



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2015-0097732
(43) 공개일자 2015년08월26일

- | | |
|--|---|
| <p>(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
G02B 13/26 (2006.01) G02B 27/00 (2006.01)
G02B 3/00 (2006.01) G03G 15/04 (2006.01)</p> <p>(52) CPC특허분류(Coo. Cl.)
G02B 13/26 (2013.01)
G02B 27/0018 (2013.01)</p> <p>(21) 출원번호 10-2015-7019406</p> <p>(22) 출원일자(국제) 2013년12월18일
심사청구일자 2015년07월17일</p> <p>(85) 번역문제출일자 2015년07월17일</p> <p>(86) 국제출원번호 PCT/JP2013/085017</p> <p>(87) 국제공개번호 WO 2014/104264
국제공개일자 2014년07월03일</p> <p>(30) 우선권주장
JP-P-2012-284439 2012년12월27일 일본(JP)</p> | <p>(71) 출원인
캐논 가부시끼가이샤
일본 도쿄도 오오따꾸 시모마루쵸 3쵸메 30방 2고</p> <p>(72) 발명자
사이가 다케요시
일본 1468501 도쿄도 오오따꾸 시모마루쵸 3쵸메 30방 2고 캐논 가부시끼가이샤 내
데라무라 마사야스
일본 1468501 도쿄도 오오따꾸 시모마루쵸 3쵸메 30방 2고 캐논 가부시끼가이샤 내
미야지마 유우
일본 1468501 도쿄도 오오따꾸 시모마루쵸 3쵸메 30방 2고 캐논 가부시끼가이샤 내</p> <p>(74) 대리인
장수길, 이중희</p> |
|--|---|

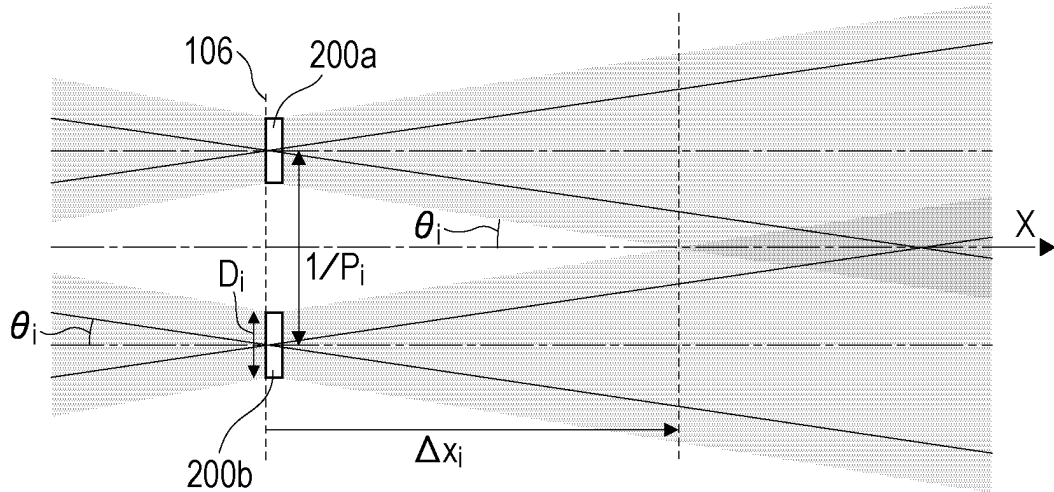
전체 청구항 수 : 총 19 항

(54) 발명의 명칭 광학 장치, 화상 형성 장치 및 화상 판독 장치

(57) 요약

광학 장치는, 제1 방향으로 배열된 복수의 발광점을 포함하는 광원과, 상기 제1 방향으로 배열된 복수의 렌즈 광학계를 포함하는 결상 광학계를 포함한다. 상기 결상 광학계는 수광면 상에 상기 복수의 발광점의 상을 형성한다. 제1 단면 및 제2 단면 내에서, 상기 수광면에 입사하는 결상 광속의 발산각의 최댓값의 반값, 해상도 및 상기 수광면 상에 형성되는 상기 복수의 발광점의 각각의 상의 크기는 미리 정해진 조건을 충족한다.

대표도 - 도2



- (52) CPC특허분류(Coo. Cl.)
G02B 3/005 (2013.01)
G03G 15/04036 (2013.01)
-

특허청구의 범위

청구항 1

광학 장치로서,

제1 방향으로 배열된 복수의 발광점을 포함하는 광원과,

상기 제1 방향으로 배열된 복수의 렌즈 광학계를 포함하는 결상 광학계를 포함하고,

상기 결상 광학계는 수광면 상에 상기 복수의 발광점의 상을 형성하고,

상기 제1 방향 및 상기 렌즈 광학계의 축 방향에 평행한 제1 단면 내에서, 상기 수광면에 입사하는 결상 광속의 발산각의 최댓값의 반값을 θ_m , 해상도를 P_m , 상기 수광면 상에 형성되는 상기 복수의 발광점의 각각의 상의 크기를 D_m 이라고 하고,

상기 제1 방향에 수직인 제2 단면 내에서, 상기 수광면에 입사하는 결상 광속의 발산각의 최댓값의 반값을 θ_s , 해상도를 P_s , 상기 수광면 상에 형성되는 상기 복수의 발광점의 각각의 상의 크기를 D_s 라고 할 때,

[수학식 1]

$$0.8 \leq \frac{P_m}{P_s} \frac{1 - P_s D_s \tan \theta_m}{1 - P_m D_m \tan \theta_s} \leq 1.2$$

의 조건을 충족하는 광학 장치.

청구항 2

제1항에 있어서, θ_m 은 유효 발산각의 최댓값의 반값 θ_m' 이며, θ_s 는 유효 발산각의 최댓값의 반값 θ_s' 인 광학 장치.

청구항 3

제1항에 있어서, 상기 결상 광학계는, 상기 제1 단면 내에서 상기 복수의 발광점 각각을 상기 수광면 상에 정립 등배 결상하고, 상기 제2 단면 내에서 상기 복수의 발광점 각각을 상기 수광면 상에 도립 결상하는 광학 장치.

청구항 4

제1항에 있어서, 상기 복수의 렌즈 광학계 각각은 에너모픽 표면(anamorphic surface)을 가지는 광학 장치.

청구항 5

제1항에 있어서, 상기 복수의 렌즈 광학계 각각은 상기 렌즈 광학계의 광축 방향으로 배열된 복수의 렌즈부를 포함하는 광학 장치.

청구항 6

제1항에 있어서, 상기 결상 광학계는 상기 제2 단면 내에서 확대계인 광학 장치.

청구항 7

제1항에 있어서, 상기 복수의 발광점은 유기 발광 소자인 광학 장치.

청구항 8

광학 장치로서,

제1 방향으로 배열된 복수의 발광점을 포함하는 광원과,

상기 제1 방향으로 배열된 복수의 렌즈 광학계를 포함하는 결상 광학계를 포함하고,

상기 결상 광학계는 수광면 상에 상기 복수의 발광점의 상을 형성하고,

상기 제1 방향과 상기 렌즈 광학계의 축 방향에 평행한 제1 단면 내에서, 상기 복수의 렌즈 광학계의 배열 피치를 p , 상기 복수의 발광점 중 하나로부터의 광선이 통과하는 렌즈 광학계의 최대 개수를 n_m , 해상도를 P_m , 상기 수광면 상에 형성되는 상기 복수의 발광점의 각각의 상의 크기를 D_m 이라고 하고,

상기 제1 방향에 수직인 제2 단면 내에서, 상기 결상 광학계의 최대 유효폭을 T , 해상도를 P_s , 상기 수광면 상에 형성되는 상기 복수의 발광점의 각각의 상의 크기를 D_s 라고 할 때,

[수학식 10]

$$0.8 \leq \frac{P_m}{P_s} \frac{1 - P_s D_s}{1 - P_m D_m} \frac{n_m p}{T} \leq 1.2$$

의 조건을 충족하는 결상 광학계.

청구항 9

제8항에 있어서, 상기 최대 개수 n_m 은 유효 최대 개수 n_m' 인 광학 장치.

청구항 10

제8항에 있어서,

$n_m \leq 4$ 의 조건을 충족하는 광학 장치.

청구항 11

제8항에 있어서, 상기 결상 광학계는, 상기 제1 단면 내에서 상기 복수의 발광점 각각을 상기 수광면 상에 정립 등배 결상하고, 상기 제2 단면 내에서 상기 복수의 발광점 각각을 상기 수광면 상에 도립 결상하는 광학 장치.

