

# \_\_\_\_\_ (19) 대한민국특허청(KR)

## (12) 공개특허공보(A)

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)

**GO2B 7/28** (2006.01) **GO3B 13/36** (2006.01) **G02B 7/09** (2006.01)

(21) 출원번호

10-2012-0018092

(22) 출원일자

2012년02월22일

심사청구일자

없음

(11) 공개번호 10-2013-0096551

(43) 공개일자 2013년08월30일

(71) 출원인

삼성전자주식회사

경기도 수원시 영통구 삼성로 129 (매탄동)

(72) 발명자

이현재

전라남도 순천시 금곡동 101-16번지

안명기

경기도 용인시 기흥구 영덕동 1000-7 102호

(뒷면에 계속)

(74) 대리인

특허법인세림

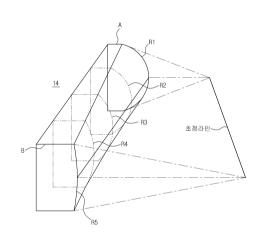
전체 청구항 수 : 총 10 항

(54) 발명의 명칭 자동초점 조절장치

#### (57) 요 약

샘플로부터 반사된 광 범이 입사하는 집광렌즈의 초점위치들을 잇는 초점라인과 이미지 센서의 수광면이 교차하 도록 구성함으로써 이미지 센서를 통한 단 한 번의 촬영으로 대물렌즈의 초점위치에 대한 샘플의 초점위치 어긋 남을 판단할 수 있어 대물렌즈의 초점면에 대한 샘플의 상대적인 위치를 신속하고 정밀하게 파악할 수 있고 보다 효과적인 자동 초점을 수행할 수 있는 자동초점 조절장치를 개시한다.

### 대 표 도 - 도5



### (72) 발명자

### 김광수

경기도 수원시 영통구 영통동 황골 쌍용아파트 24 1동 501호

### 서인호

대전광역시 유성구 하기동 송림마을아파트 107동 904호

## 최창훈

경기도 수원시 영통구 매탄동 두산위브하늘채 121-1503호

#### 특허청구의 범위

#### 청구항 1

광원;

상기 광원으로부터 샘플에 입사되는 광범의 경로와 상기 샘플로부터 반사되는 광범의 경로를 분리하는 광 분할기;

상기 광 분할기를 통과한 광 범을 상기 샘플에 집광시키는 대물렌즈;

상기 샘플로부터 반사된 광 범이 입사되는 집광렌즈의 초점위치들을 잇는 초점라인과 상기 집광렌즈로부터 출사된 광 범을 입력받는 이미지 센서의 수광면이 교차됨에 따라 형성되는 광스팟 이미지를 근거로 하여 상기 대물렌즈의 초점위치에 대한 상기 샘플의 초점위치 어긋남을 검출하는 초점위치 어긋남 검출부;를 포함하는 자동초점 조절장치.

#### 청구항 2

제1항에 있어서.

상기 초점위치 어긋남 검출부는 상기 집광렌즈의 초점라인과 상기 이미지 센서의 수광면은 90도를 제외한 각도로 교차하는 것을 포함하는 자동초점 조절장치.

#### 청구항 3

제2항에 있어서,

상기 초점위치 어긋남 검출부에서 상기 집광렌즈는 상기 초점라인과 상기 이미지 센서의 수광면이 교차되도록 서로 다른 초점거리를 가지고 광 빔이 출사되는 면이 선형적인 곡률 반경을 가진 렌즈를 포함하는 자동초점 조 절장치.

### 청구항 4

제3항에 있어서.

상기 집광렌즈는 곡률 반경이 서로 다른 제1 단부와 제2 단부를 포함하고, 일측 단부에서 타측 단부로 갈수록 곡률 반경이 선형적으로 감소하거나 증가하는 것을 포함하는 자동초점 조절장치.

### 청구항 5

제3항에 있어서.

상기 집광렌즈는 곡률 반경이 일정한 제1 단부와 제2 단부를 포함하고, 일측 단부에서 타측 단부로 갈수록 렌즈 두께가 선형적으로 감소하거나 증가하는 것을 포함하는 자동초점 조절장치.

### 청구항 6

제2항에 있어서,

상기 초점위치 어긋남 검출부에서 상기 집광렌즈는 초점거리가 일정한 실린더 렌즈이고, 상기 실린더 렌즈의 초점위치들을 잇는 초점라인이 상기 이미지 센서의 수광면과 교차하도록 상기 실린더 렌즈는 광 축에 경사지게 배치된 것을 포함하는 자동초점 조절장치.

### 청구항 7

제2항에 있어서,

상기 초점위치 어긋남 검출부에서 상기 이미지 센서의 수광면이 상기 집광렌즈의 초점라인과 교차하도록 상기 이미지 센서는 광 축에 경사지게 배치된 것을 포함하는 자동초점 조절장치.

#### 청구항 8

제2항에 있어서.

상기 초점위치 어긋남 검출부는 제어부를 포함하고,

상기 제어부는 상기 이미지 센서에 의해 감지된 픽셀별 이미지 데이터로부터 상기 광스팟 이미지를 생성하고, 상기 생성된 광스팟 이미지를 분석하여 광스팟 이미지 상에서 광 범들의 세기를 근거로 하여 상기 집광렌즈의 초점위치를 판단하고, 상기 판단된 집광렌즈 초점위치와 기준위치를 비교하여 상기 대물렌즈의 초점위치에 대한 상기 샘플의 초점위치 어긋남 여부 및 초점위치 어긋남량을 판단하는 것을 포함하는 자동초점 조절장치.

#### 청구항 9

제8항에 있어서.

상기 초점위치 어긋남 검출부는 상기 샘플과 연결된 스테이지를 이동시키는 스테이지이동부를 포함하고,

상기 제어부는 샘플의 초점위치가 어긋난 경우, 상기 판단된 초점위치 어긋남량에 따라 상기 샘플이 상기 대물 렌즈의 초점위치에 위치하도록 상기 스테이지이동부를 통해 상기 스테이지를 이동시키는 것을 포함하는 자동초 점 조절장치.

