

(19) 대한민국특허청(KR) (12) 공개특허공보(A)

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)

GO2B 7/28 (2006.01) GO1B 9/04 (2006.01) GOIN 21/956 (2006.01)

(21) 출원번호

10-2011-0094318

(22) 출원일자

2011년09월19일

심사청구일자 없음 (11) 공개번호 (43) 공개일자 10-2013-0030686

2013년03월27일

(71) 출원인

삼성전자주식회사

경기도 수원시 영통구 삼성로 129 (매탄동)

(72) 발명자

김광수

경기도 수원시 영통구 봉영로1744번길 16, 황골 241동 501호 (영통동, 쌍용아파트)

최창훈

경기도 수원시 영통구 매탄동 두산위브하늘채 121-1503호

(뒷면에 계속)

(74) 대리인

특허법인세림

전체 청구항 수 : 총 10 항

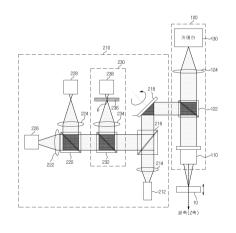
(54) 발명의 명칭 광학 현미경의 자동 초점 조절 장치

(57) 요 약

레이저 스캐닝 방식을 이용한 광학 현미경의 초점 조절 장치에 공초점 방식의 수광부를 추가함으로써, 얇은 두께 를 가지는 투명한 재질의 시료를 계측 및 검사하는 경우에도 시료나 대물 렌즈를 정확한 초점 위치로 이동시킬 수 있는 광학 현미경의 자동 초점 조절 장치를 제안한다.

특정 파장의 광을 출사하는 발광부; 출사된 광이 시료의 표면의 복수의 지점에 입사되도록 하기 위한 회전 가능 한 웨지 미러(Wedge Mirror); 시료의 표면에서 반사되는 광의 광량을 검출하는 제 1 수광부 및 제 2 수광부; 시 료의 표면에서 반사되는 광에서 초점이 맞지 않는 광은 제거하고 초점과 일치하는 광의 광량을 검출하는 공간 필 터부; 및 제 1 수광부, 제 2 수광부 및 공간 필터부를 통해 검출된 광량 정보를 이용하여 광학 현미경의 초점 조 절을 수행하기 위한 제어 신호를 생성하는 제어부를 포함함으로써, 얇은 두께를 가지는 투명한 재질의 시료를 계 측 및 검사하는 경우에도 시료나 대물 렌즈를 정확한 초점 위치로 이동시킬 수 있고, 공초점 방식의 수광부만을 채용한 경우에 비해 초점 조절에 소요되는 시간을 단축시킬 수 있다.

대 표 도 - 도7



(72) 발명자

서인호

대전광역시 유성구 하기동 송림마을아파트 107동 904호

이현재

경기도 수원시 영통구 산남로29번길 32, 201호 (매 탄동)

안명기

경기도 용인시 기흥구 흥덕2로65번길 11-11, 102호 (영덕동)

전병환

경기 용인시 수지구 동천동 동문3차아파트 303동 701호

이성진

경기도 성남시 분당구 분당로 190, 라이프아파트 106동1602호 (분당동, 샛별마을)

특허청구의 범위

청구항 1

특정 파장의 광을 출사하는 발광부;

상기 출사된 광이 시료의 표면의 복수의 지점에 입사되도록 하기 위한 회전 가능한 웨지 미러(Wedge Mirror);

상기 시료의 표면에서 반사되는 레이저 광의 광량을 검출하는 제 1 수광부 및 제 2 수광부;

상기 시료의 표면에서 반사되는 광에서 초점이 맞지 않는 광은 제거하고 상기 초점과 일치하는 광의 광량을 검출하는 공간 필터부; 및

상기 제 1 수광부, 상기 제 2 수광부 및 상기 공간 필터부를 통해 검출된 광량 정보를 이용하여 광학 현미경의 초점 조절을 수행하기 위한 제어 신호를 생성하는 제어부를 포함하는 광학 현미경의 초점 조절 장치.

청구항 2

제 1 항에 있어서, 상기 공간 필터부는:

상기 시료의 표면에서 반사되는 광의 일부분은 통과시키고, 상기 시료의 표면에서 반사되는 광의 일부분은 반사 시키는 광 분할기;

핀 홀(pin hole)이 형성되어 있는 핀 홀 부재;

상기 광 분할기와 상기 핀 홀 부재 사이에 배치되어 상기 광 분할기에서 반사된 광을 상기 핀 홀에 집광시켜 상기 초점과 일치하는 레이저 광을 분리하는 집광렌즈; 및

상기 핀 홀을 통해 입사되는 광의 광량을 검출하는 제 3 수광부를 포함하는 광학 현미경의 초점 조절 장치.

청구항 3

제 1 항에 있어서,

상기 발광부는 레이저 다이오드인 광학 현미경의 초점 조절 장치.

청구항 4

제 1 항에 있어서,

상기 발광부로부터 출사되는 광을 평행광으로 변환하는 콜리메이팅 렌즈를 더 포함하는 광학 현미경의 초점 조절 장치.

청구항 5

제 4 항에 있어서,

상기 웨지 미러(Wedge Mirror)와 상기 콜리메이팅 렌즈 사이에 배치되어 상기 콜리메이팅 렌즈를 통과하여 입사하는 광 및 상기 웨지 미러에서 반사되어 입사하는 광의 일부분은 통과시키고, 상기 콜리메이팅 렌즈를 통과하여 입사하는 광 및 상기 웨지 미러에서 반사되어 입사하는 광의 일부분은 반사시키는 하프 미러를 더 포함하는 광학 현미경의 초점 조절 장치.

청구항 6

제 2 항에 있어서,

상기 제 1 수광부, 상기 제 2 수광부 및 상기 제 3 수광부는 포토 다이오드인 광학 현미경의 초점 조절 장치.

청구항 7

제 2 항에 있어서,

상기 제어부는 상기 시료 또는 상기 광학 현미경의 대물렌즈 또는 상기 광학 현미경 전체를 광축 방향으로 이동

시킴으로써 상기 광학 현미경의 초점 조절을 수행하는 광학 현미경의 초점 조절 장치.

청구항 8

제 7 항에 있어서,

상기 제어부로부터 상기 제어 신호를 수신하고, 상기 제어 신호에 따라 상기 시료 또는 상기 대물렌즈 또는 상기 광학 현미경 전체를 상기 광축 방향으로 이동시키기 위해 상기 시료 또는 상기 대물렌즈 또는 상기 광학 현미경의 전체 몸체에 연결 설치되는 액추에이터의 구동을 제어하는 액추에이터 구동부를 더 포함하는 광학 현미경의 초점 조절 장치.

청구항 9

제 7 항에 있어서,

상기 제어부는 상기 제 1 수광부 및 상기 제 2 수광부를 통해 검출된 광량 정보 및 아래의 [수학식 1]을 이용하여 포커스 에러값을 산출하고, 상기 산출된 포커스 에러값의 크기에 따라 상기 시료 또는 상기 대물렌즈가 상기 초점을 찾아 이동하는 방향을 판단하는 광학 현미경의 초점 조절 장치.

[수학식 1]

포커스 에러(FE)=(PD2-PD1)/(PD2+PD1)

여기서, PD1은 제 1 수광부의 검출 광량 정보이고, PD2는 제 2 수광부의 검출 광량 정보임.

청구항 10

제 9 항에 있어서,

상기 제어부는 상기 판단된 상기 시료 또는 상기 대물렌즈 또는 상기 광학 현미경 전체가 상기 초점을 찾아 이동하는 방향에 따라 상기 시료 또는 상기 대물렌즈 또는 상기 광학 현미경 전체를 이동시키면서 상기 제 3 수광부로부터 상기 광량 정보를 획득하고, 상기 획득된 광량 정보의 최고점에 상응하는 상기 광축의 위치에서 상기 시료 또는 상기 대물렌즈 또는 상기 광학 현미경 전체의 이동을 정지시킴으로써 상기 광학 현미경의 초점 조절을 수행하는 광학 현미경의 초점 조절 장치.