청구항 12

제8항에 있어서, 상기 복수의 렌즈 광학계 각각은 에너모픽 표면을 가지는 광학 장치.

청구항 13

제8항에 있어서, 상기 복수의 렌즈 광학계 각각은 상기 렌즈 광학계의 광축 방향으로 배열된 복수의 렌즈부를 포함하는 광학 장치.

청구항 14

화상 형성 장치로서,

제1 방향으로 배열된 복수의 발광점을 포함하는 광원과,

상기 제1 방향으로 배열된 복수의 렌즈 광학계를 포함하는 결상 광학계를 포함하고,

상기 결상 광학계는 수광면 상에 상기 복수의 발광점의 상을 형성하고,

상기 제1 방향과 상기 렌즈 광학계의 축 방향에 평행한 제1 단면 내에서, 상기 수광면에 입사하는 결상 광속의 발산각의 최댓값의 반값을 θ_m , 해상도를 P_m , 상기 수광면 상에 형성되는 상기 복수의 발광점의 각각의 상의 크기를 D_m 이라고 하고,

상기 제1 방향에 수직인 제2 단면 내에서, 상기 수광면에 입사하는 결상 광속의 발산각의 최댓값의 반값을 θ_s , 해상도를 P_s , 상기 수광면 상에 형성되는 상기 복수의 발광점의 각각의 상의 크기를 D_s 라고 할 때,

[수학식 1]

$$0.8 \leq \frac{P_m}{P_s} \frac{1 - P_s D_s \tan \theta_m}{1 - P_m D_m \tan \theta_s} \leq 1.2$$

의 조건을 충족하는 광학 장치와;

상기 광학 장치에 의해, 감광체의 감광면 상에 형성되는 정전 잠상을 토너상으로서 현상하도록 구성되는 현상 유닛과;

현상된 상기 토너상을 전사재에 전사하도록 구성되는 전사 유닛과;

전사된 상기 토너상을 상기 전사재에 정착시키도록 구성되는 정착 유닛을 포함하고,

상기 결상 광학계는, 상기 제1 방향 및 상기 렌즈 광학계의 광축 방향에 수직한 제2 방향이, 상기 감광체의 회전 방향이 되도록 배치되는 화상 형성 장치.

청구항 15

광학 장치로서,

제1 방향으로 배열된 복수의 렌즈 광학계를 포함하는 결상 광학계를 포함하고,

상기 결상 광학계는 수광면 상에 원고의 상을 형성하고,

상기 제1 방향 및 상기 렌즈 광학계의 광축 방향에 평행한 제1 단면 내에서, 수광 유닛에 입사하는 결상 광속의 발산각의 최댓값의 반값을 θ_m , 해상도를 P_m 이라고 하고,

상기 제1 방향에 수직한 제2 단면 내에서, 상기 수광면에 입사하는 결상 광속의 발산각의 최댓값의 반값을 θ_s , 해상도를 P_s 라고 할 때,

[수학식 26]

$$0.8 \leq \frac{P_m \tan \theta_m}{P_s \tan \theta_s} \leq 1.2$$

의 조건을 충족하는 광학 장치.

청구항 16

제15항에 있어서, θ_m 은 유효 발산각의 최댓값의 반값 θ_m' 이며, θ_s 는 유효 발산각의 최댓값의 반값 θ_s' 인 광학 장치.

청구항 17

광학 장치로서,

제1 방향으로 배열된 복수의 렌즈 광학계를 포함하는 결상 광학계를 포함하고,

상기 결상 광학계는 수광면 상에 원고의 상을 형성하고,

상기 제1 방향 및 상기 렌즈 광학계의 축 방향에 평행한 제1 단면 내에서, 상기 복수의 렌즈 광학계의 배열 피치를 p , 상기 복수의 발광점 중 하나로부터의 광선이 통과하는 렌즈 광학계의 최대 개수를 n_m , 해상도를 P_m 이라고 하고,

상기 제1 단면에 수직한 제2 단면 내에서, 상기 결상 광학계의 최대 유효폭을 T , 해상도를 P_s 라고 할 때,

[수학식 27]

$$0.8 \leq \frac{P_m n_m P}{P_s T} \leq 1.2$$

의 조건을 충족하는 광학 장치.

청구항 18

제17항에 있어서, 상기 최대 개수 n_m 은 유효 최대 개수 n_m' 인 광학 장치.

청구항 19

화상 관독 장치로서,

제1 방향으로 배열된 복수의 렌즈 광학계를 포함하는 결상 광학계를 포함하고,

상기 결상 광학계는 수광면 상에 복수의 발광점의 상을 형성하고,

상기 제1 방향 및 상기 렌즈 광학계의 축 방향에 평행한 제1 단면 내에서, 상기 수광면에 입사하는 결상 광속의 발산각의 최댓값의 반값을 θ_m , 해상도를 P_m 이라고 하고,

상기 제1 방향에 수직인 제2 단면 내에서, 상기 수광면에 입사하는 결상 광속의 발산각의 최댓값의 반값을 θ_s , 해상도를 P_s 라고 할 때,

[수학식 26]

$$0.8 \leq \frac{P_m \tan \theta_m}{P_s \tan \theta_s} \leq 1.2$$

의 조건을 충족하는 광학 장치와;

상기 원고를 조사하도록 구성되는 조명 유닛과;

상기 결상 광학계의 상면에 배치되고, 상기 결상 광학계에 의해 집광된 상기 원고의 광선을 수광하도록 구성되는 수광 유닛과;

상기 결상 광학계와 상기 원고의 상대 위치를, 상기 제1 방향 및 상기 렌즈 광학계의 광축 방향에 수직인 제2 방향으로 변경하도록 구성되는 구동 유닛을 포함하는 화상 관독 장치.

명세서

기술분야

[0001] 본 발명은 광학 장치에 관한 것이며, 보다 구체적으로, 예를 들어 화상 형성 장치나 화상 관독 장치에 적절하게 적용되는 광학 장치에 관한 것이다.

배경기술

[0002] 최근, 복수의 렌즈에 의해 구성된 렌즈 어레이를 갖는 광학 장치를 포함하는 화상 형성 장치 및 화상 관독 장치가 개발되고 있다. 이 구성에 의하면, 폴리곤 미러에 의해 감광체를 주사하는 구성, 복수의 렌즈 및 미러를 사용해서 화상을 관독하는 구성 등과 비교하여, 장치의 소형화 및 저비용화를 실현할 수 있다.

[0003] 특허문헌 1에는 복수의 렌즈가 일 방향(제1 방향)으로 배열되는 렌즈 어레이가 개시되고 있다. 복수의 렌즈의 각각은, 제1 방향 및 광축 방향에 대하여 평행한 단면(제1 단면) 내에서는 물체를 정립 등배 결상하고, 제1 방향에 수직인 단면(제2 단면) 내에서는 물체를 도립 등배 결상하고 있다. 이러한 구성으로 함으로써, 제1 단면 내에서 정립 등배 결상하는 광학계와 비교하여, 제2 단면 내에서 렌즈의 파워를 보다 작게 할 수 있다. 이것은 해상도와 광 이용 효율 모두를 구현하는 데에 있어서 유리하다.

[0004] 여기서, 렌즈 어레이의 결상 성능을 나타내는 지표로서, 해상도 외에 피사계 심도(depth of field)를 고려하자. 피사계 심도란, 상면 위치(image field position)의 전후에서 미리 정해진 해상도가 얻어질 수 있는 광축 상의 범위를 나타낸다. 통상, 큰 피사계 심도를 갖는 렌즈 어레이에서는 광 이용 효율이 저하되고, 큰 광 이용 효율을 갖는 렌즈 어레이에서는 피사계 심도가 작아진다. 또한, 렌즈 어레이에서는 제1 및 제2 단면 내에서 해상도를 확보할 필요가 있기 때문에, 양 단면 내에서의 공통 피사계 심도를 고려할 필요가 있다.

[0005] 그러나, 특허문헌 1에 개시된 렌즈 어레이에서는, 어레이 광원의 발광점으로부터의 광선의 입사를 수광할 때, 제1 및 제2 단면 양쪽 내에서의 공통 피사계 심도가 고려되어 있지 않다. 즉, 특허문헌 1에 기재된 렌즈 어레이에서는, 제1 단면 내에서의 피사계 심도와, 제2 단면 내에서의 피사계 심도가 상이한 구성이다. 공통 피사계 심도는 양 단면 내에서의 피사계 심도 중 작은 쪽의 피사계 심도에 의해 정해지기 때문에, 특허문헌 1에 따른 렌즈 어레이는 한쪽의 단면 내에서 필요 이상으로 큰 피사계 심도를 확보하고 있게 된다. 따라서, 특허문헌 1에 개시의 렌즈 어레이는, 한쪽의 단면에서의 공통 피사계 심도를 초과한 양만큼 광 이용 효율을 손상시키기 때문에, 해상도와 광 이용 효율을 양립시키기 위한 최적의 구성이 아니다.

