, 또한 편광판 (8) 을, 변환된 직선 편광의 진동 방향과 직교하는 방향으로 진동하는 광을 취출하도록, 즉 크로스니콜 상태가 되도록 회전 조정한다. 이에 의해 하지로부터의 회절광이 제거된다. 여기에서, 상층으로부터의 회절광은 1/4 파장판 (9) 을 통과한 후에는 편광 상태가 변화하지만, 직선 편광이 아니기 때문에 편광판 (8) 을 통과할 수 있다. 이렇게 하여, 회절광 (L2) 이 편광판 (8) 을 통과한 후에는, 하지로부터의 회절광이 제거되고, 상층으로부터의 회절광만으로 되어 있기 때문에, 하지의 영향을 받지 않고, S/N 이 양호한 상태에서 검사를 행할 수 있다.

또, 1/4 파장판은 수광 광학계 (4) 가 아니라, 조명 광학계 (1) 의 편광판 (7) 과 웨이퍼 (2) 사이에 삽입하여 적절히 회전함으로써, 웨이퍼 (2) 에서 회절한 회절광 중, 하지로부터의 회절광을 직선 편광으로 할 수도 있다. 따라서, 수광 광학계에 1/4 파장판을 삽입하였을 때와 동일한 효과를 얻을 수 있다.

### 발명의 효과

이상, 설명한 바와 같이 본 발명에 의하면, 최상층의 패턴의 검사를 높은 S/N 비로 행할 수 있는 결함 검사 장치, 결함 검사 방법, 또한 홀 패턴의 검사 방법을 제공할 수 있다.

### (57) 청구의 범위

#### 청구항 1.

피검사체인 기관의 결함을 검사하는 장치로서,

상기 기관을 P 편광의 직선 편광의 조명광으로 조명하는 조명 광학계;

상기 기관으로부터의 회절광에 의한 상기 기관의 이미지를 촬상하는 촬상 장치; 및

촬상된 화상을 처리하여 상기 기관의 결함을 검출하는 처리 장치를 갖는 것을 특징으로 하는 결함 검사 장치.

#### 청구항 2.

피검사체인 기관의 결함을 검사하는 장치로서,

상기 기관을 조명광으로 조명하는 조명 광학계;

상기 기관으로부터의 P 편광의 회절광을 수광하는 수광 광학계;

상기 기관으로부터의 회절광에 의한 상기 기관의 이미지를 촬상하는 촬상 장치; 및

촬상된 화상을 처리하여 상기 기관의 결함을 검출하는 처리 장치를 갖는 것을 특징으로 하는 결함 검사 장치.

#### 청구항 3.



피검사체인 기관의 결함을 검사하는 장치로서,

상기 기관을 P 편광의 직선 편광의 조명광으로 조명하는 조명 광학계;

상기 기관으로부터의 S 편광의 회절광을 수광하는 수광 광학계;

상기 기관으로부터의 회절광에 의한 상기 기관의 이미지를 촬상하는 촬상 장치; 및

촬상된 화상을 처리하여 상기 기관의 결함을 검출하는 처리 장치를 갖는 것을 특징으로 하는 결함 검사 장치.

#### 청구항 4.

제 1 항에 있어서,

상기 기관의 표면에 형성된 홀 패턴의 결함을 검출하는 것을 특징으로 하는 결함 검사 장치.

#### 청구항 5.

제 3 항에 있어서,

상기 기관의 표면에 형성된 홀 패턴의 결함을 검출하는 것을 특징으로 하는 결함 검사 장치.

#### 청구항 6.

피검사체인 기관의 표면 결함을 검사하는 방법으로서,

상기 기관을 P 편광의 직선 편광의 조명광으로 조명하고, 상기 기관으로부터의 회절광에 의한 상기 기관의 이미지를 촬상하고, 촬상된 화상을 처리하여 상기 기관의 결함을 검출하는 것을 특징으로 하는 결함 검사 방법.

#### 청구항 7.

피검사체인 기관의 표면 결함을 검사하는 방법으로서,

상기 기관을 조명광으로 조명하고, 상기 기관으로부터의 회절광에 포함되는 P 편광의 직선 편광에 의한 상기 기관의 이미지를 촬상하고, 촬상된 화상을 처리하여 상기 기관의 결함을 검출하는 것을 특징으로 하는 결함 검사 방법.

#### 청구항 8.

제 1 항 또는 제 2 항에 기재된 결함 검사 방법을 사용하여, 기관의 표면에 형성된 홀 패턴의 결함을 검출하는 것을 특징으로 하는 홀 패턴의 검사 방법.