명 세 서

기술분야

[0001] 레이저 스캐닝(Laser Scanning) 방식을 이용하여 광학 현미경의 초점을 자동으로 조절하는 광학 현미경의 자동 초점 조절 장치에 관한 것이다.

배경기술

- [0002] 반도체 장치는 실리콘과 같은 반도체 물질로 이루어지는 웨이퍼 표면에 증착, 사진, 식각, 세정, 검사 등과 같은 단위 공정을 반복적으로 수행함으로써 제조된다. 최근에 반도체 장치들은 고집적화되면서도 고성능을 가질 것이 요구되고 있다. 이를 위해서는 미세한 회로 선폭을 가지면서도 충분한 성능을 갖고 제조 수율을 유지할 수 있도록 하는 각각의 반도체 단위 공정 기술들이 개발되어야 한다.
- [0003] 반도체 장치의 제조 수율을 저하시키는 요인 중의 하나는 웨이퍼 상에 발생되는 결함이다. 여기서, 결함은 웨이퍼 상의 박막에 형성되는 스크래치, 파티클, 박막의 미제거 또는 과도 제거 부분 및 웨이퍼 기판 표면의 피팅 등을 예로 들 수 있다. 특히, 반도체 장치들이 고도로 집적화됨에 따라 종래에는 반도체 장치의 동작이나 기능에 별다른 영향을 주지 않았던 미세한 결함까지도 반도체 장치에 심각한 불량을 야기시키고 있다. 때문에, 반도체 제조 공정 시에 결함이 발생하는 것을 감소시켜야 할 뿐 아니라, 각 단위 공정을 수행한 후 진행되는 검사 공정에서 웨이퍼에 발생된 결함을 신속하고 정확하게 계측 및 검사할 것이 요구되고 있다.
- [0004] 이러한 반도체 장치나 평판 디스플레이(Flat Panel Display; FPD)의 제조 공정에서 발생하는 결함을 검출하기 위해 광학 현미경 등을 통해 획득된 영상 정보를 이용하게 된다. 결함 검출의 정확도를 향상시키기 위해서는 고배율, 고해상도의 광학 이미지를 얻는 것이 요구되며, 이 때, 정확한 초점의 위치를 검출하여 기판(웨이퍼, LCD패널) 등의 패턴에 대한 선명한 광학 이미지를 획득하는 것이 중요하다. 또한 최근에는 고속 검사를 위해 빠른

응답 속도도 요구되고 있는 실정이다.

발명의 내용

해결하려는 과제

- [0005] 회전 가능한 웨지 미러를 채용하여 검사 대상 시료 상의 전 영역에 대해 레이저 광을 스캐닝함으로써, 시료나 대물 렌즈를 정확한 초점 위치로 이동시킬 수 있는 광학 현미경의 자동 초점 조절 장치를 제안하고자 한다.
- [0006] 또한 레이저 스캐닝 방식을 이용한 광학 현미경의 초점 조절 장치에 공초점 방식의 수광부를 추가함으로써, 얇은 두께를 가지는 투명한 재질의 시료(예: LCD 패널)를 계측 및 검사하는 경우에도 시료나 대물 렌즈를 정확한 초점 위치로 이동시킬 수 있는 광학 현미경의 자동 초점 조절 장치를 제안하고자 한다.
- [0007] 또한 레이저 스캐닝 방식을 이용한 광학 현미경의 초점 조절 장치에 공초점 방식의 수광부를 추가함으로써, 공 초점 방식의 수광부만을 채용한 경우에 비해 초점 조절에 소요되는 시간을 단축(초점 조절 속도를 향상)시킬 수 있는 광학 현미경의 자동 초점 조절 장치를 제안하고자 한다.

과제의 해결 수단

- [0008] 이를 위해 본 발명의 일 측면은 특정 파장의 광을 출사하는 발광부;출사된 광이 시료의 표면의 복수의 지점에 입사되도록 하기 위한 회전 가능한 웨지 미러(Wedge Mirror); 시료의 표면에서 반사되는 레이저 광의 광량을 검출하는 제 1 수광부 및 제 2 수광부; 시료의 표면에서 반사되는 광에서 초점이 맞지 않는 광은 제거하고 초점과 일치하는 광의 광량을 검출하는 공간 필터부; 및 제 1 수광부, 제 2 수광부 및 공간 필터부를 통해 검출된 광량 정보를 이용하여 광학 현미경의 초점 조절을 수행하기 위한 제어 신호를 생성하는 제어부를 포함한다.
- [0009] 또한 공간 필터부는: 시료의 표면에서 반사되는 광의 일부분은 통과시키고, 시료의 표면에서 반사되는 광의 일부분은 반사시키는 광 분할기; 핀 홀(pin hole)이 형성되어 있는 핀 홀 부재; 광 분할기와 핀 홀 부재 사이에 배치되어 광 분할기에서 반사된 광을 핀 홀에 집광시켜 초점과 일치하는 레이저 광을 분리하는 집광렌즈; 및 핀홀을 통해 입사되는 광의 광량을 검출하는 제 3 수광부를 포함한다.
- [0010] 또한 발광부는 레이저 다이오드이다.
- [0011] 또한 발광부로부터 출사되는 광을 평행광으로 변환하는 콜리메이팅 렌즈를 더 포함한다.
- [0012] 또한 웨지 미러(Wedge Mirror)와 콜리메이팅 렌즈 사이에 배치되어 콜리메이팅 렌즈를 통과하여 입사하는 광 및 웨지 미러에서 반사되어 입사하는 광의 일부분은 통과시키고, 콜리메이팅 렌즈를 통과하여 입사하는 광 및 웨지 미러에서 반사되어 입사하는 광의 일부분은 반사시키는 하프 미러를 더 포함한다.
- [0013] 또한 제 1 수광부, 제 2 수광부 및 제 3 수광부는 포토 다이오드이다.
- [0014] 또한 제어부는 시료 또는 광학 현미경의 대물렌즈 또는 광학 현미경 전체를 광축 방향으로 이동시킴으로써 광학 현미경의 초점 조절을 수행한다.
- [0015] 또한 제어부로부터 제어 신호를 수신하고, 제어 신호에 따라 시료 또는 대물렌즈 또는 광학 현미경 전체를 광축 방향으로 이동시키기 위해 시료 또는 대물렌즈 또는 광학 현미경의 전체 몸체에 연결 설치되는 액추에이터의 구동을 제어하는 액추에이터 구동부를 더 포함한다.
- [0016] 또한 제어부는 제 1 수광부 및 제 2 수광부를 통해 검출된 광량 정보 및 아래의 [수학식 1]을 이용하여 포커스 에러값을 산출하고, 산출된 포커스 에러값의 크기에 따라 시료 또는 대물렌즈가 초점을 찾아 이동하는 방향을 판단한다.
- [0017] [수학식 1]
- [0018] 포커스 에러(FE)=(PD2-PD1)/(PD2+PD1)
- [0019] 여기서, PD1은 제 1 수광부의 검출 광량 정보이고, PD2는 제 2 수광부의 검출 광량 정보임.
- [0020] 또한 제어부는 판단된 시료 또는 대물렌즈 또는 광학 현미경 전체가 초점을 찾아 이동하는 방향에 따라 시료 또는 대물렌즈 또는 광학 현미경 전체를 이동시키면서 제 3 수광부로부터 광량 정보를 획득하고, 획득된 광량 정보의 최고점에 상응하는 광축의 위치에서 시료 또는 대물렌즈 또는 광학 현미경 전체의 이동을 정지시킴으로써

광학 현미경의 초점 조절을 수행한다.