[0006] 또한, 렌즈 어레이의 공통 피사계 심도는, 어레이 광원의 각 발광점의 위치에 따라서도 상이하다. 따라서, 광 이용 효율과 해상도의 양립을 구현하기 위해서 발광점의 차이도 고려할 필요가 있지만, 특허문헌 1에 기재된 렌즈 어레이에 관한 발광점의 차이를 고려한 구성의 개시 또는 시사는 없다.

선행기술문헌

특허문헌

[0007] (특허문헌 0001) 일본 특허 공개 소63-274915호 공보

발명의 내용

과제의 해결 수단

[0008] 제1 및 제2의 단면 각각에서 광 이용 효율과 결상 성능의 양립을 달성하는 광학 장치를 제공하는 것이 바람직함이 알려졌다.

[0009] 본 발명의 일 측면에 따른 광학 장치는, 제1 방향으로 배열된 복수의 발광점을 포함하는 광원과, 상기 제1 방향으로 배열된 복수의 렌즈 광학계를 포함하는 결상 광학계를 포함한다. 상기 결상 광학계는, 수광면 상에 상기 복수의 발광점의 상을 형성한다. 상기 제1 방향 및 상기 렌즈 광학계의 축 방향에 평행한 제1 단면 내에서, 상기 수광면에 입사하는 결상 광속의 발산각(개구각)의 최댓값의 반값을 θ_m , 해상도를 P_m , 상기 수광면 상에 형성되는 상기 복수의 발광점의 각각의 상의 크기를 D_m 이라고 하고,

[0010] 상기 제1 방향에 수직인 제2 단면 내에서, 상기 수광면에 입사하는 결상 광속의 발산각(개구각)의 최댓값의 반값을 θ_s , 해상도를 P_s , 상기 수광면 상에 형성되는 상기 복수의 발광점의 각각의 상의 크기를 D_s 라고 하면,

[0011] [수학식 1]

$$0.8 \leq \frac{P_m}{P_s} \frac{1 - P_s D_s \tan \theta_m}{1 - P_m D_m \tan \theta_s} \leq 1.2$$

[0012] [0013] 의 조건을 충족한다.

[0014] 본 발명의 추가적인 특징은 첨부된 도면을 참조하여 아래의 예시적인 실시예의 설명으로부터 명확해질 것이다.

도면의 간단한 설명

[0015] 도 1a 내지 1c는 실시예 1에 따른 광학 장치의 주요부의 개략도.

도 2는 피사계 심도를 설명하기 위한 개념도.

도 3a 내지 3d는 실시예 1에 따른 발광점이 결상되는 방식을 도시하는 도면.

- 도 4a 및 4b는 피사계 심도가 정렬되는 방법을 설명하기 위한 도면.
- 도 5a 및 5b는 실시예 1에 따른 결상 광학계의 피사계 심도 특성을 도시하는 도면.
- 도 6a 및 6b는 실시예 2에 따른 결상 광학계의 피사계 심도 특성을 도시하는 도면.
- 도 7a 내지 7d는 실시예 3에 따른 발광점이 결상되는 방식을 도시하는 도면.
- 도 8a 및 8b는 실시예 3에 따른 결상 광학계의 피사계 심도 특성을 도시하는 도면.
- 도 9는 실시예 3에 따른 렌즈 광학계의 물체 높이와 광 이용 효율의 관계를 도시하는 도면.
- 도 10a 내지 10d는 실시예 4에 따른 발광점이 결상되는 방식을 도시하는 도면.
- 도 11a 및 11b는 실시예 4에 따른 결상 광학계의 피사계 심도의 특성을 도시하는 도면.
- 도 12a 및 12d는 실시예 5에 따른 발광점이 결상되는 방식을 도시하는 도면.
- 도 13a 및 13b는 실시예 5에 따른 결상 광학계의 피사계 심도의 특성을 도시하는 도면.
- 도 14a 내지 14c는 실시예 6에 따른 광학 장치의 주요부의 개략도.
- 도 15a 내지 15d는 실시예 6에 따른 발광점이 결상되는 방식을 도시하는 도면.
- 도 16a 및 16b는 실시예 6에 따른 결상 광학계의 피사계 심도의 특성을 도시하는 도면.
- 도 17은 일 실시예에 따른 화상 형성 장치의 주요부의 개략도.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0016] 이하, 본 발명의 실시 형태에 대해서, 도면을 참조하여 설명한다.
- [0017] 실시예 1
- [0018] 도 1a 내지 1c는 실시예 1에 따른 광학 장치를 화상 형성 장치에 적용했을 때의 주요부의 개략도이다. 도 1a는 제1 단면(X-Y 단면)을 나타내고, 도 1b는 제2 단면(Z-X 단면)을 나타내고, 도 1c는 광축 방향(X 방향)로부터의 정면도를 나타내고 있다. 본 실시예에 따른 광학 장치는, 물체면에 배치된 복수의 발광점을 포함하는 광원(101)과, 광원(101)로부터 출사하는 복수의 광선을 수광면(상면)(106)에 집광하는 결상 광학계(105)를 포함한다.
- [0019] 광원(101)은 제1 방향(Y 방향)으로 등간격으로 배치되는 복수의 발광점을 포함한다. 발광점에는 LED, 유기 EL(electroluminescence) 디바이스(소자), 레이저 디바이스 등을 사용할 수 있다. 수광면(106)에는, 감광 드럼 등의 감광체가 배치된다. 또한, 광학 장치가 화상 판독 장치에 적용되는 경우는, 광원(101) 대신 원고가 배치되고, 수광면(106)에는 감광체 대신 CMOS 센서 등과 같은 수광 센서(라인 센서)가 배치된다.
- [0020] 결상 광학계(105)는 제1 방향으로 배열된 복수의 렌즈 유닛을 포함하는 결상 유닛(102, 104)과, 미광 광선을 차광하는 차광부(103)를 포함하는 렌즈 어레이이다. 도 1c에 도시한 바와 같이, 결상 유닛(102, 104)은 동일 형상의 복수의 렌즈부가 제1 방향으로 등간격으로 배열된 렌즈 열을, 제2 방향(Z 방향)으로 1열 갖도록 구성된다. 이하, 결상 유닛(102, 104)의 렌즈부 중에서 동일한 광축 상에 배치되는 것을 일괄해서 렌즈 광학계(105a)로 기술한다.
- [0021] 렌즈 광학계(105a)의 렌즈면(102a, 102b, 104a, 104b)은 모두 애너모픽(anamorphic) 비구면 형상(애너모픽 표면)을 가진다. 차광부(103)는, 결상 유닛(102)을 통과하는 광선 가운데 결상에 기여하는 광선을 통과시키고, 결상에 기여하지 않는 미광 광선을 차광하고 있다. 이하의 설명에서는, 차광부(103)의 두께(제2 방향에서의 폭)를 무시하고 있다.
- [0022] 도 1a에 도시한 바와 같이, 제1 방향 및 렌즈 광학계(105a)의 광축 방향에 평행한 제1 단면(X-Y 단면) 내에서, 결상 유닛(102)의 렌즈부는 광원(101)으로부터 출사되는 복수의 광선을 중간 결상면 A에 집광한다. 중간 결상면 A는 결상 유닛(102)이 광원(101)(물체면)의 중간 상을 형성하는, 즉 물체면을 중간 결상하는 가상적인 면이다. 중간 결상면 A는 광원(101)과 수광면(106)(상면) 사이의 대략 중간 위치에 존재한다. 중간 결상면 A에 일시적으로 집광된 광선은 결상 유닛(104)의 각 렌즈부에 입사하고, 또한 수광면(106)에 집광된다. 즉, 결상 유닛(104)에 의해, 광원(101)의 중간 상의 상이 수광면(106) 상에 형성된다. 즉, 중간 상이 수광면(106) 상에 재

결상된다.