#### 청구항 10

광워;

상기 광원으로부터 샘플에 입사되는 광범의 경로와 상기 샘플로부터 반사되는 광범의 경로를 분리하는 제1 광 분할기;

상기 제1 광 분할기를 통과한 광 빔을 상기 샘플에 집광시키는 대물렌즈;

상기 샘플로부터 반사된 후 상기 제1 광 분할기를 통과한 광범을 일부는 통과시키고, 일부는 반사시키는 제2 광 분할기;

상기 제2 광 분할기를 통과한 광 빔이 입사되는 제1 집광렌즈의 초점위치들을 잇는 제1 초점라인과 상기 제1 집 광렌즈로부터 출사된 광 빔을 입력받는 제1 이미지 센서의 수광면이 교차됨에 따라 형성되는 제1 광스팟 이미지를 근거로 하여 상기 대물렌즈의 초점위치에 대한 상기 샘플의 초점위치 어긋남을 검출하는 제1 초점위치 어긋남 검출부;

상기 제2 광 분할기에 의해 반사된 광 빔이 입사되는 제2 집광렌즈의 초점위치들을 잇는 제2 초점라인과 상기 제2 집광렌즈로부터 출사된 광 빔을 입력받는 제2 이미지 센서의 수광면이 교차됨에 따라 형성되는 제2 광스팟이미지를 근거로 하여 상기 대물렌즈의 초점위치에 대한 상기 샘플의 초점위치 어긋남을 검출하는 제2 초점위치 어긋남 검출부;를 포함하는 자동초점 조절장치.

#### 명세서

#### 기술분야

[0001] 본 발명은 반도체 웨이퍼, LCD 등의 빛이 반사되는 모든 표면의 초점위치 어긋남을 검출하고 자동 초점을 수행하는 자동초점 조절장치에 관한 것이다.

### 배경기술

- [0002] 영상을 획득하는 시스템에서 고정된 활상면에 자동으로 초점이 맺히도록 렌즈를 구동시키는 방식을 자동초점조 절이라 한다.
- [0003] 자동초점 조절장치는 자동화된 방법으로 관찰대상의 표면에 초점을 맞추는 장치로서 현미경계나 그와 유사한 광학계를 이용한 공정, 검사 장비에서 핵심적인 역할을 하는 부분이다. 자동초점조절의 정밀도와 속도는 장비 전체의 성능을 좌우하는 중요한 요인 중 하나이며 공정, 검사 장비의 성능은 곧 생산 라인에서 제품 생산 능력과 관련되므로 매우 중요하다.

- [0004] 자동초점 조절장치의 자동초점 방식은 여러 가지로 나눌 수 있겠지만 크게 보면 능동형과 수동형으로 분류할 수 있다.
- [0005] 능동형의 자동초점방식에서는 대물렌즈의 초점면에서 각기 다른 높이에서 반사된 빛이 대물렌즈를 통과 후 수광부 바로 앞단에 위치한 집광렌즈에 따라서 초점의 위치가 달라진다. 이때, 수광부는 초점이 맺는 곳을 중심으로 앞뒤로 동일한 거리만큼 떨어진 2개 지점(A, B)에 각각 위치한다. 만일 각각의 수광부에 도달한 빛의 세기가 같다면 초점이 맺어지는 부분이라 판단할 수 있다. 그러나 각각의 수광부에 도달한 빛의 세기를 측정하여 A>B 이면, 샘플이 초점거리보다 하단에 있다고 판단할 수 있으며, A<B 이면 샘플이 초점거리보다 상단에 있다고 판단할 수 있으며, A<B 이면 샘플이 초점거리보다 상단에 있다고 판단할 수 있다. 이와 같은 원리를 이용하여 초점 위치를 인식하고, 인식된 초점 위치를 근거로 자동 초점 조절을 수행하게 된다. 이 방식은 상대적으로 매우 빠른 응답특성을 가지고 있으나, 상대적으로 정밀도가 떨어진다는 단점이 있다. 특히, 얇은 두께를 가지는 투명층이 샘플인 경우, 특정 배율의 대물렌즈에서 초점 위치에 대한 모호성이 생겨 정밀도가 더욱 떨어질 수 있다. 이것은 투명한 물체의 윗면과 아랫면에서 반사된 빛이 함께 수광부로 들어와서 집광렌즈에 의한 초점이 비슷한 위치에 맺히기 때문에 생기는 문제이다.
- [0006] 수동형 방식의 자동초점방식에서는 샘플로부터 임의의 거리만큼 떨어져 있는 대물렌즈를 현재위치를 기준으로 일정한 거리를 이동하면서 동시에 이미지센서를 이용해서 샘플의 이미지들을 얻고, 이 여러 장의 이미지로부터 이미지 선명도를 계산하여 이동위치에 따른 이미지 선명도를 알아낸다. 이 중 가장 큰 이미지 선명도를 보이는 위치가 샘플의 초점 위치가 된다. 현재 위치에서 이미지 선명도가 가장 큰 위치로 이동하면 관찰 대상은 초점이 맺은 상태가 된다. 이러한 방식은 초점위치를 정밀하게 찾아낼 수 있지만, 정해진 거리를 이동하면서 여러 개의 이미지를 얻고 이를 분석하여 초점 위치를 찾아내므로 초점을 찾는 속도가 느리다.
- [0007] 따라서 초점 위치를 고속이면서 정밀하게 검출할 수 있는 초점위치 어긋남 검출 방법 및 자동초점 조절장치의 개발이 요구된다.