발명의 효과

- [0021] 제안된 광학 현미경의 자동 초점 조절 장치에 의하면, 회전 가능한 웨지 미러를 채용하여 검사 대상 시료 상의 전 영역에 대해 레이저 광을 스캐닝함으로써, 시료나 대물 렌즈를 정확한 초점 위치로 이동시킬 수 있다.
- [0022] 또한 제안된 광학 현미경의 자동 초점 조절 장치에 의하면, 레이저 스캐닝 방식을 이용한 광학 현미경의 초점 조절 장치에 공초점 방식의 수광부를 추가함으로써, 얇은 두께를 가지는 투명한 재질의 시료(예: LCD 패널)를 계측 및 검사하는 경우에도 시료나 대물 렌즈를 정확한 초점 위치로 이동시킬 수 있다.
- [0023] 또한 제안된 광학 현미경의 자동 초점 조절 장치에 의하면, 레이저 스캐닝 방식을 이용한 광학 현미경의 초점 조절 장치에 공초점 방식의 수광부를 추가함으로써, 공초점 방식의 수광부만을 채용한 경우에 비해 초점 조절에 소요되는 시간을 단축(초점 조절 속도를 향상)시킬 수 있다.

도면의 간단한 설명

- [0024] 도 1은 레이저 스캐닝 방식을 이용한 광학 현미경의 자동 초점 조절 장치 내 초점 검출부의 광학계 구성도이다.
 - 도 2는 불투명한 재질의 시료를 계측 및 검사하는 경우 초점 검출부 내 수광부의 등가 모델 및 초점 위치를 나타낸 도면이다.

도 3은 초점 검출부 내 수광부에 의해 검출된 광량 검출 신호를 이용한 포커스 에러와 초점 위치와의 관계를 설명하기 위한 그래프이다.

도 4는 초점 검출부 내 수광부에 의해 검출된 광량 검출 신호를 이용하여 초점 정합 여부를 판단하는 방식을 설명하기 위한 그래프이다.

도 5는 투명한 재질의 시료를 계측 및 검사하는 경우 초점 검출부 내 수광부의 등가 모델 및 초점 위치를 나타 낸 도면이다.

도 6은 투명한 재질의 시료를 계측 및 검사하는 경우 초점 검출부 내 수광부에 의해 검출된 광량 검출 신호를 이용한 포커스 에러와 초점 위치와의 관계를 설명하기 위한 그래프이다.

도 7은 본 발명의 실시예에 따른 광학 현미경의 자동 초점 조절 장치 내 초점 검출부의 광학계 구성도이다.

도 8은 투명한 재질의 시료를 계측 및 검사하는 경우 공초점 방식의 수광부를 통해 획득되는 광량 검출 신호의 파형을 나타낸 그래프이다.

도 9는 본 발명의 실시예에 따른 광학 현미경의 자동 초점 조절 장치를 이용하여 초점을 조절하는 방식을 설명하기 위한 그래프이다.

도 10은 본 발명의 실시예에 따른 광학 현미경의 자동 초점 조절 장치의 제어 블록도이다.

도 11은 본 발명의 실시예에 따른 광학 현미경의 자동 초점 조절 장치를 이용한 초점 조절 방법을 도시한 흐름 도이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0025] 이하에서는 첨부된 도면을 참조하여 본 발명의 실시예를 상세하게 설명하도록 한다.
- [0026] 도 1은 레이저 스캐닝 방식을 이용한 광학 현미경의 자동 초점 조절 장치 내 초점 검출부의 광학계 구성도이다.
- [0027] 좀 더 자세하게, 도 1에는 광학 현미경(100)의 광학계 구성 및 레이저 스캐닝 방식을 이용한 광학 현미경의 초점 조절 장치 내 초점 검출부(210)의 광학계 구성이 도시되어 있다.
- [0028] 도 1에 도시된 바와 같이, 광학 현미경(100)은 일반적으로 대물렌즈(110), 광 분할기(122), 집광렌즈(124), 카메라(130) 및 조명부를 포함한다. 여기서는 초점 검출부(210)의 구성에 대해 보다 중점적으로 설명하기 위해 광학 현미경(100)의 조명부의 구성은 도 1에 도시하지 않았다.
- [0029] 대물렌즈(110)는 시료(10)에서 반사되는 광을 받아들이는 장치이다. 대물렌즈(110)와 집광렌즈(124)의 초점 거리비에 의해 배율이 결정되며, 대물렌즈(110)의 종류에 따라, 시료(10)로부터 받아들일 수 있는 광의 최대 각도

와 광량이 결정된다.

- [0030] 광 분할기(122)는 초점 검출부(210)로부터 입사되는 광을 시료(10)로 보낸다.
- [0031] 집광렌즈(124)는 대물렌즈(110)를 통과한 광을 카메라(130)의 센서부(미도시)로 모아주는 역할을 수행하며, 집 광렌즈(124)에 의해 시료(10)의 상(像)이 카메라(130)의 센서부에 맺히게 된다.
- [0032] 카메라(130)는 집광렌즈(124)에 의해 맺힌 시료(10)의 영상 정보를 전기적인 신호로 변환시켜 영상 출력 장치를 통해 볼 수 있도록 해 준다. 카메라(130)로는 CCD 센서, CMOS 센서 등이 이용될 수 있다.
- [0033] 도 1에 도시된 바와 같이, 레이저 스캐닝 방식을 이용한 광학 현미경의 초점 조절 장치 내 초점 검출부(210)는 발광부(212), 콜리메이팅 렌즈(214), 하프 미러(216), 웨지 미러(218), 광 분할기(220), 제 1 집광렌즈(222), 제 2 집광렌즈(224), 제 1 수광부(226) 및 제 2 수광부(228)를 포함한다.
- [0034] 발광부(212)는 특정 파장의 광을 출사하기 위한 구성부로, 발광부(212)로는 레이저 다이오드(Laser Diode; LD) 가 이용될 수 있으며, 레이저 다이오드 이외에도 단색광을 출사할 수 있는 장치라면 어떠한 장치라도 사용 가능함은 물론이다.
- [0035] 콜리메이팅 렌즈(214)는 발광부(212)로부터 입사되는 광을 평행광으로 변환한다.
- [0036] 하프 미러(216)는 콜리메이팅 렌즈(214)를 통과하여 입사하는 광 및 웨지 미러(218)에서 반사되어 입사하는 광 의 일부분은 통과시키고 일부분은 반사시킨다.
- [0037] 웨지 미러(218)는 발광부(212)로부터 출사된 레이저 광을 반사시켜 광학 현미경(100)에 입사시키고, 광학 현미경(100)의 광 분할기(122)에서 반사된 광을 다시 반사시켜 하프 미러(216)에 입사되도록 한다.
- [0038] 광 분할기(220)는 웨지 미러(218) 및 하프 미러(216)에서 반사되어 입사하는 광의 일부분은 통과시켜 제 1 수광부(226)에 입사되도록 하고, 웨지 미러(218) 및 하프 미러(216)에서 반사되어 입사하는 광의 일부분은 반사시켜 제 2 수광부(228)에 입사되도록 한다.
- [0039] 제 1 집광렌즈(222)는 광 분할기(220)를 통과한 광을 제 1 수광부(226)의 한 점에 집중시키고, 제 2 집광렌즈 (224)는 광 분할기(220)에서 반사된 광을 제 2 수광부(228)의 한 점에 집중시킨다.
- [0040] 제 1 수광부(226) 및 제 2 수광부(228)는 발광부(212)로부터 출사된 레이저 광이 시료(10)에 도달하였다가 다시 반사되어 돌아오는 광의 광량을 검출한다. 제 1 및 제 2 수광부(226, 228)로는 포토 다이오드(Photo Diode; PD)가 이용될 수 있으며, 포토 다이오드 이외에도 APD(Avalanche Photo Diode), PMT(Photo Multiplier Tube) 등 광을 수신하여 수신된 광의 광량을 검출할 수 있는 장치라면 어떠한 장치라도 사용 가능함은 물론이다.
- [0041] 본 명세서에서는 초점이 정확하게 맞춰진 경우를 '초점 정합'이라 정의하고, 초점이 정확하게 맞춰지지 않은 경우를 '초점 부정합'이라고 정의하기로 한다. 레이저 스캐닝 방식을 이용한 광학 현미경의 초점 조절 장치를 이용하여 광학 현미경의 초점을 조절할 때에는 제 1 수광부(226) 및 제 2 수광부(228)를 통해 검출된 반사 광량을 이용하여 초점 정합 여부를 판단하게 되는데, 이에 대해서는 도 3 및 도 4를 이용하여 상세하게 설명하기로 한다.
- [0042] 도 1을 참조하여 레이저 스캐닝 방식을 이용한 광학 현미경의 초점 조절 장치 내 초점 검출부(210)와 광학 현미경(100) 사이에서 발생하는 광의 경로에 대해 설명하면 다음과 같다.
- [0043] 도 1에 도시된 바와 같이, 발광부(212)에서 출사된 레이저 광은 회전하는 웨지 미러(218)에서 반사되어 광학 현미경(100)에 입사된다. 광학 현미경(100)의 광 분할기(122)에서 반사된 광은 대물렌즈(110)를 통과한 뒤, 시료 (10)의 표면에서 반사된다. 시료(10)의 표면에서 반사된 광은 다시 대물렌즈(110)를 통과하고, 광 분할기(122)에서 반사된 후 다시 웨지 미러(218)에서 반사되며, 이 광은 하프 미러(216)에서 반사된 뒤 제 1 수광부(226)및 제 2 수광부(228)로 입사되는 광량을 분석함으로써 초점 정합 여부를 판단한다. 제 1 수광부(226)및 제 2 수광부(228)는 제 1 집광렌즈(222)및 제 2 집광렌즈(224)에 의해 초점이 맺힌 위치에서 같은 간격(d)만큼 옮겨져 있다. 즉,도 1에 도시된 바와 같이,제 1 수광부(226)는 초점의 위치에서 일정 거리(d)만큼 되로 옮겨져 있다. 따라서,시료(10)가 초점에 맞춰진 위치에서는 제 1 및 제 2 집광렌즈(222, 224)에 의한 레이저 광의 초점이 제 1 수광부(226)및 제 2 수광부(228)로부터 정확하게 같은 거리만큼 떨어져 있어,제 1 수광부(226)및 제 2 수광부(226)및 제 2 수광부(228)로부터 정확하게 같은 거리만큼 떨어져 있어,제 1 수광부(226)및 제 2 수광부(228)에서 검출된 광량값은 서로 같다.