[0023] 이와 같이, 본 실시예에 따른 결상 광학계(105)(렌즈 광학계(105a))는 X-Y 단면 내에서는 발광점을 수광면(106) 상에 정립 등배 결상하는 계, 즉 정립 등배 결상계이다. 한편, 도 1b에 도시한 바와 같이, 제1 방향에 수직인 제2 단면(Z-X 단면)에서는, 결상 광학계(105)(렌즈 광학계(105a))는 발광점을 중간 결상하지 않고 수광면(106) 상에 도립 등배 결상하는 계, 즉 도립 등배 결상계이다. 실제로는 결상 유닛(102, 104)에 의해 집광되는 광선은 무수하게 존재하지만, 도 1a에서는 특징적인 광선만을 몇 개 도시하고 있다.

[0024] 본 실시예에 따른 결상 광학계(105)의 특성을 표 1에 나타낸다.

표 1

구성			비구면 형상							
해상도	dpi	600	렌즈면 102a		렌즈면 102b		렌즈면 104b		렌즈면 104a	
과장	λ (nm)	780	R	0	R	0	R	0	R	0
굴절률	$n(\lambda=780\text{nm})$	1.486	k	0	k	0	k	0	k	0
렌즈 유닛의 제1 방향의 F-No.	Fno_m	3.90	A20	0.50277	A20	-0.82549	A20	0.82549	A20	-0.50277
렌즈 유닛의 제2 방향의 F-No.	Fno_s	1.30	A40	-0.51259	A40	0.29164	A40	-0.29164	A40	0.51259
렌즈 유닛의 제1 방향의 배율	β_m	-0.45	A60	-0.24716	A60	-0.55971	A60	0.55971	A60	0.24716
렌즈 유닛의 제1 방향의 배열 피치	p(mm)	0.77	A80	0.08357	A80	-0.01894	A80	0.01894	A80	-0.08357
렌즈 유닛의 제1 방향으로 배열된 광학계의 수	Nm(개)	291	A100	-6.91825	A100	-0.78249	A100	0.78249	A100	6.91825
렌즈 유닛의 제2 방향으로 배열된 광학계의 수	Ns(개)	1	A02	0.15643	A02	-0.19504	A02	0.19504	A02	-0.15643
렌즈 유닛이 광을 수용할 수 있는 최대 물체 높이	L(mm)	0.768	A22	-0.15873	A22	0.09481	A22	-0.09481	A22	0.15873
발광점의 제1 방향의 크기	Dm(um)	42.30	A42	-0.15055	A42	-0.30023	A42	0.30023	A42	0.15055
발광점의 제2 방향의 크기	Ds(um)	25.40	A62	5.65920	A62	3.06561	A62	-3.06561	A62	-5.65920
개구 사이즈			A82	-13.83601	A82	-6.53977	A82	6.53977	A82	13.83601
촬상 유닛(102)의 제1 방향의 개구 사이즈	Am1(mm)	0.7	A04	-0.03679	A04	-0.00756	A04	0.00756	A04	0.03679
촬상 유닛(102)의 제2 방향의 개구 사이즈	As1(mm)	244	A24	0.14799	A24	0.03211	A24	-0.03211	A24	-0.14799
촬상 유닛(104)의 제1 방향의 개구 사이즈	Am2(mm)	0.7	A44	-1.03706	A44	-0.59005	A44	0.59005	A44	1.03706
촬상 유닛(104)의 제2 방향의 개구 사이즈	As2(mm)	2.44	A64	-1.89450	A64	-0.69876	A64	0.69876	A64	1.89450
배치			A06	0.01270	A06	0.00111	A06	-0.00111	A06	-0.01270
광원(101)과 렌즈면(102a) 사이의 거리	d1(mm)	2.65	A26	-0.07715	A26	-0.00101	A26	0.00101	A26	0.07715
렌즈면(102a)과 렌즈면(102b) 사이의 거리	d2(mm)	1.25	A46	0.97142	A46	0.41327	A46	-0.41327	A46	-0.97142
렌즈면(102b)과 렌즈면(104a) 사이의 거리	d3(mm)	2.16	A08	-0.00611	A08	-0.00105	A08	0.00105	A08	0.00611
렌즈면(104a)과 렌즈면(104b) 사이의 거리	d4(mm)	1.25	A28	-0.01342	A28	-0.01827	A28	0.01827	A28	0.01342
렌즈면(104b)과 수광면(106) 사이의 거리	d5(mm)	2.65	A010	0.00128	A010	0.00010	A010	-0.00010	A010	-0.00128

[0025]

[0026] 결상 광학계(105)의 각 렌즈부에서, 광축(X축)과의 교점을 원점, 제1 방향에서 광축과 직교하는 축을 Y축, 제2 방향에서 광축과 직교하는 축을 Z축이라고 할 때, 각 렌즈면의 비구면 형상은 다음 식 (1)로 표현되는데, 여기서 R은 곡률 반경, k는 원추 상수, A_{ij} ($i=0, 1, 2, 3, 4, 5\cdots, j=0, 1, 2, 3, 4, 5\cdots$)는 비구면 계수이다.

[0027] [수학식 2]

$$x = \frac{\frac{y^2 + z^2}{R}}{1 + \sqrt{1 - (1+k) \left(\frac{\sqrt{y^2 + z^2}}{R} \right)^2}} + \sum_{i=0}^8 \sum_{j=0}^8 A_{ij} y^{2i} z^{2j}$$

(1)

[0028]

[0029]

도 2를 참조하여 본 실시예에 따른 광학 장치의 설계 방법에 대해서 설명한다.

[0030]

도 2는 해상도를 P_i 로서 평가하기 위해서, 수광면(106) 상에 형성되는 인접하는 2개의 발광점의 상(200a, 200b)을 나타낸 개념도이다. 그 2개의 상 간의 간격을 $1/P_i$ 로 설정한다. 도 2의 Δx_i 는 2개의 상(200a, 200b)이 디포커스에 의해 겹치기 시작하는 수광면(106)으로부터의 거리(디포커스 허용값)이며, 이것은 콘트라스트가 100%일 때의 피사계 심도의 반값을 나타낸다. “콘트라스트가 100%”라고 하는 것은, 2개의 상(200a, 200b)이 겹치지 않고, 완전히 분리(해상)될 때의 콘트라스트를 나타내고 있다.

[0031]

또한, θ_i 는 상을 형성하는 광속(결상 광속)의 발산각(개구각)의 반값이다. 도 2로부터 알 수 있는 바와 같이, 상(200a)을 형성하는 결상 광속을 구성하는 복수의 광선 중 가장 주변부의 광선(the light ray on the extreme periphery)과, 상(200b)을 형성하는 결상 광속을 구성하는 복수의 광선 중 가장 주변부의 광선이 이루는 각도의 반값도 θ_i 가 된다. D_i 는 수광면(106)에 형성되는 상(200a, 200b)의 크기이다. 도 2에서의 파라미터는 첨자 $i=m$ 일 때는 X-Y 단면 내에서의 파라미터를 나타내고, 첨자 $i=s$ 일 때는 Z-X 단면 내에서의 파라미터를 나타낸다.

[0032]

도 2로부터, 아래 식 (2)에 나타난 것과 같은 파라미터에 대한 아래의 관계가 도출된다.

[0033]

[수학식 3]

$$2\Delta x_i \tan \theta_i = \frac{1}{P} - D_i \quad (2)$$

[0034]

[0035]

식 2를 변형하면, 콘트라스트가 100%일 때의 디포커스 허용값 Δx_i 는 다음 식 (3)과 같이 나타난다.

[0036]

[수학식 4]

$$\Delta x_i = \frac{1 - P_i D_i}{2P_i \tan \theta_i} \quad (3)$$

[0037]

[0038]

P_i 및 D_i 는 광학 장치 정보가 내장되는 화상 형성 장치(또는 화상 판독 장치)에서 설정된 인자 도트 사이즈에 의해 결정되기 때문에, 각 장치의 기종 및 각 인자 모드마다 일정해진다. 또한, 결상 광학계(105)의 광 이용 효율은 결상 광속의 발산각(개구각)의 반값 θ_i 에 비례하기 때문에, $\tan \theta_i$ 에 대략 비례하게 된다. 또한, 식 (3)으로부터, Δx_i 는 $\tan \theta_i$ 에 반비례하고 있는 것을 안다. 이상에 의해, 광 이용 효율과 피사계 심도는 반비례의 관계에 있는 것을 안다.

[0039]

X-Y 단면 및 Z-X 단면의 양 단면 내에서 해상도를 확보하고, 또한 광 이용 효율과 결상 성능의 양립을 실현하기 위해서, 양 단면의 각각에서의 피사계 심도를 대략 동일하게 하는 것을 고려한다. X-Y 단면 및 Z-X 단면의 각각에서의 피사계 심도를 대략 동일하게 하는 것은, 다음 조건 식 (4)를 만족하는 것을 의미한다.