#### 청구항 9.

피검사체인 기관의 표면에 형성된 패턴의 결함을 검사하는 방법으로서,

상기 기관을, 진동면과 상기 기관의 교선이 상기 홀 패턴과는 다른 층에 형성된 배선 패턴에 평행 또는 수직인 S 편광의 직선 편광으로 조명하고, 상기 기관으로부터의 회절광에 포함되는 S 편광의 직선 편광을 제거한 나머지의 광을 사용하여 상기 기관의 이미지를 촬상하고, 촬상된 화상을 처리하여 상기 기관의 결함을 검출하는 것을 특징으로 하는 결함 검사 방법.

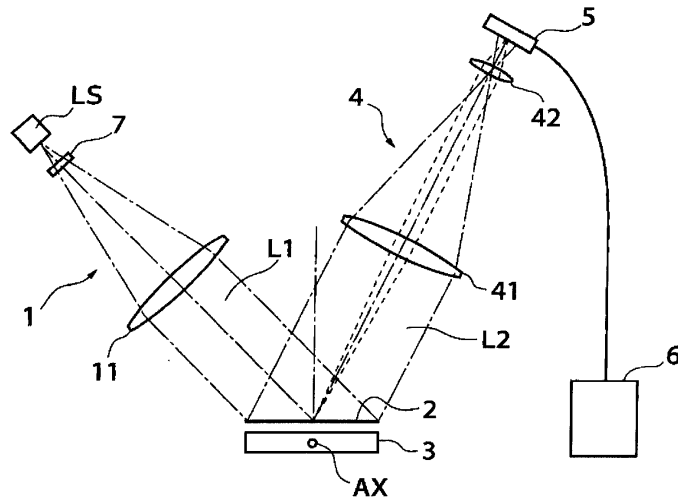
## 청구항 10.

피검사체인 기관의 표면에 형성된 홀 패턴의 결함을 검사하는 방법으로서,

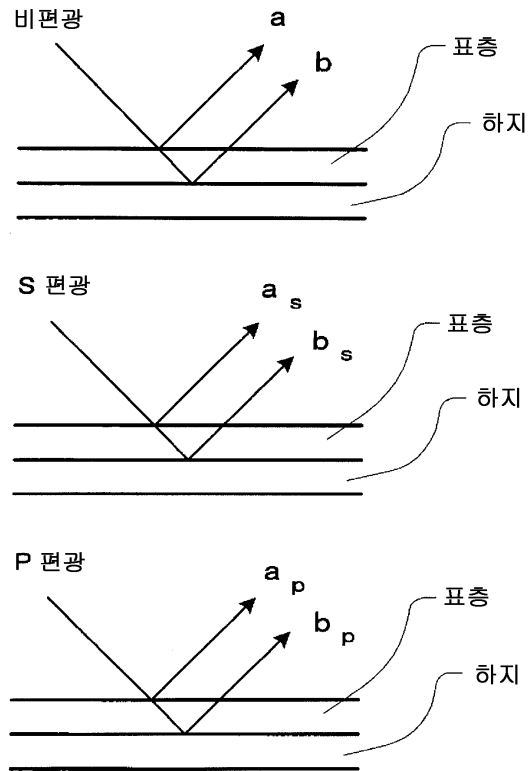
상기 기관을, 진동면과 상기 기관의 교선이 상기 홀 패턴과는 다른 층에 형성된 배선 패턴에 평행 또는 수직인 P 편광의 직선 편광으로 조명하고, 상기 기관으로부터의 회절광에 포함되는 P 편광의 직선 편광을 제거한 나머지의 광을 사용하여 상기 기관의 이미지를 촬상하고, 촬상된 화상을 처리하여 상기 기관의 결함을 검출하는 것을 특징으로 하는 결함 검사 방법.