- [0044] 도 2는 불투명한 재질의 시료를 계측 및 검사하는 경우 초점 검출부 내 수광부의 등가 모델 및 초점 위치를 나타낸 도면이다.
- [0045] 전술한 바와 같이, 시료(10)가 초점에 맞춰진 위치에서는 제 1 및 제 2 집광렌즈(222, 224)에 의한 레이저 광의 초점이 제 1 수광부(226) 및 제 2 수광부(228)로부터 정확하게 같은 거리만큼 떨어진 위치에 맺히기 때문에, 이를 등가 모델로 나타내면 도 2에 도시된 바와 같이 나타낼 수 있다.
- [0046] 불투명한 재질의 시료(예: 실리콘 웨이퍼)를 계측 및 검사하는 경우 시료(10)가 초점에 맞춰진 위치에서는 도 1에 도시된 초점 검출부(210) 및 광학 현미경(100)의 구성부를, 도 2에 도시된 바와 같이, 시료(10)에 도달했던 레이저 광이 시료(10)의 표면에서 반사되어 대물렌즈(110)를 통과한 후 집광렌즈(223)를 통과하면서 제 1 수광부(226)과 제 2 수광부(228)의 사이의 중간 지점에 초점(F)이 맺히는 등가 모델로 변환하여 나타낼 수 있다.
- [0047] 한편, 시료(10)를 초점으로부터 멀어지는 방향(여기서, (+) 방향 및 (-) 방향 모두 포함)으로 이동시키면 제 1 수광부(226)의 반사 광량값(이하, 'PD1'이라 함)이 더 커지거나 제 2 수광부(228)의 반사 광량값(이하, 'PD2'라함)이 더 커지게 되어 그 차이(PD2-PD1)를 구하면 (+)값으로 증가하거나 (-)값으로 증가하게 된다(그 차이의 절대값이 증가함).
- [0048] 도 3에 도시된 그래프는 전술한 내용을 명확하게 보여주고 있다.
- [0049] 도 3은 초점 검출부 내 수광부에 의해 검출된 광량 검출 신호를 이용한 포커스 에러와 초점 위치와의 관계를 설명하기 위한 그래프이다.
- [0050] 도 3에 도시된 굵은 실선은 포커스 에러 신호를 나타낸다. 포커스 에러(Focus Error; FE)는 아래의 [수학식 1]을 이용하여 산출한다.
- [0051] [수학식 1]
- [0052] FE=(PD2-PD1)/(PD2+PD1)
- [0053] 즉, 위의 [수학식 1]은 제 1 수광부(226) 및 제 2 수광부(228)의 광량의 차이를 의미하는데 이를 노멀라이즈 (Normalize)하기 위해 측정된 두 광량값의 합으로 나누는 것을 더 포함하고 있다.
- [0054] 이하에서는 도 3 및 도 4룰 참조하여 제 1 수광부(226) 및 제 2 수광부(228)를 통해 검출된 반사 광량을 이용하여 초점 정합 여부를 판단하는 방식에 대해 설명하기로 한다.
- [0055] 도 4의 (a)에 도시된 바와 같이, 제 2 수광부(228)의 반사 광량값(PD2)이 제 1 수광부(226)의 반사 광량값(PD 1)보다 큰 경우 즉, 포커스 에러(FE)값이 0(zero)보다 큰 경우에는 도 3에 도시된 그래프에서 초점(F)을 기준으로 왼쪽의 곡선 패턴을 이용하여 초점 조절 동작을 수행하게 된다. 도 3에 도시된 그래프에서 시료(10)가 초점에 맞춰진 위치를 읽어보면 대략 14정도가 된다. 도 3에 도시된 그래프에서 초점(F)을 기준으로 좌측의 곡선에 대응하는 변위량을 읽어보면 시료(10)가 초점에 맞춰진 위치보다 수치가 작기 때문에 시료(10)가 초점보다 아래쪽에 위치하고 있다는 사실을 알 수 있다. 따라서, 도 3에 도시된 그래프에서 초점(F)을 기준으로 왼쪽의 곡선 패턴을 이용하여 초점 조절 동작을 수행한다는 것은 시료(10)를 위쪽 방향으로 이동시키면서 초점 조절 동작을 수행함을 의미한다.
- [0056] 한편, 도 4의 (b)에 도시된 바와 같이, 제 2 수광부(228)의 반사 광량값(PD2)과 제 1 수광부(226)의 반사 광량 값(PD2)이 동일한 경우 즉, 포커스 에러(FE)값이 0(zero)인 경우에는 시료(10)가 초점(F)에 맞춰져 있는 상태 즉, 초점 정합 상태로 판단한다.
- [0057] 또한, 도 4의 (c)에 도시된 바와 같이, 제 2 수광부(228)의 반사 광량값(PD2)이 제 1 수광부(226)의 반사 광량값(PD1)보다 작은 경우 즉, 포커스 에러(FE)값이 0(zero)보다 작은 경우에는 도 3에 도시된 그래프에서 초점(F)을 기준으로 오른쪽의 곡선 패턴을 이용하여 초점 조절 동작을 수행하게 된다. 도 3에 도시된 그래프에서 시료(10)가 초점에 맞춰진 위치를 읽어보면 대략 14정도가 된다. 도 3에 도시된 그래프에서 초점(F)을 기준으로 오른쪽의 곡선에 대응하는 변위량을 읽어보면 시료(10)가 초점에 맞춰진 위치보다 수치가 크기 때문에 시료(10)가 초점보다 위쪽에 위치하고 있다는 사실을 알 수 있다. 따라서, 도 3에 도시된 그래프에서 초점(F)을 기준으로 오른쪽의 곡선 패턴을 이용하여 초점 조절 동작을 수행한다는 것은 시료(10)를 아래쪽 방향으로 이동시키면서 초점 조절 동작을 수행함을 의미한다.
- [0058] 불투명한 재질의 시료(예: 실리콘 웨이퍼)를 계측 및 검사하는 경우에는 앞서 도 1 내지 도 4를 참조하여 설명 한 레이저 스캐닝 방식을 이용한 광학 현미경의 초점 조절 장치를 이용하여 신속하면서도 정확하게 초점 조절

동작을 수행할 수 있다.