#### 발명의 내용

- [0008] 본 발명의 일 측면은 대물렌즈의 초점위치에 대한 샘플의 초점위치 어긋남을 고속이면서 정밀하게 검출하고 자동 초점을 수행하는 자동초점 조절장치를 제공한다.
- [0009] 이를 위해 본 발명의 일 측면에 따른 자동초점 조절장치는 광원; 상기 광원으로부터 샘플에 입사되는 광범의 경로와 상기 샘플로부터 반사되는 광범의 경로를 분리하는 광 분할기; 상기 광 분할기를 통과한 광 범을 상기 샘플에 집광시키는 대물렌즈; 상기 샘플로부터 반사된 광 범이 입사되는 집광렌즈의 초점위치들을 잇는 초점라인과 상기 집광렌즈로부터 출사된 광 범을 입력받는 이미지 센서의 수광면이 교차됨에 따라 형성되는 광스팟 이미지를 근거로 하여 상기 대물렌즈의 초점위치에 대한 상기 샘플의 초점위치 어긋남을 검출하는 초점위치 어긋남 검출부;를 포함한다.
- [0010] 또한, 상기 초점위치 어긋남 검출부는 상기 집광렌즈의 초점라인과 상기 이미지 센서의 수광면은 90도를 제외한 각도로 교차하는 것을 포함한다.
- [0011] 또한, 상기 초점위치 어긋남 검출부에서 상기 집광렌즈는 상기 초점라인과 상기 이미지 센서의 수광면이 교차되 도록 서로 다른 초점거리를 가지고 광 빔이 출사되는 면이 선형적인 곡률 반경을 가진 렌즈를 포함한다.
- [0012] 또한, 상기 집광렌즈는 곡률 반경이 서로 다른 제1 단부와 제2 단부를 포함하고, 일측 단부에서 타측 단부로 갈 수록 곡률 반경이 선형적으로 감소하거나 증가하는 것을 포함한다.
- [0013] 또한, 상기 집광렌즈는 곡률 반경이 일정한 제1 단부와 제2 단부를 포함하고, 일측 단부에서 타측 단부로 갈수록 렌즈 두께가 선형적으로 감소하거나 증가하는 것을 포함한다.
- [0014] 또한, 상기 초점위치 어긋남 검출부에서 상기 집광렌즈는 초점거리가 일정한 실린더 렌즈이고, 상기 실린더 렌즈의 초점위치들을 잇는 초점라인이 상기 이미지 센서의 수광면과 교차하도록 상기 실린더 렌즈는 광 축에 경사지게 배치된 것을 포함한다.
- [0015] 또한, 상기 초점위치 어긋남 검출부에서 상기 이미지 센서의 수광면이 상기 집광렌즈의 초점라인과 교차하도록 상기 이미지 센서는 광 축에 경사지게 배치된 것을 포함한다.
- [0016] 또한, 상기 초점위치 어긋남 검출부는 제어부를 포함하고, 상기 제어부는 상기 이미지 센서에 의해 감지된 픽셀 별 이미지 데이터로부터 상기 광스팟 이미지를 생성하고, 상기 생성된 광스팟 이미지를 분석하여 광스팟 이미지 상에서 광 범들의 세기를 근거로 하여 상기 집광렌즈의 초점위치를 판단하고, 상기 판단된 집광렌즈 초점위치와

기준위치를 비교하여 상기 대물렌즈의 초점위치에 대한 상기 샘플의 초점위치 어긋남 여부 및 초점위치 어긋남 량을 판단하는 것을 포함한다.

- [0017] 또한, 상기 초점위치 어긋남 검출부는 상기 샘플과 연결된 스테이지를 이동시키는 스테이지이동부를 포함하고, 상기 제어부는 샘플의 초점위치가 어긋난 경우, 상기 판단된 초점위치 어긋남량에 따라 상기 샘플이 상기 대물 렌즈의 초점위치에 위치하도록 상기 스테이지이동부를 통해 상기 스테이지를 이동시키는 것을 포함한다.
- [0018] 본 발명의 다른 측면에 따른 자동초점 조절장치는 광원; 상기 광원으로부터 샘플에 입사되는 광범의 경로와 상기 샘플로부터 반사되는 광범의 경로를 분리하는 제1 광 분할기; 상기 제1 광 분할기를 통과한 광 범을 상기 샘플에 집광시키는 대물렌즈; 상기 샘플로부터 반사된 후 상기 제1 광 분할기로부터 출사되는 광범을 일부는 통과시키고, 일부는 반사시키는 제2 광 분할기; 상기 제2 광 분할기를 통과한 광 범이 입사되는 제1 집광렌즈의 초점위치들을 잇는 제1 초점라인과 상기 제1 집광렌즈로부터 출사된 광 범을 입력받는 제1 이미지 센서의 수광면이 교차됨에 따라 형성되는 제1 광스팟 이미지를 근거로 하여 상기 대물렌즈의 초점위치에 대한 상기 샘플의 초점위치 어긋남을 검출하는 제1 초점위치 어긋남 검출부; 상기 제2 광 분할기에 의해 반사된 광 범이 입사되는 제2 집광렌즈의 초점위치들을 잇는 제2 초점라인과 상기 제2 집광렌즈로부터 출사된 광 범을 입력받는 제2 이미지 센서의 수광면이 교차됨에 따라 형성되는 제2 광스팟 이미지를 근거로 하여 상기 대물렌즈의 초점위치에 대한 상기 샘플의 초점위치 어긋남을 검출하는 제2 초점위치 어긋남 검출부;를 포함한다.
- [0019] 이상에서 설명한 본 발명의 일 측면에 따르면, 이미지 센서를 통한 단 한 번의 촬영으로 초점 위치를 찾을 수 있도록 집광렌즈의 초점위치들을 잇는 초점면과 집광렌즈에서 광이 나오는 면과 이미지 센서의 수광면을 교차되게 구성함으로써 능동형과 수동형 방식의 자동초점 조절장치에 비해 자동 초점 동작을 고속이면서 정밀하게 수행할 수 있다.
- [0020] 또한, 본 발명의 다른 측면에 따르면, 일반적인 자동초점제어시스템은 스캔과 제어를 통해서 초점의 위치를 찾는다. 하지만, 본 발명은 기존의 방법과 상이하게 단 한 번의 촬영으로 정확한 초점의 위치를 찾을 수 있다. 이렇게 함으로써, 기존보다 매우 빠르게 구동할 수 있으며, 매우 정밀하게 초점의 위치를 알 수 있다. 기존의 방법이 속도와 분해능의 상호모순을 가지고 있으나, 본 발명은 이 두 가지의 성능 파라미터를 동시에 만족시킬 수 있다.

#### 도면의 간단한 설명

[0021] 도 1은 본 발명의 일실시예에 따른 자동초점 조절장치의 개략적인 구성도이다.

도 2는 도 1에 도시된 집광렌즈를 서로 다른 초점거리를 가진 3개의 집광렌즈로 구성한 자동초점조절장치에서 샘플이 대물렌즈의 초점위치에 위치한 경우 이 3개의 집광렌즈로부터 이미지 센서에 입사된 레이저광 빔들의 세기를 설명하기 위한 도면이다.

도 3은 도 1에 도시된 집광렌즈를 서로 다른 초점거리를 가진 3개의 집광렌즈로 구성한 자동초점조절장치에서 샘플이 대물렌즈의 초점위치보다 앞쪽에 위치한 경우, 이 3개의 집광렌즈로부터 이미지 센서에 입사된 레이저광 빔들의 세기를 설명하기 위한 도면이다.

도 4는 도 1에 도시된 집광렌즈를 서로 다른 초점거리를 가진 3개의 집광렌즈로 구성한 자동초점조절장치에서 샘플이 대물렌즈의 초점위치보다 뒤쪽에 위치한 경우, 이 3개의 집광렌즈로부터 이미지 센서에 입사된 레이저광 범들의 세기를 설명하기 위한 도면이다.

도 5는 도 1에 도시된 자동초점 조절장치의 집광렌즈의 사시도이다.

도 6 내지 도 8은 본 발명의 일실시예에 따른 자동초점 조절장치에서 샘플과 대물렌즈간의 상대적인 거리별로 이미지 센서의 이미지를 시뮬레이션 한 결과를 나타낸 도면이다.