도면

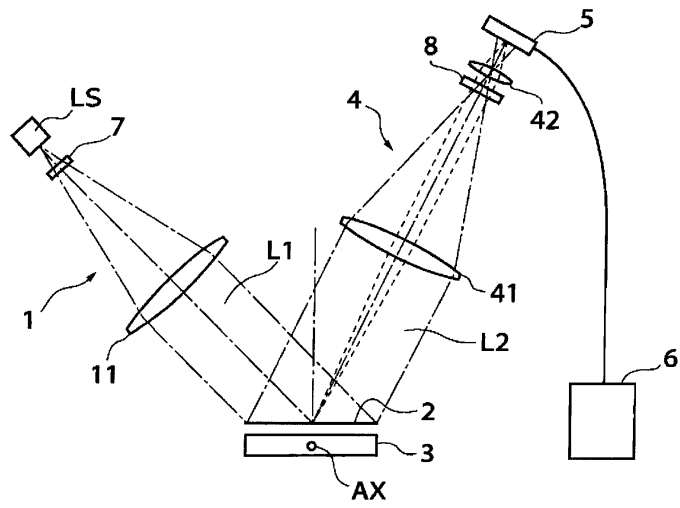
도면1



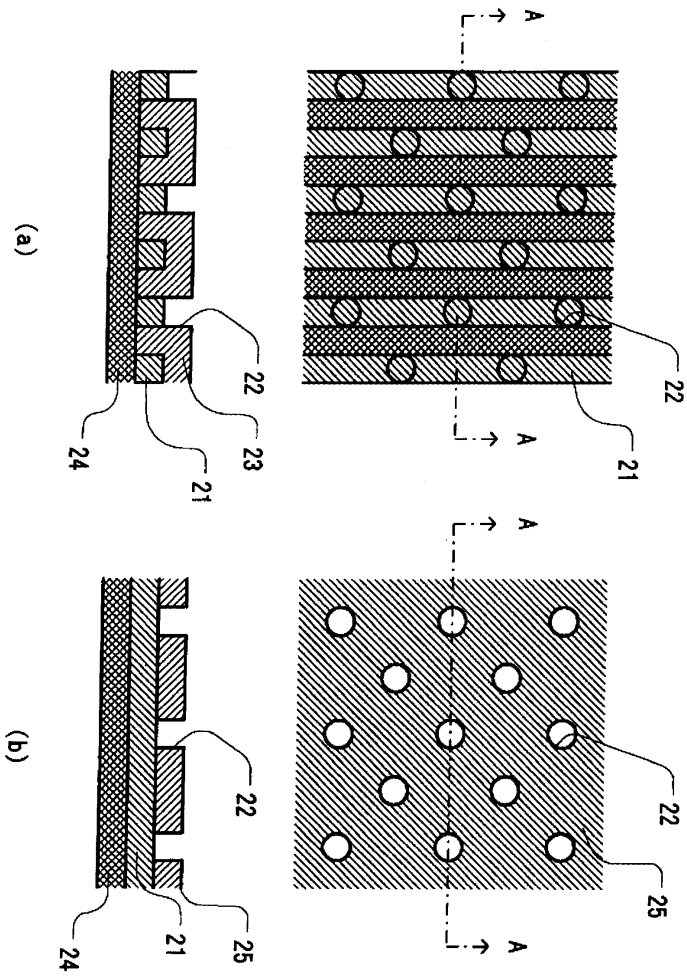
도면2



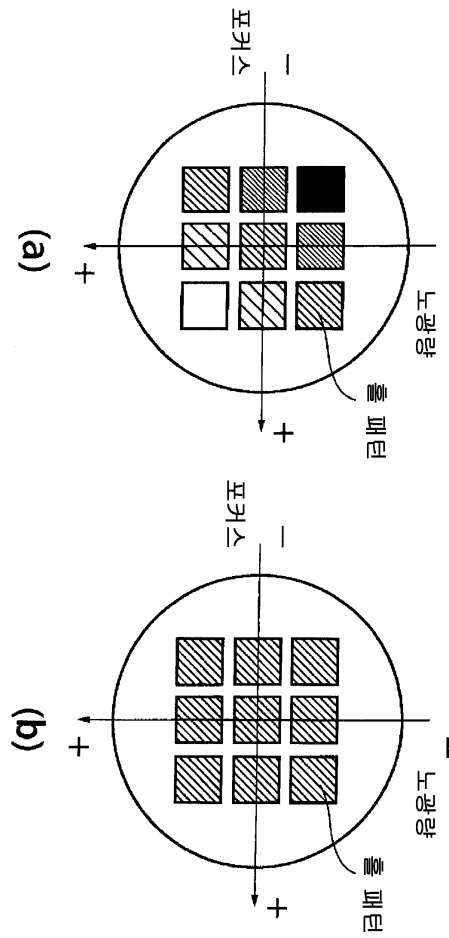
도면3



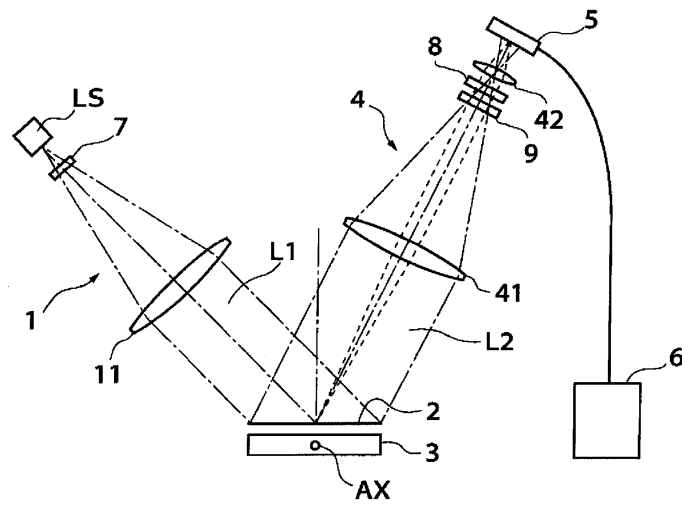
도면4



도면5



도면6



도면7