- [0059] 하지만, 얇은 두께(예: 450µm 또는 700µm)를 가지는 투명한 재질의 시료(예: LCD 패널)를 검사 및 계측하는 경우에 전술한 바와 같은 레이저 스캐닝 방식을 이용한 광학 현미경의 초점 조절 장치를 이용하여 초점 조절 동작을 수행하면 특정 배율(예: 10배 이하의 배율)의 대물렌즈(110)를 사용한 광학 현미경의 초점 조절 과정에서는 초점 위치에 대한 모호성이 생기게 된다. 그 이유는 투명한 재질로 이루어진 시료(10)의 윗면과 아랫면에서 반사된 광이 함께 제 1 수광부(226) 및 제 2 수광부(228)로 입사되어 제 1 및 제 2 집광렌즈(222, 224)에 의한 레이저 광의 초점이 제 1 수광부(226) 및 제 2 수광부(228) 사이에 두 개 맺히기 때문이다.
- [0060] 도 5는 투명한 재질의 시료를 계측 및 검사하는 경우 초점 검출부 내 수광부의 등가 모델 및 초점 위치를 나타 낸 도면이다.
- [0061] 도 5는 투명한 재질의 시료(10)의 윗면과 아랫면에서 반사된 광이 제 1 수광부(226) 및 제 2 수광부(228) 근처에서 어떻게 초점 맺히고 있는지를 설명하고 있다. 도 5에서 실선은 투명한 재질의 시료(10)의 윗면에서 반사된 광을 나타내고, 점선은 투명한 재질의 시료(10)의 아랫면에서 반사된 광을 나타낸다. 도 5에 도시된 바와 같이, 집광렌즈(223)에 의한 이 두 반사광의 초점(F1, F2)은 제 1 수광부(226) 및 제 2 수광부(228) 사이에 맺히게 된다. 투명한 재질의 시료(10)의 아랫면에서 반사된 광이 존재하지 않고 투명한 재질의 시료(10)의 윗면에서 반사된 광이 실제 초점을 맞춰야 하는 면에서 반사된 광이라고 한다면, 투명한 재질의 시료(10)의 윗면에서 반사된 광의 초점(F1)이 제 1 수광부(226)와 제 2 수광부(228) 사이의 중간 지점에 맺히기 때문에 제 1 수광부(226)의 반사 광량값(PD1)과 제 2 수광부(228)의 반사 광량값(PD2)이 동일해야 한다. 하지만, 도 5에 도시된 바와 같이 투명한 재질의 시료(10)의 아랫면에서 반사되는 광이 제 1 수광부(226) 근처에서 초점(F2) 맺히기 때문에 제 1 수광부(226)의 반사 광량값(PD1)과 제 2 수광부(228)의 반사 광량값(PD2)이 동일하지 않게 된다.
- [0062] 도 6은 투명한 재질의 시료를 계측 및 검사하는 경우 초점 검출부 내 수광부에 의해 검출된 광량 검출 신호를 이용한 포커스 에러와 초점 위치와의 관계를 설명하기 위한 그래프이다.
- [0063] 전술한 바와 같이, 투명한 재질의 시료(10)를 계측 및 검사하는 경우에는 시료(10)의 윗면과 아랫면에서 반사된 광이 함께 제 1 수광부(226) 및 제 2 수광부(228)로 입사되어 제 1 수광부(226) 및 제 2 수광부(228) 사이에 두 개의 초점이 맺히기 때문에 제 1 수광부(226) 및 제 2 수광부(228)의 반사 광량을 이용하여 산출되는 포커스 에러의 신호 파형 역시 변화하게 된다.
- [0064] 도 6에 도시된 실선은 불투명한 재질의 시료(10)를 계측 및 검사하는 경우의 포커스 에러의 신호 파형을 나타낸 것이고, 점선은 투명한 재질의 시료(10)를 계측 및 검사하는 경우의 포커스 에러의 신호 파형을 나타낸 것이다.
- [0065] 도 6에 도시된 바와 같이, 불투명한 재질의 시료(10)를 계측 및 검사하는 경우에는 포커스 에러값이 0(zero)이 되는 지점이 하나만 존재하기 때문에 그 지점을 초점으로 판단하여 그 지점에 도달하도록 초점 조절 동작을 수행하면 되지만, 투명한 재질의 시료(10)를 계측 및 검사하는 경우에는 포커스 에러값이 0(zero)이 되는 구간(S)이 존재하기 때문에 이 구간(S)에서는 제 1 수광부(226) 및 제 2 수광부(228)의 반사 광량 정보만을 이용해서는 정확한 초점 조절 동작을 수행하기 어려워진다.
- [0066] 따라서, 본 발명의 실시예에서는 레이저 스캐닝 방식을 이용한 광학 현미경의 초점 조절 장치에 공초점 방식의 수광부를 추가함으로써, 얇은 두께를 가지는 투명한 재질의 시료를 계측 및 검사하는 경우에도 시료나 대물 렌 즈를 정확한 초점 위치로 이동시킬 수 있는 초점 조절 방식을 제안하고자 한다.
- [0067] 도 7은 본 발명의 실시예에 따른 광학 현미경의 초점 조절 장치 내 초점 검출부의 광학계 구성도이고, 도 8은 투명한 재질의 시료를 계측 및 검사하는 경우 공초점 방식의 수광부를 통해 획득되는 광량 검출 신호의 과형을 나타낸 그래프이다.
- [0068] 도 7에 도시된 본 발명의 실시예에 따른 광학 현미경의 초점 조절 장치 내 초점 검출부(210)의 광학계 구성 중 공초점 방식의 수광부 구성 이외의 다른 구성 요소들은 도 1에 도시된 레이저 스캐닝 방식을 이용한 광학 현미경의 초점 조절 장치 내 초점 검출부의 광학계 구성과 동일하므로, 여기서는 추가되는 공초점 방식의 수광부 구성에 대해서만 상세히 설명하기로 한다.
- [0069] 도 7에 도시된 바와 같이, 본 발명의 실시예에 따른 광학 현미경의 초점 조절 장치 내 초점 검출부(210)는 하프 미러(216)와 광 분할기(220) 사이에 공간 필터부(230)를 더 포함시킴으로써, 레이저 스캐닝 방식을 이용한 광학 현미경의 초점 조절 장치에 공초점 방식을 추가한다.
- [0070] 여기서, 공간 필터(Spatial Filter)란 핀 홀을 가리키는 것으로 초점 위치가 아닌 곳으로부터 반사된 광을 제거

하기 위해 사용된다.