도 9는 본 발명의 다른 실시예에 따른 자동초점 조절장치의 집광렌즈의 사시도이다.

도 10은 본 발명의 또 다른 실시예에 따른 자동초점 조절장치로서, 이미지 센서의 수광면에 대하여 실린더형 집 광렌즈가 경사지게 배치된 자동초점 조절장치를 설명하기 위한 도면이다.

도 11는 본 발명의 또 다른 실시예에 따른 자동초점 조절장치로서, 실린더형 집광렌즈에 대하여 이미지 센서의 수광면이 경사지게 배치된 자동초점 조절장치를 설명하기 위한 도면이다.

도 12는 본 발명의 또 다른 실시예에 따른 자동초점 조절장치의 개략적인 구성도이다.

#### 발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0022] 이하, 첨부된 도면을 참조하여 본 발명의 실시예에 대해 설명한다.
- [0023] 본 발명의 일 측면에 따른 자동초점 조절장치는 단 한 번의 촬영을 통해서 공간적으로 초점의 위치를 파악할 수 있는 방안을 적용하여 기존보다 초점위치를 고속 및 정밀하게 추정이 가능하다. 아래와 같이 3가지의 방법이 가능하다.
- [0024] 첫째, 렌즈의 초점 거리가 선형적으로 변화하는 렌즈를 집광렌즈로 채용한다. 일반 실린더 형태의 렌즈와 유사한 형태이나, 렌즈의 초점 거리가 지속적으로 변화하는 형태를 가진 GFP(Gradient Focal Points) 렌즈를 사용한다. 이 렌즈를 적용하면 렌즈를 통과한 빛이 수광부에서 초점의 위치가 변하기 때문에 수광부 위치와 초점 위치가 일치하는 곳에서 강한 신호가 측정되고 이로써 초점의 위치를 알 수 있다.
- [0025] 둘째, 렌즈의 중심 두께가 선형적으로 변화하는 렌즈를 집광렌즈로 채용한다. 일반 실린더 형태의 렌즈를 선형적으로 두께를 변화시켜 초점의 위치가 선형적으로 변화하게 한다. 이 렌즈를 적용하면 초점의 위치가 이 렌즈를 통과 후 이미지센서에서 변하기 때문에 이미지 센서의 수광면과 초점 위치가 일치하는 곳에서 강한 신호가 측정되고 이로써 초점의 위치를 알 수 있다.
- [0026] 셋째, 집광렌즈와 이미지센서의 수광면간의 거리를 선형적으로 변화시킨다. 이 방식은 기존의 실린더 형태의 집 광렌즈와 이미지센서의 수광면과의 각도를 조절함으로써 앞서 말한 방법과 유사하게 초점의 위치가 선형적으로 변화하는 효과를 얻을 수 있다. 이와 같은 특성을 이용하여 초점의 위치를 파악할 수 있다.
- [0027] 기존 방식의 자동초점 조절장치는 대부분 이미지센서를 이용하여 주어진 샘플에 대해서 현미경의 초점 상단에 있는지, 하단 있는지를 판단하며 초점의 위치를 파악할 수 있으나 단 한 번의 측정으로 정확한 위치를 파악할 수 없다. 그러나 본 발명에 따른 자동초점 조절장치는 기존 방식과 다르게 단 한 번의 촬영으로 초점의 위치를 정확하게 파악할 수 있어서 상대적으로 고속화를 실현할 수 있다.
- [0028] 도 1은 본 발명의 일실시예에 따른 자동초점 조절장치의 개략적인 구성도이다.
- [0029] 도 1에 도시된 바와 같이, 자동초점 조절장치는 광원(10), 필드렌즈(11), 광 분할기(12), 대물렌즈(13), 초점위 치 어긋남 검출부(14,15,16), 스테이지이동부(17) 및 스테이지(18)을 포함한다.
- [0030] 초점위치 어긋남 검출부(14,15,16,17)는 집광렌즈(14), 이미지 센서(15), 제어부(16)를 포함한다.
- [0031] 광원(10)은 샘플(S)의 표면에 레이저광 빔을 입사시키기 위하여 레이저광 빔을 출력하고, 광량 조절이 가능하여 일정한 형태의 레이저광을 출력하는 장치이다.
- [0032] 필드렌즈(11)는 광원(10)로부터의 레이저광 빔을 평행광 빔으로 만들어 광 분할기(12)에 입사시킨다.
- [0033] 광 분할기(12)는 입사된 광의 일부는 반사시키고 일부는 통과시키는 부분반사 특성을 가진 하프 미러(Half Mirror) 또는 이와 동등한 기능을 구현하는 광학소재로 구성된다.
- [0034] 대물렌즈(13)는 광 분할기(12)에 의해 입사된 레이저광 빔을 집속하여 샘플(S)상에 조사하고, 샘플(S)로부터 반사광 빔을 수신한다.
- [0035] 샘플(S)는 대물렌즈(13)와 마주보도록 배치된다. 예를 들면, 샘플(S)는 광학계의 스테이지 상에 고정되어 스테이지와 함께 Y방향 및 Z방향으로 이동되고, 스테이지와 함께 대물렌즈(13)에 대해 상대적으로 X방향으로 이동될 수 있다. 샘플(S)의 표면이 X방향에서 초점위치(기준위치)에 있을 때, 이미지센서(15)를 통해 샘플 표면의 선명한 이미지를 얻을 수 있다. 이때, 초점위치는 대물렌즈(13)의 배율에 따라 변경된다.
- [0036] 집광렌즈(14)는 광 분할기(12)와 이미지 센서(15)의 사이에 배치된다. 집광렌즈(14)는 서로 다른 초점거리를 가지고, 그 초점위치들을 잇는 초점라인이 이미지 센서(15)의 수광면과 교차하는 렌즈이다. 이와 관련하여, 이하에서는 초점위치들이 선형적으로 경사진 렌즈(Gradient Focal Point Lens; 이하 GFP 렌즈)라고 칭한다.
- [0037] 집광렌즈(14)에 의해 광 분할기(12)로부터 입사된 레이저광 빔은 이미지 센서(15) 측에 대하여 서로 다른 초점 위치에 집속된다.
- [0038] 이미지 센서(15)는 샘플(S)의 표면에서 반사되고 집광렌즈(14)에 의해 서로 다른 위치에 초점위치가 형성되는 레이저광 빔들을 감지하여 픽셀 위치별 이미지 데이터를 발생시킨다. 이러한 각각의 이미지 데이터들은 제어부 (16)에 의해 종합되어 하나의 광스팟 이미지로 만들어진다.