[0040]

[수학식 5]

$$0.8 \leq \frac{\Delta x_s}{\Delta x_m} \leq 1.2 \quad (4)$$

[0041]

[0042]

식 (4)에 식 (3)을 대입하면, 다음 조건 식 (5)가 된다.

[0043]

[수학식 1]

$$0.8 \leq \frac{P_m}{P_s} \frac{1 - P_s D_s \tan \theta_m}{1 - P_m D_m \tan \theta_s} \leq 1.2 \quad (5)$$

[0044]

[0045]

본 실시예에서는, 식 (5)를 만족하도록 렌즈 광학계(105a)의 제1 방향 및 제2 방향에서의 개구 사이즈를 설계하고 있다. 이에 의해, X-Y 단면 및 Z-X 단면의 양 피사계 심도가 공통 피사계 심도에 대하여 불필요하게 커지는 것을 방지할 수 있다. 즉, 양 단면 내에서의 광 이용 효율과 결상 성능(해상도)을 양립하기 위한 최적의 광학 구성을 달성할 수 있다.

[0046]

여기서, 식 (4) 및 식 (5)의 수치 범위에 대해서 설명한다. 통상, 광학 장치의 부재의 배치 오차에 의해, 비점 격차에 변동이 발생한 경우, 공통 피사계 심도는 최대 20%정도 감소할 수 있다. 광학 장치를 구성하는 부재의 배치 오차 등의 영향은, X-Y 단면 내부 또는 Z-X 단면 내부에 따라 상이하기 때문에, 이러한 차이를 고려하여, 공통 피사계 심도에 여유를 갖게 한 구성으로 하는 것이 바람직하다.

[0047]

따라서, 배치 오차 등의 영향을 고려하여, 본 실시예에 따른 광학 장치를, 식 (4) 및 (5)에 도시한 바와 같이 Δx_s 와 Δx_m 의 비가 0.8 내지 1.2의 범위에 들어가도록 구성하고 있다. Δx_s 와 Δx_m 의 비가 식 (4) 및 (5)의 범위로부터 벗어나면, X-Y 단면과 Z-X 단면 사이의 피사계 심도의 차가 커져서, 양 단면에서 광 이용 효율을 확보하면서 양호한 결상 성능을 달성할 수 없게 된다. 또한, 배치 오차의 영향을 최대한 억제할 수 있는 경우에는, 다음 식 (6)을 충족하는 구성으로 하는 것이 더욱 바람직하다.

[0048]

[수학식 6]

$$0.85 \leq \frac{P_m}{P_s} \frac{1 - P_s D_s \tan \theta_m}{1 - P_m D_m \tan \theta_s} \leq 1.15 \quad (6)$$

[0049]

[0050]

이어서, 각 발광점 위치마다의 피사계 심도의 변화에 대해서 설명한다. 먼저, 도 3a 및 3b를 참조하여, X-Y 단면 내에서 광원(101)의 각 발광점이 결상 광학계(105)에 의해 수광면(106) 상에 결상될 때의 거동에 대해서 설명한다.

[0051]

도 3a는 X-Y 단면 내에서 1개의 렌즈 광학계(105a)의 광축 상에 위치하는(이하, "축상 물체 높이에 있다"고 한다) 발광점(101a)이 수광면(106) 상에 결상되는 방식을 도시한 도면이다. 발광점(101a)으로부터 출사된 광선은 결상 유닛(102)에 의해 중간 결상면 A에서 일시적으로 집광되고, 그 후, 결상 유닛(104)을 개재해서 수광면(106) 상에 집광된다. 이때, 발광점(101a)으로부터 출사된 광선은, 결상 유닛(102, 104) 각각에서의 1개의 렌즈부만을 각각 통과하게 된다. 즉, X-Y 단면에서, 축상 물체 높이에 있는 발광점으로부터 출사된 광선이 통과하는 렌즈 광학계(105a)의 개수는 1이다. 그 렌즈 광학계(105a)를 통과한 광선 중 가장 주변부의 광선(107ma)이 수광면(106)에 입사할 때의 입사각의 반값, 즉 발광점(101a)으로부터 출사된 광선이 이루는 결상 광속의 발산각의 반값 θ_m 는 7.32° 가 된다.

[0052]

한편, 도 3b는 X-Y 단면 내에서, 인접하는 렌즈 광학계(105a)의 광축 사이의 중간 위치를 광이 통과하는(이하, "중간 물체 높이에 있다"고 한다) 발광점(101b)이 결상면(106) 상에 결상되는 방식을 나타내는 도면이다. 발광점(101a)으로부터 출사된 광선과 마찬가지로, 발광점(101b)으로부터 출사된 광선은, 결상 유닛(102)을 개재해서 중간 결상면 A에 일시적으로 집광되고, 그 후, 결상 유닛(104)을 개재해서 수광면(106) 상에 집광된다. 이때, 발광점(101b)으로부터 출사된 광선은 결상 유닛(102, 104)의 각각에서 2개의 렌즈부를 통과하게 된다. 즉, X-Y 단면 내에서, 중간 물체 높이에 있는 발광점으로부터 출사된 광선이 통과하는 렌즈 광학계(105a)의 개수는 2이다. 렌즈 광학계(105a)를 통과한 광선 중 가장 주변부의 광선(107mb)이 수광면(106)에 입사할 때의 입사각의 반값, 즉 발광점(101b)으로부터 출사된 광선이 이루는 결상 광속의 발산각의 반값은 θ_m 는 13.46° 이다.

[0053]

이와 같이, X-Y 단면 내에서는, 발광점으로부터 출사된 광선이 통과하는 렌즈 광학계(105a)의 개수는, 그 발광점의 위치에 따라서 변화하기 때문에, 결상 광속의 발산각의 반값 θ_m 도 발광점의 위치에 따라 변화한다. 통과하는 렌즈 광학계(105a)의 개수가 최대(최고)가 되는 것은, 중간 물체 높이에 있는 발광점(발광점(101b))으로부터 출사되는 결상 광속이다. 즉, 중간 물체 높이에 있는 발광점(발광점(101b))으로부터의 광선이 이루는 결상 광속의 발산각의 반값 θ_m 이 가장 큰 것(최댓값)으로 간주할 수 있다. 따라서, 광원(101)의 발광점 중, 중간 물체 높이에 있는 발광점으로부터 출사된 결상 광속에 대한 피사계 심도가 최소가 된다.