- [0071] 또한 공초점 방식이란 앞서 설명한 공간 필터를 이용하여 광원이 되는 레이저에서 시료(10)의 초점과 맞지 않는 광은 제거하고 초점과 일치하는 광만을 사용함으로써 투명한 재질의 시료(10)의 윗면과 아랫면으로부터의 반사를 분리하겠다는 뜻이다.
- [0072] 공간 필터부(230)는 광 분할기(232), 제 3 집광렌즈(234), 핀 홀(pin hole, p)이 형성되어 있는 핀 홀 부재 (236) 및 제 3 수광부(238)를 포함한다.
- [0073] 광 분할기(232)는 웨지 미러(218) 및 하프 미러(216)에서 반사되어 입사하는 광의 일부분은 통과시켜 광 분할기 (220)에 입사되도록 하고, 웨지 미러(218) 및 하프 미러(216)에서 반사되어 입사하는 광의 일부분은 반사시켜 제 3 수광부(238)에 입사되도록 한다.
- [0074] 제 3 집광렌즈(234)는 광 분할기(232)에서 반사된 광을 핀 홀(p)에 집광시켜 초점이 정확하게 맞는 광만을 분리한다.
- [0075] 제 3 수광부(238)는 핀 홀(p)을 통해 입사되는 광의 광량을 검출한다. 제 3 수광부(238)로는 포토 다이오드 (Photo Diode; PD)가 이용될 수 있다.
- [0076] 공초점 방식은 초점면에 대한 민감도가 크기 때문에 얇은 두께의 투명한 재질로 이루어진 시료(10)에 대해 광축 (Z축) 방향으로 스캐닝하게 되면 도 8에 도시된 그래프를 얻게 된다. 이 때, 도 8에 도시된 제 3 수광부(238)의 광량 검출 신호 파형의 최고점(peak)의 위치가 초점의 위치가 된다.
- [0077] 여기서, 시료(10)가 투명한 재질로 이루어진 경우라면 도 8에 도시된 바와 같이 시료(10)의 윗면에서 반사된 광의 광량 검출 신호의 파형(도 8에서 실선으로 도시된 곡선) 및 시료(10)의 아랫면에서 반사된 광의 광량 검출 신호의 파형(도 8에서 점선으로 도시된 곡선)은 각각 하나의 최고점을 갖게 된다. 이 때, 최고점의 위치를 구분 하는 알고리즘을 사용하게 되면, 초점의 위치를 찾을 수 있게 된다.
- [0078] 투명한 재질의 시료(10)를 계측 및 검사하는 경우에는 시료(10)의 윗면과 아랫면에서 반사되는 광이 모두 제 1 내지 제 3 수광부(226, 228, 238)로 입사하기 때문에 정확한 초점 조절을 위해서는 시료(10)의 윗면과 아랫면 중 어느 면을 기준면으로 하여 초점 조절 동작을 수행할 것인지 미리 설정되어 있어야 한다.
- [0079] 레이저 스캐닝 방식을 이용한 초점 조절 방식은 채용하지 않고, 오로지 공초점 방식만을 적용하여 초점 조절 동작을 수행하는 경우에는 광량 검출 신호의 최고점의 위치를 찾기 위해 광축 방향으로 전체 구간에 대해 스캐닝을 수행해야만 한다. 또한 시료(10)가 투명한 재질로 이루어진 경우에는 시료(10)의 윗면에서 반사된 광인지 아랫면에서 반사된 광인지를 반드시 구분해야 한다. 이 때문에 공초점 방식의 수광부만을 채용한 경우에는 초점 조절 속도가 느리다는 단점을 가진다.
- [0080] 하지만, 본 발명의 실시예에 따른 광학 현미경의 초점 조절 장치는 레이저 스캐닝 방식을 이용한 광학 현미경의 초점 조절 장치에 공초점 방식의 수광부를 추가한 것이기 때문에 공초점 방식의 수광부만을 채용한 경우에 비해 초점 조절에 소요되는 시간을 단축(초점 조절 속도를 향상)시킬 수 있다.
- [0081] 즉, 본 발명의 실시예에 따른 광학 현미경의 초점 조절 장치를 이용하여 시료(10)를 광축 방향으로 이동시켜 초점 조절 동작을 수행하는 경우에 시료(10)가 초점이 아닌 위치에 놓여 있는 때 즉, 초점 부정합의 상태에서는 제 1 수광부(226)의 반사 광량 정보(PD1) 및 제 2 수광부(228)의 반사 광량 정보(PD2)의 차이값(또는 포커스 에러값)을 이용하여 초점을 찾아 이동하는 방향이 위쪽 방향에서 아래쪽 방향을 향하는지 아니면 아래쪽 방향에서 위쪽 방향을 향하는지 판단할 수 있게 된다. 따라서, 본 발명의 실시예에서는 공초점 방식의 수광부를 채용하면 서도 전체 영역에 대해 스캐닝할 필요 없이 보다 빠르게 투명한 재질의 시료(10)의 윗면이든 아랫면이든 원하는 면에서 반사된 광의 광량 검출 신호의 최고점에 상응하는 광축의 위치로 시료(10)를 이동시킴으로써, 광학 현미경(100)의 초점을 맞출 수 있다.
- [0082] 이하에서는 도 9를 참조하여 본 발명의 실시예에 따른 광학 현미경의 초점 조절 장치를 이용하여 초점을 조절하는 방식을 설명하도록 한다.
- [0083] 본 발명의 실시예에서는 도 9에 도시된 바와 같이 투명한 재질의 시료(10)를 계측 및 검사하는 경우의 포커스에러의 신호 파형(도 9에서 점선으로 도시된 신호 파형)과 공초점 방식의 수광부를 통해 검출된 광량 검출 신호 파형(제 3 수광부의 반사 광량 신호, 이하 'PD3'이라 함)을 함께 이용하여 얇은 두께를 가지는 투명한 재질의시료(10)를 계측 및 검사하는 경우에도 시료(10)를 정확한 초점 위치로 이동시킬 수 있도록 한다.

- [0084] 즉, 제 1 수광부(226) 및 제 2 수광부(228)를 통해 검출된 반사 광량 정보를 이용하여 산출되는 포커스 에러 신호 파형(도 9에서 점선으로 도시된 신호 파형)을 이용하여 시료(10)가 초점을 찾아 이동하는 방향이 아래쪽 방향에서 위쪽 방향을 향하는지 아니면 위쪽 방향에서 아래쪽 방향을 향하는지를 판단하고(이동 방향 판단), 판단된 시료(10)의 이동 방향에 따라 시료(10)를 이동시키다가 공초점 방식의 수광부를 통해 검출된 광량 검출 신호(PD3)의 최고점에 상응하는 광축의 위치에서 시료(10)의 이동을 정지시킴으로써(초점 조절을 위한 이동), 광학현미경(100)의 초점을 조절한다.
- [0085] 이 때, 포커스 에러 신호가 0(zero)보다 크다는 것은 시료(10)가 초점보다 아래쪽에 위치하고 있다는 것을 의미하기 때문에 시료(10)를 위쪽 방향으로 이동시키면서 제 3 수광부(238)의 광량 검출 신호(PD3)를 이용하여 초점 조절 동작을 수행한다. 반면, 포커스 에러 신호가 0(zero)보다 작다는 것은 시료(10)가 초점보다 위쪽에 위치하고 있다는 것을 의미하기 때문에 시료(10)를 아래쪽 방향으로 이동시키면서 제 3 수광부(238)의 광량 검출 신호 (PD3)를 이용하여 초점 조절 동작을 수행한다.
- [0086] 도 10은 본 발명의 실시예에 따른 광학 현미경의 초점 조절 장치의 제어 블록도이다.
- [0087] 도 10에 도시된 바와 같이, 광학 현미경(100)은 대물렌즈(110)와 경통(120)이 카메라(130)에 연결되는 구조로 이루어진다. 이 때, 경통(120)의 내부에는 광 분할기(122), 집광렌즈(124) 및 조명부(미도시) 등이 장착된다. 여기서는 초점 조절 장치(200)의 구성에 대해 보다 중점적으로 설명하기 위해 광 분할기(122), 집광렌즈(124) 및 조명부의 구성은 도 10에 그 도시를 생략하였다.
- [0088] 광학 현미경(100)에 광학 현미경(100)의 초점을 자동으로 조절하기 위한 초점 조절 장치(200)가 연결된다.
- [0089] 도 10에 도시된 바와 같이, 본 발명의 실시예에 따른 광학 현미경의 초점 조절 장치(200)는 초점 검출부(210), 제어부(240) 및 액추에이터 구동부(250)를 포함한다.
- [0090] 초점 검출부(210)는 시료(10)와 대물렌즈(110) 사이의 거리를 검출하여 정확한 초점 위치를 찾기 위한 구성부로, 초점 검출부(210)는 특정 파장의 레이저 광을 출사하는 발광부(212), 발광부(212)로부터 출사된 레이저 광이 시료(10)에 도달하였다가 다시 반사되어 돌아오는 광의 광량을 검출하는 제 1 내지 제 3 수광부(226, 228, 238)를 포함하여 이루어진다. 특히, 제 3 수광부(238)는 공초점 방식의 수광부로, 시료(10)에 도달하였다가 다시 반사되어 돌아오는 광에서 초점이 맞지 않는 광은 제거되고 초점과 일치하는 광만이 제 3 수광부(238)에 입사된다.
- [0091] 제어부(240)는 초점 조절 장치(200)의 전반적인 동작을 제어하는 것으로, 초점 검출부(210) 내의 제 1 내지 제 3 수광부(226, 228, 238)로부터 광량 정보(PD1, PD2, PD3)를 입력 받고, 입력된 광량 정보(PD1, PD2, PD3)를 이용하여 초점 조절 동작을 수행하기 위한 제어 신호를 생성한다.
- [0092] 제어부(240)는 발광부(212)에 제어 신호를 보내어 발광부(212)로 하여금 특정 파장의 레이저 광을 출사하도록 제어한다.
- [0093] 또한 제어부(240)는 제 1 수광부(226) 및 제 2 수광부(228)로부터 광량 정보(PD1, PD2)를 획득하고, 획득된 광량 정보(PD1, PD2)를 이용하여 포커스 에러(FE)를 산출한다. 제어부(240)는 산출된 포커스 에러값이 양(+)의 값인지 음(-)의 값인지에 따라 시료(10)가 초점을 찾아 이동하는 방향이 아래쪽 방향에서 위쪽 방향을 향하는지 아니면 위쪽 방향에서 아래쪽 방향을 향하는지를 판단한다. 제어부(240)는 판단된 시료(10)의 이동 방향에 따라 시료(10)를 이동시키면서 공초점 방식의 수광부 즉, 제 3 수광부(238)로부터 광량 정보(PD3)를 획득하고, 획득된 광량 정보(PD3)가 최고점에 도달할 때까지 시료(10)를 이동시킴으로써, 광학 현미경(100)의 초점을 조절한다.
- [0094] 제어부(240)는 제 1 내지 제 3 수광부(226, 228, 238)로부터 입력된 광량 정보(PD1, PD2, PD3)를 이용하여 초점을 맞추기 위해 시료(10)를 이동시켜야 할 방향 및 시료(10)의 이동을 정지시켜야 할 시점 등을 판단하고, 이러한 초점 조절 동작을 수행하기 위한 제어 신호를 생성하여 액추에이터 구동부(250)에 출력한다.
- [0095] 제어부(240)는 그 내부에 메모리(240a)를 포함한다. 메모리(240a)에는 포커스 에러(FE)를 산출하기 위한 수학식 (FE=(PD2-PD1)/(PD2+PD1)), 투명한 재질의 시료(10)를 계측 및 검사하는 경우에 시료(10)의 윗면과 아랫면 중어느 면을 기준면으로 하여 초점 조절 동작을 수행할 것인지에 관한 정보 등 초점 조절 동작을 수행하기 위한 초기 설정 정보 및 제 1 내지 제 3 수광부(226, 228, 238)를 통해 검출된 광량 정보 등이 저장된다.
- [0096] 본 발명의 실시예에서는 초점 조절 동작을 수행하기 위해 필요로 하는 사전 정보를 저장하기 위한 메모리(240 a)가 제어부(240) 내부에 마련되는 구성을 예로 들어 설명하였으나, 내부 메모리(240a) 대신 별도의 저장부를