- [0039] 제어부(16)는 이미지 센서(15)에 의해 감지된 픽셀별 이미지 데이터로부터 광스팟 이미지를 생성하고, 생성된 광스팟 이미지를 분석하여 광스팟 이미지 상에서 레이저광 범들의 세기를 근거로 하여 집광렌즈(14)의 초점위치를 판단하고, 판단된 집광렌즈(14)의 초점위치와 기준위치를 비교하여 대물렌즈(13)의 초점위치에 대한 샘플 (S)의 초점위치 어긋남 여부 및 초점위치 어긋남량을 판단하고, 초점위치가 어긋난 경우 스테이지이동부(17)을 통해 스테이지(18)을 이동시켜 샘플(S)을 정상적인 초점위치로 이동시킴으로써 초점위치 어긋남을 보정하는 방식으로 자동 초점을 수행한다.
- [0040] 스테이지구동부(17)는 제어부(16)의 제어신호에 따라 스테이지(18)을 이동시킨다.
- [0041] 상기한 구성을 가진 자동초점 조절장치의 광원(10)으로부터 레이저광 범은 필드렌즈(11)를 통과하며 평행광 범으로 만들어지고, 광 분할기(12)에 의해 진행 경로 바뀌어 대물렌즈(13)로 입사하게 된다. 레이저광 범은 대물렌즈(13)를 통과한 후 샘플(S)에 도달한 후 반사되어 다시 대물렌즈(13)로 입사된다. 대물렌즈(13)로 입사된 반사광 범은 광 분할기(12)를 다시 통과한 후 광 분할기(12)의 후방에 배치된 집광렌즈(14)에 입사된다. 집광렌즈(14)에 입사된 반사광 범은 이미지 센서(15)로 입사된다. 이에 따라, 이미지 센서(15)에서 레이저광 범들이 검출되기 때문에 샘플(S)의 이미지를 이미지 센서(15)로 감지할 수 있다.
- [0042] 이때, 집광렌즈(14)에 의해 조사된 레이저광 빔들이 서로 다른 초점위치에 집속되고 그 초점위치들을 잇는 초점 라인이 이미지 센서(15)의 수광면과 교차되기 때문에 이미지 센서(15)에 의해 감지된 광스팟 이미지 상에서 초점위치가 이미지 센서(15)의 수광면인 레이저광 빔의 세기는 강하지만, 초점 위치가 이미지 센서(15)의 수광면을 벗어나 그 수광면의 앞쪽 혹은 뒤쪽인 레이저광 빔의 세기는 약하다.
- [0043] 따라서 광스팟 이미지 상에서 레이저광 빔 별로 밝기가 다르게 나타난다. 이로 인해, 광스팟 이미지에서 레이저 광 빔의 밝기가 가장 밝은 위치가 현재 샘플(S)의 초점위치이므로, 이 가장 밝은 위치와 기준 위치를 비교하여 샘플(S)의 위치와 대물렌즈(13)의 초점위치 간의 초점위치 어긋남을 판단할 수 있다.
- [0044] 서로 다른 초점거리를 가진 집광렌즈(14)의 각 초점위치를 잇는 초점라인이 이미지 센서(15)의 수광면과 교차되기 때문에 이미지 센서(15)의 광스팟 이미지 상의 초점위치는 샘플(S)과 대물렌즈(13)의 상대적인 거리에 따라변하다.
- [0045] 이하에서는 샘플(S)와 대물렌즈(13) 간의 초점위치 어긋남을 판단하는 과정을 좀 더 자세히 설명한다.
- [0046] 도 2는 도 1에 도시된 집광렌즈를 서로 다른 초점거리를 가진 3개의 집광렌즈로 구성한 자동초점 조절장치에서 샘플이 대물렌즈의 초점위치에 위치한 경우 이 3개의 집광렌즈로부터 이미지 센서에 입사된 레이저광 빔들의 세기를 설명하기 위한 도면이다. 도 3은 도 1에 도시된 집광렌즈를 서로 다른 초점거리를 가진 3개의 집광렌즈로 구성한 자동초점 조절장치에서 샘플이 대물렌즈의 초점위치보다 앞쪽에 위치한 경우, 이 3개의 집광렌즈로부터 이미지 센서에 입사된 레이저광 빔들의 세기를 설명하기 위한 도면이다. 도 4는 도 1에 도시된 집광렌즈를 서로 다른 초점거리를 가진 3개의 집광렌즈로 구성한 자동초점 조절장치에서 샘플이 대물렌즈의 초점위치보다 뒤쪽에 위치한 경우, 이 3개의 집광렌즈로부터 이미지 센서에 입사된 레이저광 빔들의 세기를 설명하기 위한 도면이다.
- [0047] 도 2에 도시된 바와 같이, 샘플(S)이 정확하게 대물렌즈(13)의 초점위치인 초점면에 위치한 경우, 샘플(S)에 반사되어 대물렌즈(13)을 통과한 반사광 빔이 곡률 반경 18mm인 집광렌즈(14)에 입사된다고 가정하면, 집광렌즈(14)로부터 출사된 레이저광 빔은 이미지 센서(15)의 수광면이 아닌 전단에 집속된다. 즉, 18mm 집광렌즈의 초점위치(F1)는 이미지 센서(15)의 수광면 전단에 위치한다.
- [0048] 또한, 샘플(S)에 반사되어 대물렌즈(13)을 통과한 반사광 빔이 곡률 반경 25mm인 집광렌즈(14)를 입사된다고 가정하면, 집광렌즈(14)로부터 출사된 레이저광 빔은 이미지 센서(15)의 수광면에 집속된다. 즉, 25mm 집광렌즈의 초점위치(F2)는 이미지 센서(15)의 수광면 상에 위치한다.
- [0049] 또한, 샘플(S)에 반사되어 대물렌즈(13)을 통과한 반사광 빔이 곡률 반경 35mm인 집광렌즈(14)를 입사된다고 가정하면, 집광렌즈(14)로부터 출사된 레이저광 빔은 이미지 센서(15)의 수광면이 아닌 후단에 집속된다. 즉, 35mm 집광렌즈의 초점위치(F3)는 이미지 센서(15)의 수광면 후단에 위치한다.
- [0050] 각 곡률반경의 집광렌즈의 초점위치 F1, F2, F3을 잇는 초점라인은 이미지 센서(15)의 수광면과 교차한다. 이때, 이미지 센서(15)의 수광면에서 F2에서의 레이저광 빔의 세기가 F1에 대응하는 위치 및 F3에 대응하는 위치에서의 레이저광 빔의 세기보다 강하다.
- [0051] 도 3에 도시된 바와 같이, 샘플(S)이 대물렌즈(13)의 초점위치인 초점면보다 앞쪽에 위치한 경우, 샘플(S)에 반사되어 대물렌즈(13)을 통과한 반사광 범이 곡률 반경 18mm인 집광렌즈(14)에 입사된다고 가정하면, 집광렌즈