- [0054] 엄밀하게 말하면, 중간 물체 높이에 있는 발광점(발광점(101b))으로부터의 결상 광속의 발산각의 반값 θ_m 이 최대가 되는 것은 아니다. 그러나, 결상 광속의 발산각의 반값 θ_m 은, 결상 광속이 통과하는 렌즈 광학계(105a)의 개수에 의해 거의 전적으로 정해지기 때문에, 그 개수가 동일하면, 발광점 위치에 의한 차는 없다고 간주할 수 있다. 따라서, 본 실시예에서는, 광원(101)에서의 복수의 발광점 중, 중간 물체 높이에 있는 발광점(발광점(101b))으로부터의 결상 광속의 발산각의 반값 θ_m 이 최대인 것으로 간주하고 있다.
- [0055] 다음으로, 도 3c 및 3d를 참조하여, Z-X 단면부 내에서, 발광점(101a) 및 발광점(101b)의 각각이 결상 광학계(105)에 의해 수광면(106) 상에 결상될 때의 거동에 대해서 설명한다.
- [0056] 도 3c에 도시한 바와 같이, 발광점(101a)으로부터 출사된 광선은, 결상 유닛(102)을 개재해서 대략 평행광이 되고, 그 후, 결상 유닛(104)에 입사되어 수광면(106) 상에 집광된다. 여기서 결상 광학계(105)는 Z-X 단면 내에서는 도립 등배 결상계이기 때문에, 발광점(101a)으로부터 출사된 광선이 통과하는 렌즈 광학계(105a)의 렌즈 열의 수는 1이다. 본 실시예에서는, 제2 방향에서의 렌즈 열의 수는 1열이므로, 발광점(101a)으로부터 출사된 광선은 1개의 렌즈 광학계(105a)만을 통과하게 된다. 그 렌즈 광학계(105a)를 통과한 광선 중 가장 주변부의 광선(107sa)이 수광면(106)에 입사할 때의 입사각의 반값, 즉 발광점(101a)으로부터 출사된 광선이 이루는 결상 광속의 발산각의 반값 θ_{sa} 는 21.14°가 된다.
- [0057] 도 3d에 도시한 바와 같이, 발광점(101b)으로부터 출사된 광선은 결상 유닛(102)을 개재해서 대략 평행광이 되고, 그 후, 결상 유닛(104)에 입사해서 수광면(106)에 집광된다. 따라서, 발광점(101a)으로부터 출사된 광선과 마찬가지로, 발광점(101b)으로부터 출사된 광선도 1개의 렌즈 광학계(105a)만을 통과하게 된다. 그 렌즈 광학계(105a)를 통과한 광선 중 가장 주변부의 광선(107sb)이 수광면(106)에 입사할 때의 입사각의 반값, 즉 발광점(101b)으로부터 출사된 광선이 이루는 결상 광속의 발산각의 반값 θ_{sb} 는, θ_{sa} 와 마찬가지로 21.14가 된다.
- [0058] 이와 같이, 본 실시예에서는, Z-X 단면 내에서 발광점으로부터 출사된 광선이 통과하는 렌즈 광학계(105a)의 개수는, 발광점의 위치에 따라서 변화하지 않기 때문에, 결상 광속의 발산각의 반값 θ_s 는 발광점의 위치에 관계없이 일정하다. 즉, 발광점의 위치에 관계없이 피사계 심도가 일정하다.
- [0059] 이상과 같이, 본 실시예에 따른 광학 장치에서는, X-Y 단면 내에서 발광점 위치마다 피사계 심도가 변화하고, Z-X 단면 내에서 피사계 심도가 발광점의 위치에 관계없이 일정하다.
- [0060] 상술한 발광점마다의 피사계 심도의 차를 고려하여, 광원(101)에서의 어느 발광점이 결상 광학계(105)에 의해 결상되는 때에, X-Y 단면과 Z-X 단면 사이의 피사계 심도를 동일하게(같게) 해야 할지를 고려한다.
- [0061] 도 4a 및 4b는 2개의 패턴의 피사계 심도를 동일하게 하는 것을 설명하기 위한 도면이다. 도 4a 및 4b는 X-Y 단면 내에서의 각 발광점에 대응하는 디포커스 허용값이 파선 $-\Delta x_m$ 및 $+\Delta x_m$ 에 의해 연결된 것을 나타내고, Z-X 단면 내에서의 각 발광점에 대응하는 디포커스 허용값을 실선 $-\Delta x_s$ 및 $+\Delta x_s$ 에 의해 연결된 것을 나타내고 있다. 즉, 파선 $-\Delta x_m$ 및 $+\Delta x_m$ 사이의 간격은 각 발광점에 대응하는 X-Y 단면 내에서의 피사계 심도를 나타내고, 실선 $-\Delta x_s$ 및 $+\Delta x_s$ 사이의 간격은 각 발광점에 대응하는 Z-X 단면 내에서의 피사계 심도를 나타내고 있다. 도 4a 및 4b로부터 알 수 있는 바와 같이, X-Y 단면 내에서의 피사계 심도는 발광점 위치마다 변동하는 반면, Z-X 단면 내에서의 피사계 심도는 발광점 위치에 관계없이 일정하다.
- [0062] 도 4a는, X-Y 단면 내에서의 피사계 심도가 최대인 발광점 위치에서, X-Y 단면 내에서의 피사계 심도 및 Z-X 단면 내에서의 피사계 심도를 동일하게 한 패턴이다. 이때, 공통 피사계 심도는 X-Y 단면 내에서의 가장 좁은 피사계 심도와 동일하기 때문에, 공통 피사계 심도와 X-Y 단면 내에서의 가장 좁은 피사계 심도의 차분에 대해서만 광 이용 효율이 손실된다. 한편, 도 4b는 X-Y 단면 내의 피사계 심도가 가장 좁아질 때의 발광점 위치에서, X-Y 단면 내에서의 피사계 심도 및 Z-X 단면 내에서의 피사계 심도를 동일하게 한 패턴이다. 이때, 공통 피사계 심도는 X-Y 단면 내에서의 가장 좁은 피사계 심도 및 Z-X 단면 내에서의 가장 좁은 피사계 심도와 동일하기 때문에, 공통 피사계 심도와 X-Y 단면 내에서의 가장 넓은 피사계 심도의 차분에 관해서만 광 이용 효율이 손실된다.
- [0063] 도 4a 및 4b에 나타난 2개의 패턴 사이에 광 이용 효율의 손실량이 동일하다. 즉, 도 4a에 나타난 패턴에 비하여 도 4b에 나타난 패턴이 Z-X 단면 내에서의 피사계 심도를 더 좁게 할 수 있기 때문에, 결상 성능에 있어서 유리하다. 따라서, 본 실시예에 따른 광학 장치는, X-Y 단면 내에서 피사계 심도가 가장 좁아질 때, 즉, 렌즈

광학계(105a)의 중간 물체 높이에 있는 발광점이 수광면(106) 상에 결상될 때에, 피사계 심도가 X-Y 단면 및 Z-X 단면 내에서 대략 동일하게 설계하고 있다.

[0064] 상술한 바와 같이, 본 실시예에서 피사계 심도가 최소가 되는 것은 중간 물체 높이에서의 발광점이 수광면(106) 상에 결상될 때이다. 그때, X-Y 단면 내에서의 결상 광속의 발산각의 최댓값의 반값 θ_m 은 13.46° , Z-X 단면 내에서의 결상 광속의 발산각의 최댓값의 반값 θ_s 는 21.14° 이다. 또한, 본 실시예에 따른 결상 광학계(105)는, X-Y 단면 및 Z-X 단면 각각에서 광원(101)의 각 발광점의 등배 상을 수광면(106) 상에 형성하고 있다. 따라서, X-Y 단면 내에서의 수광면(106)에서의 상의 크기 D_m 은 발광점의 크기 $42.30\mu\text{m}$ 와 동일하고, Z-X 단면 내에서의 수광면(106)에서의 상의 크기 D_s 는 발광점의 크기 $25.40\mu\text{m}$ 와 동일하다. 해상도 P는, X-Y 단면 및 Z-X 단면 내에서 $11.81(1\text{p/mm})$ (600dpi 상당)로서 평가된다.

[0065] 이 수치를 조건 식 (5)의 중간 항목에 대입하면 식 (7)이 얻어져서, 조건 식 (5) 및 식 (6)을 충족하는 것을 안다.

[0066] [수학식 7]

$$\frac{P_m}{P_s} \frac{1 - P_s D_s \tan \theta_m}{1 - P_m D_m \tan \theta_s} = 0.87 \quad (7)$$

[0067] 도 5a 및 5b는 본 실시예에 따른 결상 광학계(105)의 X-Y 단면 및 Z-X 단면 내에서의 심도 특성을 도시한 도면이다. 도 5a는 축상 물체 높이에 있는 발광점이 수광면(106) 상에 결상될 때의 피사계 심도와 콘트라스트의 관계를 나타내고 있다. 각 콘트라스트 값에서 X-Y 단면 내에서의 피사계 심도가 Z-X 단면 내에서의 피사계 심도에 보다 더 커지고 있다. 한편, 도 5b는, 중간 물체 높이에 있는 발광점이 수광면(106) 상에 결상될 때의 피사계 심도와 콘트라스트의 관계를 나타내고 있다. 각 콘트라스트 값에서 X-Y 단면 내에서의 피사계 심도와 Z-X 단면 내에서의 피사계 심도가 대략 동일해지고 있다.

[0069] 표 2에, 중간 물체 높이에 있는 발광점이 수광면(106) 상에 결상되는 때의 각 콘트라스트에서의 X-Y 단면 및 Z-X 단면 내의 각각에서의 피사계 심도 및 그 비를 나타낸다.

표 2

콘트라스트	Δx_m	Δx_s	$\Delta x_m / \Delta x_s$
100%	0.073	0.104	1.33
90%	0.113	0.125	1.03
80%	0.137	0.144	1.00
70%	0.156	0.156	0.98
60%	0.170	0.165	0.96
50%	0.183	0.173	0.94
40%	0.196	0.181	0.93

[0070] 표 2는, 40 내지 90%의 콘트라스트 범위에서, X-Y 단면 및 Z-X 단면 내에서 피사계 심도가 대략 동일한 것을 나타낸다. 즉, 중간 물체 높이에 있는 발광점이 수광면(106) 상에 결상되는 때에 X-Y 단면 내에서의 피사계 심도와 Z-X 단면 내에서의 피사계 심도가 동일한 것을 알 수 있다. 따라서, 본 실시예에 따른 광학 장치는 조건 식 (5)를 만족함으로써 광 이용 효율 및 결상 성능의 양립을 달성할 수 있다는 것을 설명하였다. X-Y 단면 및 Z-X 단면 내에서의 피사계 심도의 비가 식 (7)의 수치와 다른 이유는, 식 (7)의 수치는 이론적인 값이며, 실제로는 결상 광학계(105)의 수차 등의 영향에 의해 오차가 발생하기 때문이다.