마련하여 초점 조절 동작을 수행하기 위한 사전 정보를 저장하도록 구성할 수도 있다.

- [0097] 액추에이터 구동부(250)는 제어부(240)로부터 수신된 제어 신호에 따라 시료(10)를 광축(Z축) 방향으로 이동시키기 위해 시료(10)가 놓여지는 대물대(미도시)에 연결 설치되는 모터나 압전 소자 등 액추에이터(미도시)의 구동을 제어하여 제어부(240)에서 판단한 초점 위치로 시료(10)를 이동시킨다.
- [0098] 본 발명의 실시예에서는 초점 조절 동작을 수행하기 위해 시료(10)를 광축(Z축) 방향으로 이동시키는 경우를 예로 들어 설명하였으나, 시료(10)를 이동시키지 않고, 대물렌즈(110)를 광축(Z축) 방향으로 이동시킴으로써 광학 현미경(100)의 초점을 조절할 수도 있다. 또한, 경통(120) 전체를 광축(Z축) 방향으로 이동시킴으로써 광학 현미경(100)의 초점을 조절하는 것도 가능하다.
- [0099] 도 11은 본 발명의 실시예에 따른 광학 현미경의 초점 조절 장치를 이용한 초점 조절 방법을 도시한 흐름도이다.
- [0100] 본 발명의 실시예의 동작설명을 위한 초기조건으로서, 제어부(240) 내의 메모리(240a)에는 포커스 에러(FE)를 산출하기 위한 수학식(FE=(PD2-PD1)/(PD2+PD1)), 투명한 재질의 시료(10)를 계측 및 검사하는 경우에 시료(10)의 윗면과 아랫면 중 어느 면을 기준면으로 하여 초점 조절 동작을 수행할 것인지에 관한 정보 등 초점 조절 동작을 수행하기 위한 초기 설정 정보가 저장되어 있는 것을 전제한다. 또한 이하에서는 설명 및 이해의 편의를 위해 시료(10)를 광축(Z축) 방향으로 이동시킴으로써 광학 현미경(100)의 초점을 조절하는 경우를 예시로 하여 본 발명의 실시예에 따른 광학 현미경의 초점 조절 방법을 설명하기로 한다.
- [0101] 시료(10)에 대한 계측 및 검사가 시작되면 제어부(240)는 발광부(212)에 제어 신호를 보내어 발광부(212)로 하여금 특정 파장의 레이저 광을 출사하도록 제어한다(305). 이 때, 발광부(212)에서 출사된 레이저 광은 시료 (10)의 표면에 도달하였다가 다시 반사되어 제 1 수광부(226) 및 제 2 수광부(228)에 입사된다.
- [0102] 이후 제어부(240)는 제 1 수광부(226) 및 제 2 수광부(228)로부터 시료(10)의 표면에서 반사되어 제 1 수광부 (226) 및 제 2 수광부(228)로 입사된 광의 광량 정보(PD1, PD2)를 입력 받는다(310). 제 1 수광부(226) 및 제 2 수광부(228)로부터 입력된 광량 정보(PD1, PD2)는 제어부(240) 내의 메모리(240a)에 저장된다.
- [0103] 다음으로, 제어부(240)는 제 1 수광부(226) 및 제 2 수광부(228)로부터 입력된 광량 정보(PD1, PD2)를 이용하여 포커스 에러(FE)를 산출한다(315). 포커스 에러(FE)는 아래의 [수학식 1]을 이용하여 산출한다.
- [0104] [수학식 1]
- [0105] FE=(PD2-PD1)/(PD2+PD1)
- [0106] 이후 제어부(240)는 산출된 포커스 에러값이 0(zero)보다 큰지 여부를 판단한다(320).
- [0107] 판단 결과, 산출된 포커스 에러값이 0(zero)보다 크면(320에서의 '예') 제어부(240)는 시료(10)가 초점보다 아래쪽에 위치하고 있는 것으로 판단하고, 액추에이터 구동부(250)에 제어 신호를 보내어 시료(10)를 위쪽 방향으로 이동시키면서 공초점 방식의 제 3 수광부(238)로부터 시료(10)의 표면에서 반사되어 제 3 수광부(238)로 입사된 광의 광량 정보(PD3)를 입력 받는다(325). 제 3 수광부(238)로부터 입력된 광량 정보(PD3)는 제어부(240)내의 메모리(240a)에 저장된다. 제어부(240)는 메모리(240a)에 저장되어 있는 직전까지의 광량 정보(PD3)의 최고값과 현재 입력되는 광량 정보값을 비교하여 지속적으로 광량 정보(PD3)의 최고값을 갱신하면서 갱신된 최고값을 메모리(240a)에 저장한다. 여기서, 발광부(212)에서 출사된 레이저 광은 시료(10)의 표면에 도달하였다가다시 반사된 후 초점이 맞지 않는 광은 제거되고 초점과 일치하는 광만 남은 상태에서 제 3 수광부(238)에 입사된다. 제어부(240)는 다시 제 3 수광부(238)를 통해 검출된 광량값(PD3)이 최고점에 도달하였는가 여부를 판단한다(330).
- [0108] 판단 결과, 검출된 광량값(PD3)이 최고점에 도달하였으면(330에서의 '예') 제어부(240)는 시료(10)가 초점의 위치에 도달한 것으로 판단하고, 초점 조절 동작을 종료한다. 좀 더 자세하게, 제어부(240)는 메모리(240a)에 저장되어 있는 직전까지의 광량 정보(PD3)의 최고값에서 현재 입력되는 광량 정보값을 뺀 값이 설정값보다 크면 직전에 제 3 수광부(238)의 광량 검출 신호 곡선(과형)의 최고점을 통과하고 현재 하강하는 지점에 위치해 있다고 판단하고, 메모리(240a)에 저장되어 있는 광량 정보(PD3)의 최고값을 기준으로 그 최고값에 상응하는 광축의 위치까지 시료(10)를 이동시킴으로써 광학 현미경(100)의 초점을 조절한다.
- [0109] 한편, 판단 결과 검출된 광량값(PD3)이 최고점에 도달하지 않았으면(330에서의 '아니오') 제어부(240)는 동작 325로 돌아가 지속적으로 시료(10)를 위쪽 방향으로 이동시키면서 제 3 수광부(238)로부터 광량 정보(PD3)를 획