- (14)로부터 출사된 레이저광 빔은 이미지 센서(15)의 수광면에 집속된다. 즉, 18mm 집광렌즈의 초점위치(F1)는 이미지 센서(15)의 수광면에 위치한다.
- [0052] 또한, 샘플(S)에 반사되어 대물렌즈(13)을 통과한 반사광 빔이 곡률 반경 25mm인 집광렌즈(14)를 입사된다고 가 정하면, 집광렌즈(14)로부터 출사된 레이저광 빔은 이미지 센서(15)의 수광면의 후단에 집속된다. 즉, 25mm 집 광렌즈의 초점위치(F2)는 이미지 센서(15)의 수광면의 후단에 위치한다.
- [0053] 또한, 샘플(S)에 반사되어 대물렌즈(13)을 통과한 반사광 빔이 곡률 반경 35mm인 집광렌즈(14)를 입사된다고 가정하면, 집광렌즈(14)로부터 출사된 레이저광 빔은 이미지 센서(15)의 수광면의 후단에 집속된다. 즉, 35mm 집 광렌즈의 초점위치(F3)는 이미지 센서(15)의 수광면 후단 중 F2보다 멀리 떨어진 위치에 위치한다.
- [0054] 역시, 각 곡률반경의 집광렌즈의 초점위치 F1, F2, F3을 잇는 초점라인은 이미지 센서(15)의 수광면과 교차한다. 이때, 이미지 센서(15)의 수광면에서 F1에서의 레이저광 빔의 세기가 F2에 대응하는 위치 및 F3에 대응하는 위치에서의 레이저광 빔의 세기보다 강하다.
- [0055] 도 4에 도시된 바와 같이, 샘플(S)이 대물렌즈(13)의 초점위치인 초점면보다 뒤쪽에 위치한 경우, 샘플(S)에 반사되어 대물렌즈(13)을 통과한 반사광 빔이 곡률 반경 18mm인 집광렌즈(14)에 입사된다고 가정하면, 집광렌즈(14)로부터 출사된 레이저광 빔은 이미지 센서(15)의 수광면 전단에 집속된다. 즉, 18mm 집광렌즈의 초점위치 (F1)는 이미지 센서(15)의 수광면이 아닌 전단에 위치한다.
- [0056] 또한, 샘플(S)에 반사되어 대물렌즈(13)을 통과한 반사광 빔이 곡률 반경 25mm인 집광렌즈(14)를 입사된다고 가정하면, 집광렌즈(14)로부터 출사된 레이저광 빔은 이미지 센서(15)의 수광면의 전단에 집속된다. 즉, 25mm 집 광렌즈의 초점위치(F2)는 이미지 센서(15)의 수광면의 전단 중 F1보다 가까운 위치에 위치한다.
- [0057] 또한, 샘플(S)에 반사되어 대물렌즈(13)을 통과한 반사광 빔이 곡률 반경 35mm인 집광렌즈(14)를 입사된다고 가 정하면, 집광렌즈(14)로부터 출사된 레이저광 빔은 이미지 센서(15)의 수광면에 집속된다. 즉, 35mm 집광렌즈의 초점위치(F3)는 이미지 센서(15)의 수광면 상에 위치한다.
- [0058] 역시, 각 곡률반경의 집광렌즈의 초점위치 F1, F2, F3을 잇는 초점라인은 이미지 센서(15)의 수광면과 교차한다. 이때, 이미지 센서(15)의 수광면에서 F3에서의 레이저광 빔의 세기가 F1에 대응하는 위치 및 F2에 대응하는 위치에서의 레이저광 빔의 세기보다 강하다.
- [0059] 이상과 같이, 샘플(S)이 정확하게 대물렌즈(13)의 초점면에 있다면, 이때 이미지 센서(15)의 수광면과 집광렌즈 (14)의 초점위치가 일치하는 경우에만 수광면에서 강한 신호가 측정된다. 이와 유사하게 각각의 샘플(S)이 대물 렌즈(13)의 초점거리보다 앞쪽이나 뒤쪽에 위치하게 되면, 이미지 센서(15)의 수광면과 집광렌즈(14)의 초점위치가 일치하는 경우에만 수광면에서 강한 신호가 측정된다. 결국 이미지 센서(15)의 수광면에서 신호가 강하게 측정되는 부분의 위치를 측정함으로써, 대물렌즈(13)에 대한 현재 샘플(S)의 상대 위치를 파악할 수 있다.
- [0060] 만일 곡률반경이 다른 3개의 집광렌즈가 아니라 초점거리가 매우 다양한 복수의 곡률반경이 연속적인 집광렌즈를 사용한 후 이미지 센서(15)의 수광면의 신호를 측정할 수 있다면 대물렌즈(13)에 대한 샘플(S)의 위치를 상대적으로 간편하면서도 신속하고 정확하게 파악할 수 있게 된다.
- [0061] 이와 같은 기법을 도입하기 위해서 집광렌즈를 곡률이 연속적으로 경사지게 변화하는 GFP 렌즈로 구성한다.
- [0062] 도 5는 도 1에 도시된 자동초점 조절장치의 집광렌즈의 사시도이다.
- [0063] 도 5에 도시된 바와 같이, 집광렌즈(14)는 초점거리가 서로 달라지도록 곡률 반경이 서로 다른 제1 단부(A)와 제2 단부(B)를 가진다.
- [0064] 예를 들면, 제1 단부(A)의 곡률 반경(R1)이 제2 단부(B)의 곡률 반경(R2)보다 작다. 제1 단부(A)에서 제2 단부 (B)로 갈수록 곡률 반경이 연속적으로 줄어들 데, 곡률이 선형적으로 경사지게 이루어지도록 구성된다 (R1<R2<R3<R4<R5).
- [0065] 서로 다른 초점거리를 가진 집광렌즈(14)의 각 초점위치를 잇는 초점라인은 선형적으로 이루어진다. 상술한 바와 같이, 이 초점라인이 이미지 센서(15)의 수광면과 교차되도록 집광렌즈(14)와 이미지 센서(15)가 배치된다.
- [0066] 도 6 내지 도 8은 본 발명의 일실시예에 따른 자동초점 조절장치에서 샘플과 대물렌즈간의 상대적인 거리별로 이미지 센서의 이미지를 시뮬레이션 한 결과를 나타낸 도면이다.
- [0067] 도 6 내지 도 8에 도시된 바와 같이, 초점거리가 서로 다른 집광렌즈의 수학적인 모델링을 통해서 얻을 수 있는