[0072] 상술한 바와 같이, 조건 식 (5)는 콘트라스트가 100%일 때의 피사계 심도를 고려해서 도출한 것이기 때문에, 그러한 관점으로부터, 콘트라스트 100%에서 양 단면 내에서의 피사계 심도가 동일하다(대략 동일하다)는 것을 확인해야 한다. 그러나, 전술한 바와 같이, 결상 광학계(105)의 수차를 고려하지 않기 때문에 콘트라스트 100%를 확인하는 것은 어렵다. 따라서, 조건 식 (5)를 광학 장치에 적용하는 경우에는, 결상 광학계(105)의 수차에 의한 영향을 고려하여, 콘트라스트 80% 내지 90%에서 양 단면 내에서의 피사계 심도의 비를 평가하는 것이 바람직

하다.

[0073] 또한, 실제의 화상 형성 장치(및 화상 관독 장치)에서 요구되는 것은, 콘트라스트 40% 내지 80%에서 평가한 피사계 심도이다. 조건 식 (5)는 콘트라스트 100%에서의 피사계 심도를 고려해서 도출된 것이지만, 이것은 콘트라스트 40% 내지 80%의 피사계 심도에서도 근사적으로 적용할 수 있다.

[0074] 이상과 같이, 본 실시예에 따른 광학 장치에 의하면, 결상 광학계(105)가 중간 물체 높이의 발광점을 수광면(106) 상에 결상할 때의 피사계 심도를, X-Y 단면 내에서의 Z-X 단면 내에서 대략 동일하게 함으로써, 광 이용 효율을 확보하면서, 양호한 결상 성능을 제공할 수 있다.

[0075] 이제, 광원(101)이 갖는 1개의 발광점으로부터의 광선이 통과하는 렌즈 광학계(105a)의 최대 개수를 고려한 조건식에 대해서 설명한다. 본 실시예에서는, Z-X 단면 내에서 광선이 통과하는 렌즈 광학계(105a)의 개수는 변화하지 않기 때문에, X-Y 단면 내에서 1개의 발광점으로부터의 광선이 통과하는 렌즈 광학계(105a)의 최대 개수만을 고려한다.

[0076] 1개의 렌즈 광학계(105a)가 광선을 도입할 수 있는 최대 물체 높이를 L, 렌즈 광학계의 배열 피치를 p라고 할 때, 1개의 발광점으로부터의 광선이 통과하는 렌즈 광학계(105a)의 최대 개수는, $n_m=1+\text{정수부}(2 \times L/p)$ 에 의해 표현될 수 있다. n_m 이 홀수인 경우, n_m 이 짝수일 때에 중간 물체 높이에 있는 발광점으로부터의 결상 광속이 수광면(106)에 입사하는 때에, 발산각의 반값 θ_m 이 가장 커진다(최댓값이 된다). 따라서, 결상 광속의 발산각의 최대 반값 θ_m 의 값은, n_m 의 값에 따라서 변화하게 된다.

[0077] 여기서, 상술한 X-Y 단면 내에서의 $\tan \theta_m$ 은, 렌즈 광학계(105a)의 제1 방향에서의 배열 피치 p와, 광선이 통과하는 렌즈 광학계(105a)의 개수의 최댓값 n_m 과, 결상 유닛(104)과 수광면(106)의 거리 l에 의해, 다음 식 (8)로서 표현된다.

[0078] [수학식 8]

$$\tan \theta_m = \frac{1}{l} \times n_m \times \frac{p}{2} = \frac{n_m p}{2l} \quad (8)$$

[0079]

[0080] 또한, Z-X 단면 내에서의 $\tan \theta_s$ 는, 결상 광학계(105)의 제2 방향의 최대 유효 폭(유효한 폭) T와, 결상 유닛(104)과 수광면(106)의 거리 l에 의해 다음 식 (9)와 같이 표현된다.

[0081] [수학식 9]

$$\tan \theta_s = \frac{1}{l} \times \frac{T}{2} = \frac{T}{2l} \quad (9)$$

[0082]

[0083] 여기서, 결상 광학계(105)의 제2 방향의 최대 유효폭 T는, 발광점에서 결상 광속이 통과하는 영역의 제2 방향의 최대 폭이다. 본 실시예에 따른 결상 광학계(105)와 같이, 렌즈 열이 제2 방향에 1열만 배열된 구성에서는, 결상 광학계(105)의 제2 방향의 최대 유효폭 T는 렌즈 광학계(105a)의 제2 방향의 개구 폭(개구 사이즈)과 동일해진다.

[0084] 식 (8) 및 식 (9)에 의해, 식 (5)는 식(10)과 같이 변형될 수 있다.

[0085] [수학식 10]

$$0.8 \leq \frac{P_m}{P_s} \frac{1 - P_s D_s}{1 - P_m D_m} \frac{n_m p}{T} \leq 1.2 \quad (10)$$

[0086]

[0087] 본 실시예에서는, 식 (10)을 만족하도록, 배열 피치 p와, 1개의 발광점으로부터의 광선이 통과하는 렌즈 광학계(105a)의 개수의 최댓값 n_m 과, 결상 광학계(105)의 제2 방향의 최대 유효폭 T를 설정하고 있다. 이에 의해, X-Y 단면 및 Z-X 단면 내에서의 피사계 심도를 대략 동일하게 할 수 있다. 또한, 결상 성능의 안정성의 15%까지의 감소를 억제하기 위해서, 다음 식 (11)을 충족하는 구성으로 하는 것이 더욱 바람직하다.

[0088] [수학식 11]

$$0.85 \leq \frac{P_m}{P_s} \frac{1 - P_s D_s}{1 - P_m D_m} \frac{n_m p}{T} \leq 1.15 \quad (11)$$

[0089]

[0090]

본 실시예에서는, 렌즈 광학계(105a)의 배열 피치 p는 0.77mm이며, 결상 광학계(105)의 제2 방향의 최대 유효폭 T는, 렌즈 광학계(105a)의 개구 사이즈와 동일한 2.44mm이다. 또한, 피사계 심도가 최소가 되는 중간 물체 높이에서의 발광점으로부터의 광선을 고려하면, 1개의 발광점으로부터의 광선이 통과하는 렌즈 광학계(105a)의 최대 개수 n_m은 2이다. P_i 및 D_i의 값은 전술한 바와 같다. 이들 값을 식 (10)의 중간 항목에 대입하면, 아래의 식 (12)가 되어, 조건 식 (10) 및 (11)을 충족하는 것을 안다.

[0091]

[수학식 12]

$$\frac{P_m}{P_s} \frac{1 - P_s D_s}{1 - P_m D_m} \frac{n_m p}{T} = 0.88 \quad (12)$$

[0092]

[0093]

식 (12)와 식 (7)에서 중간 항목의 값이 조금 상이하지만, 이것은 식 (8)에서 근사가 포함되어 있기 때문이며, 원리적인 사상에 차이점은 없다.

[0094]

이상과 같이, 본 실시예에 따른 광학 장치의 렌즈 광학계의 렌즈 광학계는 식 (5) 또는 (6), 혹은 식 (10) 또는 (11)을 만족하도록 설계하고 있다. 이에 의해, 중간 물체 높이에서의 발광점이 수광면(106) 상에 결상될 때의 피사계 심도가 X-Y 단면 내와 Z-X 단면 내에서 대략 동일하여, 광 이용 효율을 확보하면서 양호한 결상 성능을 달성하고 있다.

[0095]

실시예 2

[0096]

이어서, 본 발명의 실시예 2에 따른 광학 장치에 대해서 상세하게 설명한다. 실시예 1과 동일하거나 동등한 구성 부분에 대해서는 동일한 참조 부호를 부여하고, 그 설명을 간략화하거나 생략한다.

[0097]

본 실시예와 실시예 1의 상이한 점은, Z-X 단면 내에서의, 광원(101)의 각 발광점의 크기 및 결상 유닛(104)이 갖는 렌즈부의 개구 사이즈이다. 구체적으로는, 본 실시예에 따른 광학 장치는, 광원(101)의 발광점의 크기를 X-Y 단면 내에서의와 Z-X 단면 내에서 동일한, 즉 양 단면 내에서의 해상도를 동일하게 하고, 또한 결상 유닛(104)에서의 렌즈부의 개구 사이즈 A_s를 실시예 1에 대하여 변경한 구성이다.