득한다.

- [0110] 다시 동작 320으로 돌아와, 판단 결과 산출된 포커스 에러값이 0(zero)보다 크지 않으면(320에서의 '아니오') 제어부(240)는 다시 산출된 포커스 에러값이 0(zero)보다 작은지 여부를 판단한다(335).
- [0111] 판단 결과, 산출된 포커스 에러값이 0(zero)보다 작으면(335에서의 '예') 제어부(240)는 시료(10)가 초점보다 위쪽에 위치하고 있는 것으로 판단하고, 액추에이터 구동부(250)에 제어 신호를 보내어 시료(10)를 아래쪽 방향으로 이동시키면서 공초점 방식의 제 3 수광부(238)로부터 시료(10)의 표면에서 반사되어 제 3 수광부(238)로 입사된 광의 광량 정보(PD3)를 입력 받는다(340). 제어부(240)는 다시 제 3 수광부(238)를 통해 검출된 광량값 (PD3)이 최고점에 도달하였는가 여부를 판단한다(345).
- [0112] 판단 결과, 검출된 광량값(PD3)이 최고점에 도달하였으면(345에서의 '예') 제어부(240)는 시료(10)가 초점의 위치에 도달한 것으로 판단하고, 초점 조절 동작을 종료한다.
- [0113] 한편, 판단 결과 검출된 광량값(PD3)이 최고점에 도달하지 않았으면(345에서의 '아니오') 제어부(240)는 동작 340으로 돌아가 지속적으로 시료(10)를 아래쪽 방향으로 이동시키면서 제 3 수광부(238)로부터 광량 정보(PD3)를 획득한다.
- [0114] 다시 동작 335로 돌아와, 판단 결과 산출된 포커스 에러값이 0(zero)보다 작지 않으면(335에서의 '아니오') 즉, 산출된 포커스 에러값이 0(zero)이면 제어부(240)는 시료(10)가 초점보다 위쪽에 위치하고 있는지 아니면 아래쪽에 위치하고 있는지 정확하게 판단할 수 없기 때문에, 제어부(240)는 액추에이터 구동부(250)에 제어 신호를보내어 시료(10)를 위쪽 방향 또는 아래쪽 방향 중 어느 한쪽 방향으로 이동시키면서 공초점 방식의 제 3 수광부(238)로부터 시료(10)의 표면에서 반사되어 제 3 수광부(238)로 입사된 광의 광량 정보(PD3)를 입력 받는다(350). 시료(10)를 위쪽 방향 또는 아래쪽 방향 중 선택된 어느 한쪽 방향으로 이동시키는 과정에서, 제어부(240)는 제 3 수광부(238)를 통해 검출되는 광량값(PD3)이 점점 감소하는 것으로 판단되면, 시료(10)가 초점 위치에서 점점 멀어지는 것으로 판단하고, 선택된 방향과 반대 방향으로 시료(10)를 이동시키면서 다시 제 3 수광부(238)로부터 광량 정보(PD3)를 입력 받는다.
- [0115] 제어부(240)는 다시 제 3 수광부(238)를 통해 검출된 광량값(PD3)이 최고점에 도달하였는가 여부를 판단한다 (355).
- [0116] 판단 결과, 검출된 광량값(PD3)이 최고점에 도달하였으면(355에서의 '예') 제어부(240)는 시료(10)가 초점의 위치에 도달한 것으로 판단하고, 초점 조절 동작을 종료한다.
- [0117] 한편, 판단 결과 검출된 광량값(PD3)이 최고점에 도달하지 않았으면(355에서의 '아니오') 제어부(240)는 동작 350으로 돌아가 지속적으로 시료(10)를 위쪽 방향 또는 아래쪽 방향으로 이동시키면서 제 3 수광부(238)로부터 광량 정보(PD3)를 획득한다.

부호의 설명

[0118] 10 : 시료 100 : 광학 현미경

110 : 대물렌즈 200 : 초점 조절 장치

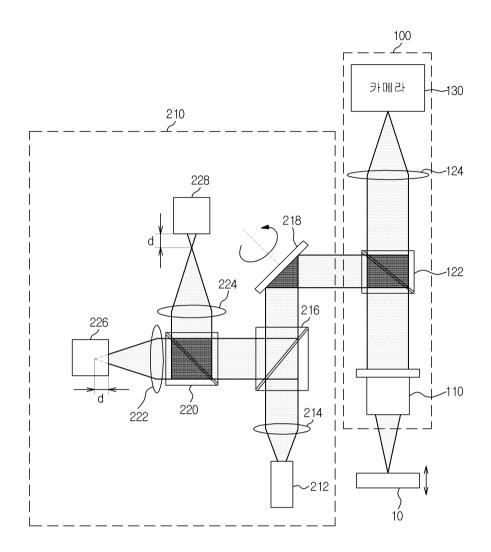
210 : 초점 검출부 212 : 발광부

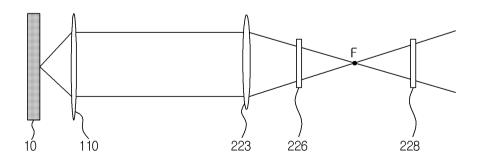
226 : 제 1 수광부 228 : 제 2 수광부

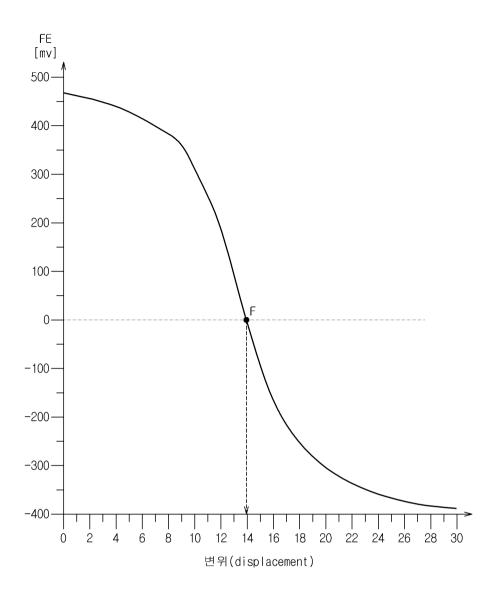
238 : 제 3 수광부 240 : 제어부

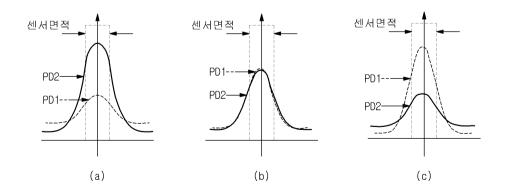
250 : 액추에이터 구동부

도면1









도면5