- 이미지 센서(15)의 수광면에서의 광스팟 이미지는 다음과 같다.
- [0068] 먼저, 도 6에서는 샘플(S)의 위치가 대물렌즈(13)의 초점면과 일치할 때의 광스팟 이미지를 나타내고, 도 7에서는 샘플(S)의 위치가 대물렌즈(13)의 초점면보다 앞쪽에 있을 때의 광스팟 이미지를 나타내며, 도 8에서는 샘플(S)의 위치가 대물렌즈(13)의 초점면보다 뒤쪽에 있을 때의 광스팟 이미지를 나타낸다. 이때, 도 6 내지 도 8에서의 F는 초점위치를 나타낸다.
- [0069] 결국 단 한 번의 촬영으로 샘플(S)의 위치와 대물렌즈(13)의 초점위치 간의 초점위치 어긋남을 판단할 수 있어 대물렌즈(13)의 초점면에 대한 샘플(S)의 상대적인 위치를 정확히 파악할 수 있게 된다.
- [0070] 도 9는 본 발명의 다른 실시예에 따른 자동초점 조절장치의 집광렌즈의 사시도이다.
- [0071] 도 9에 도시된 바와 같이, 집광렌즈(14)는 제1 단부 내지 제2 단부에 이르는 면의 곡률 반경이 동일하지만 렌즈의 중심 두께를 선형적으로 변화시켜 서로 다른 초점거리를 가지는 렌즈일 수 있다.
- [0072] 제1 단부(A) 내지 제2 단부(B)에 이르는 면의 곡률 반경은 모두 동일한 곡률 반경(R1)을 가진다.
- [0073] 또한, 집광렌즈(14)의 각 초점위치를 잇는 초점라인은 선형적으로 이루어진다.
- [0074] 집광렌즈(14)에 의해 형성되는 초점라인은 이미지 센서(15)의 수광면과 교차하도록 집광렌즈(14)과 이미지 센서 (15)는 배치된다.
- [0075] 이와 같은 형태의 집광렌즈(14)는 곡률 반경은 동일하게 유지하고 렌즈의 중심 두께만을 선형적으로 변화시켜 GFP 렌즈와 비슷한 효과를 가지게 한다.
- [0076] 이하에서는 집광렌즈를 GFP 렌즈가 아닌 초점거리가 일정한 실린더형태의 렌즈로 사용하고 대신에 이 실린더형 태의 집광렌즈와 이미지 센서의 수광면사이의 상대적인 각도를 조절하는 방식으로 집광렌즈에 의해 형성되는 초점라인과 이미지 센서의 수광면이 교차하도록 구성하는 것을 설명한다.
- [0077] 도 10은 본 발명의 또 다른 실시예에 따른 자동초점 조절장치로서, 이미지 센서의 수광면에 대하여 실린더형 집 광렌즈가 경사지게 배치된 자동초점 조절장치를 설명하기 위한 도면이다.
- [0078] 도 10에 도시된 바와 같이, 집광렌즈(14)를 초점거리가 일정한 실린더 렌즈로 사용하고 대신에 이 실린더 렌즈를 이미지 센서(15)의 수광면에 경사지게 배치함으로써 실린더 렌즈에 의해 형성되는 초점라인이 이미지 센서(15)의 수광면과 교차하도록 구성한다. 이때, 실린더 렌즈의 초점라인과 이미지 센서(15)의 수광면 간이 이루는 각도는 각도의 절대값이 0도를 초과하고 90도 미만의 각도값을 가진다. 즉, 실린더 렌즈의 초점라인과 이미지 센서(15)의 수광면은 수평하거나 수직하지 않도록 배치된다.
- [0079] 도 11는 본 발명의 또 다른 실시예에 따른 자동초점 조절장치로서, 실린더형 집광렌즈에 대하여 이미지 센서의 수광면이 경사지게 배치된 자동초점 조절장치를 설명하기 위한 도면이다.
- [0080] 도 11에 도시된 바와 같이, 집광렌즈(14)를 초점거리가 일정한 실린더 렌즈로 사용하고 대신에 실린더 렌즈에 대하여 이미지 센서(15)의 수광면을 경사지게 배치함으로써 실린더 렌즈에 의해 형성되는 초점라인이 이미지 센서(15)의 수광면과 교차하도록 구성한다.
- [0081] 이상과 같이, 집광렌즈(14)를 GFP 렌즈 대신에 일반적인 실린더 렌즈로 대체하고, GFP 렌즈와 같은 효과를 얻기 위해서 실린더 렌즈와 이미지 센서(15)의 수광면과의 상대적인 각도를 조절한다. 실린더 렌즈를 기울이거나 이미지 센서(15)의 수광면을 기울일 수 있다. 즉, 실린더 렌즈와 이미지 센서(15)의 수광면 간의 상대적인 각도를 형성하는 것이 중요하다. 실린더 렌즈와 이미지 센서의 수광면사이의 상대적인 각도를 조절함으로써 집광렌즈의 초점위치가 상대적으로 이동하는 것을 확인할 수 있다.
- [0082] 이하에서는 샘플 이미지를 서로 다른 위치에 마련된 두 개의 이미지 센서를 통해 감지하는 것을 설명한다.
- [0083] 도 12는 본 발명의 또 다른 실시예에 따른 자동초점 조절장치의 개략적인 구성도이다.
- [0084] 도 12에 도시된 바와 같이, GFP 렌즈의 초점거리에 대한 설계에 따라서 자동 초점의 범위가 결정된다. 이러한 제한범위를 확장하기 위한 방법으로 GFP 렌즈와 이미지 센서를 이중으로 구성한다. 전반적인 구조는 도 1과 동일하고, 제1 집광렌즈(14a)를 통과하기 바로 전 단계에서 제2 광분할기(12b)에 의해 두 갈래로 레이저광 범이 분리된다. 이렇게 분리된 레이저광 범은 초점거리가 서로 다른 제1 집광렌즈(14a)와 제2 집광렌즈(14b)를 통과하게 된다. 이렇게 함으로써 운용범위를 확장할 수 있다. 또한, 다단의 광 분할기를 사용함으로써 탄력적으로

운용범위를 조절할 수 있다.

- [0085] 좀더 자세히 살펴보면, 자동초점 조절장치는 광원(10), 제1 광 분할기(12a), 대물렌즈(13) 외에도 샘플(S)로부터 반사된 후 제1 광 분할기(12a)를 통과한 광범을 일부는 통과시키고, 일부는 반사시키는 제2 광 분할기(12b)를 포함한다.
- [0086] 또한, 자동초점 조절장치는 이 제2 광 분할기(12b)에 의해 분리된 광 빔이 입사되는 제1 집광렌즈(14a)와 제1 이미지 센서(15a)를 포함한다. 이 제1 집광렌즈(14a)와 제1 이미지 센서(15a)는 전반적인 제어를 수행하는 제어 부와 함께 제1 초점위치 어긋남 검출부를 구성한다.
- [0087] 제1 초점위치 어긋남 검출부는 제2 광 분할기(12b)를 통과한 광 범이 입사되는 제1 집광렌즈(14a)의 초점위치들을 잇는 제1 초점라인과 제1 집광렌즈(14a)로부터 나온 광 범이 입사되는 제1 이미지 센서(15a)의 수광면이 교차됨에 따라 형성되는 제1 광스팟 이미지를 기초로 하여 대물렌즈(13)의 초점위치에 대한 샘플(S)의 초점위치어 어긋남을 검출한다.
- [0088] 또한, 자동초점 조절장치는 이 제2 광 분할기(12b)에 의해 분리된 광 범이 입사되는 제2 집광렌즈(14b)와 제2 이미지 센서(15b)를 포함한다. 이 제2 집광렌즈(14b)와 제2 이미지 센서(15b)는 전반적인 제어를 수행하는 제어 부와 함께 제2 초점위치 어긋남 검출부를 구성한다.
- [0089] 제1 초점위치 어긋남 검출부는 제2 광 분할기(12b)에 의해 반사된 광 범이 입사되는 제2 집광렌즈(14b)의 초점 위치들을 잇는 제2 초점라인과 제2 집광렌즈(14b)로부터 나온 광 범이 입사되는 제2 이미지 센서의 수광면이 교 차됨에 따라 형성되는 제2 광스팟 이미지를 기초로 하여 대물렌즈(13)의 초점위치에 대한 샘플(S)의 초점위치 어긋남을 검출한다.
- [0090] 이때, 제1 집광렌즈(14a)와 제1 이미지센서(15a) 간의 거리를 La라 하고, 제2 집광렌즈(14b)와 제2 이미지센서 (15b) 간의 거리를 Lb라 할 때 La와 Lb를 동일하게 할 수도 있지만, 서로 다른 거리를 가지도록 할 수 있다. La 와 Lb의 거리를 다르게 함으로써 사용자가 원하는 샘플의 초점 측정 범위를 선택할 수 있어 측정 환경을 확장할 수 있다.
- [0091] 상기한 도 12에서는 제1 집광렌즈(14a)와 제2 집광렌즈(14b)를 GFP 렌즈로 구성한 것에 대해서 설명하고 있지만, 두 개의 렌즈 중 적어도 하나는 GFP 렌즈로 사용하고, 다른 하나는 일반 실린더 렌즈를 사용하는 것도 가능하다. 이러한 경우, 실린더 렌즈의 초점라인과 해당 이미지 센서의 수광면이 교차하도록 실린더 렌즈 혹은 해당 이미지 센서 중 어느 하나를 광 축에 경사지게 배치한다.
- [0092] 또한, 제1 집광렌즈(14a)와 제2 집광렌즈(14b)를 모두 실린더 렌즈로 대신하는 것도 가능하다. 이러한 경우, 해당 실린더 렌즈의 초점라인과 해당 이미지 센서의 수광면이 교차하도록 해당 실린더 렌즈 혹은 해당 이미지 센서 중 어느 하나를 광 축에 경사지게 배치한다.
- [0093] 이상에서 설명한 바와 같이, 기존의 자동초점 조절장치는 스캔과 제어를 통해서 초점의 위치를 찾는다. 그러나 본 발명은 기존의 방법과는 다르게 단 한 번의 촬영으로 정확한 초점의 위치를 찾을 수 있다. 이렇게 함으로써, 기존보다 매우 빠르게 구동할 수 있으며, GFP 렌즈의 특성에 의해 매우 정밀하게 초점의 위치를 알 수 있다. 기존의 방법은 속도와 분해능의 상호모순을 가지고 있으나, 본 발명은 이 가지의 성능 파라미터를 동시에 만족시킬 수 있다.

#### 부호의 설명

[0094] 10 : 광원 11 : 필드렌즈

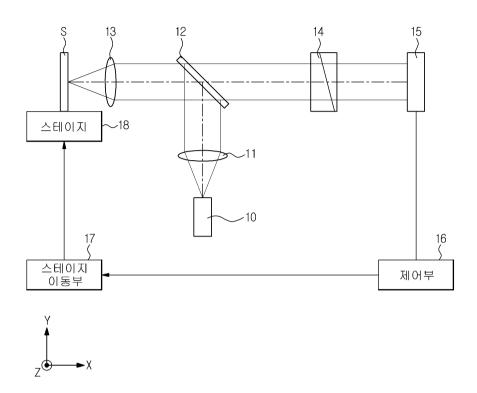
12 : 광 분할기 13 : 대물렌즈

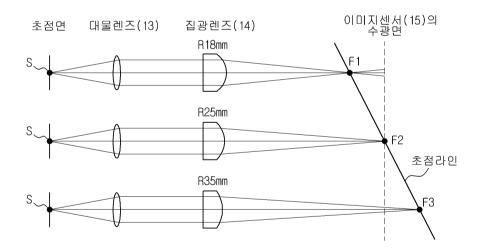
14 : 집광렌즈 15 : 이미지 센서

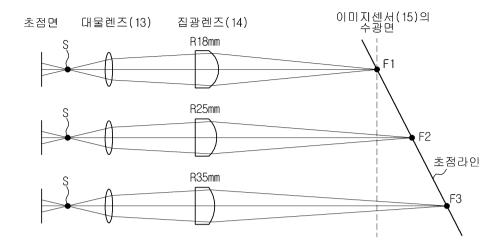
16 : 제어부 17 : 스테이지 이동부

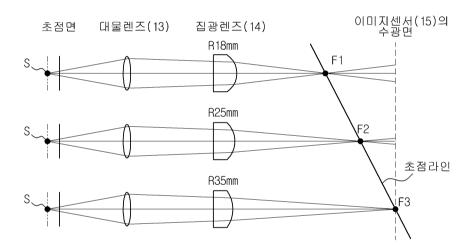
18 : 스테이지

## 도면1









*도면5* 