[0098]

이때, 본 실시예에 따른 결상 광학계(105)는 X-Y 단면 및 Z-X 단면 내에서 등배 결상하는 구성이기 때문에, 각 발광점으로부터의 광선에 의해 수광면(106) 상에 형성되는 상의 크기가 X-Y 단면 및 Z-X 단면 내에서 동일해진다. 즉, D_m=D_s, 또한 P_m=P_s이기 때문에, 상술한 조건 식 (5) 및 식 (10)은 다음 식 (13) 및 (14)와 같다.

[0099]

[수학식 13]

$$0.8 \leq \frac{\tan \theta_m}{\tan \theta_s} \leq 1.2 \quad (13)$$

[0100]

[0101]

[수학식 14]

$$0.8 \leq \frac{n_m p}{T} \leq 1.2 \quad (14)$$

[0102]

[0103]

본 실시예에서는, 결상 유닛의 제2 방향의 개구 사이즈 A_s, 즉, 결상 광학계(105)의 제2 방향의 최대 유효 폭 T를 1.70mm로 하고 있다. 이에 의해, 중간 물체 높이에서의 발광점으로부터의 광선이 수광면(106)에 입사하는 때의, Z-X 단면 내에서의 결상 광속의 발산각의 최댓값의 반값 θ_s는 15.07°가 된다. 이때, 1개의 발광점으로부터의 광선이 통과하는 렌즈 광학계(105a)의 최대 개수 n_m의 값 등의 기타의 값은 실시예 1에 대하여 변화하지 않는다. 따라서, 이들 값을 식 (13) 및 (14)의 중간 항목에 대입하면, 다음 식 (15) 및 (16)이 얻어져서, 조건 식 (13) 및 (14)을 충족하는 것을 안다.

[0104] [수학식 15]

$$\frac{\tan \theta_m}{\tan \theta_s} = 0.89 \quad (15)$$

[0105]

[0106] [수학식 16]

$$\frac{n_m p}{T} = 0.91 \quad (16)$$

[0107]

[0108] 도 6a 및 6b는, 도 5a 및 5b와 마찬가지로, 본 실시예에 따른 결상 광학계(105)의 X-Y 단면 및 Z-X 단면 내에서의 심도 특성을 도시한 도면이다. 도 6a는 축상 물체 높이에 있는 발광점으로부터의 광선의 피사계 심도와 콘트라스트의 관계를 나타내고 있고, 도 5a와 마찬가지로, 각 콘트라스트 값에서 X-Y 단면 내에서의 피사계 심도가 Z-X 단면 내에서의 피사계 심도보다 커지고 있다. 한편, 도 6b는, 중간 물체 높이에 있는 발광점으로부터의 광선에 대하여, 피사계 심도와 콘트라스트의 관계에 의해, X-Y 단면 및 Z-X 단면 내에서의 피사계 심도가 대략 동일한 것을 도시하고 있다.

[0109] 표 3은, 중간 물체 높이에 있는 발광점이 수광면(106) 상에 결상되는 때에, 각 콘트라스트마다의, X-Y 단면 및 Z-X 단면 내의 각각에서의 피사계 심도 및 그 비를 나타낸다.

표 3

콘트라스트	Δx_m	Δx_s	$\Delta x_m / \Delta x_s$
100%	0.086	0.105	1.16
90%	0.119	0.128	1.07
80%	0.143	0.153	1.08
70%	0.159	0.167	1.07
60%	0.171	0.181	1.09
50%	0.183	0.195	1.11
40%	0.198	0.219	1.13

[0110]

[0111] 표 3은, 40 내지 90%의 콘트라스트 범위에서, X-Y 단면 및 Z-X 단면 내에서 피사계 심도가 대략 동일한 것을 나타낸다. 따라서, 본 실시예에 따른 광학 장치를, 조건 식 (5) 및 조건 식 (10)을 만족하는 구성으로 함으로써, 중간 물체 높이에 있는 발광점이 수광면(106) 상에 결상되는 때에, X-Y 단면 및 Z-X 단면 내에서의 피사계 심도를 동일하게 할 수 있다.

[0112] 이와 같이, 본 실시예에 따른 광학 장치에 의하면, 발광점 사이즈 등의 파라미터 값에 관계없이, 광 이용 효율을 확보하면서 양호한 결상 성능을 달성할 수 있다.

[0113] 실시예 3

[0114] 이어서, 본 발명의 실시예 3에 따른 광학 장치에 대해서 상세하게 설명한다. 실시예 1과 동일 또는 동등한 구성 부분에 대해서는, 그 설명을 간략화하거나 생략한다.

[0115] 본 실시예가 실시예 1에 대하여 상이한 점은, 1개의 렌즈 광학계가 광선을 도입할 수 있는 최대 물체 높이 L 및 렌즈 광학계의 배율 피치 p의 값이다. 본 실시예에 따른 결상 광학계의 특성을 표 4에 나타낸다.

표 4

구성			비구면 형상							
해상도	dpi	600	렌즈면 702a		렌즈면 702b		렌즈면 704b		렌즈면 704a	
과장	λ (nm)	620	R	0	R	0	R	0	R	0
굴절률	$n(\lambda=620\text{nm})$	1.534	k	0	k	0	k	0	k	0
렌즈 유닛의 제1 방향의 F-No.	Fno_m	3.90	A20	0.50277	A20	-0.82549	A20	0.82549	A20	-0.50277
렌즈 유닛의 제2 방향의 F-No.	Fno_s	1.30	A40	-0.51259	A40	0.29164	A40	-0.29164	A40	0.51259
렌즈 유닛의 제1 방향의 배율	β m	-0.45	A60	-0.24716	A60	-0.55971	A60	0.55971	A60	0.24716
렌즈 유닛의 제1 방향의 배열 피치	p(mm)	0.76	A80	0.08357	A80	-0.01894	A80	0.01894	A80	-0.08357
렌즈 유닛의 제1 방향으로 배열된 광학계의 수	Nm(개)	291	A100	-6.91825	A100	-0.78249	A100	0.78249	A100	6.91825
렌즈 유닛의 제2 방향으로 배열된 광학계의 수	Ns(개)	1	A02	0.15643	A02	-0.19504	A02	0.19504	A02	-0.15643
렌즈 유닛이 광을 수용할 수 있는 최대 물체 높이	L(mm)	0.873	A22	-0.15873	A22	0.09481	A22	-0.09481	A22	0.15873
발광점의 제1 방향의 크기	Dm(um)	42.30	A42	-0.15055	A42	-0.30023	A42	0.30023	A42	0.15055
발광점의 제2 방향의 크기	Ds(um)	25.40	A62	5.65920	A62	3.06561	A62	-3.06561	A62	-5.65920
개구 사이즈			A82	-13.83601	A82	-6.53977	A82	6.53977	A82	13.83601
촬상 유닛(702)의 제1 방향의 개구 사이즈	Am1(mm)	0.76	A04	-0.03679	A04	-0.00756	A04	0.00756	A04	0.03679
촬상 유닛(702)의 제2 방향의 개구 사이즈	As1(mm)	244	A24	0.14799	A24	0.03211	A24	-0.03211	A24	-0.14799
촬상 유닛(704)의 제1 방향의 개구 사이즈	Am2(mm)	0.76	A44	-1.03706	A44	-0.59005	A44	0.59005	A44	1.03706
촬상 유닛(704)의 제2 방향의 개구 사이즈	As2(mm)	2.44	A64	-1.89450	A64	-0.69876	A64	0.69876	A64	1.89450
배치			A06	0.01270	A06	0.00111	A06	-0.00111	A06	-0.01270
광원(701)과 렌즈면(702a) 사이의 거리	d1(mm)	2.65	A26	-0.07715	A26	-0.00101	A26	0.00101	A26	0.07715
렌즈면(702a)과 렌즈면(702b) 사이의 거리	d2(mm)	1.25	A46	0.97142	A46	0.41327	A46	-0.41327	A46	-0.97142
렌즈면(702b)과 렌즈면(704a) 사이의 거리	d3(mm)	2.16	A08	-0.00611	A08	-0.00105	A08	0.00105	A08	0.00611
렌즈면(704a)과 렌즈면(704b) 사이의 거리	d4(mm)	1.25	A28	-0.01342	A28	-0.01827	A28	0.01827	A28	0.01342
렌즈면(704b)과 수광면(706) 사이의 거리	d5(mm)	2.65	A010	0.00128	A010	0.00010	A010	-0.00010	A010	-0.00128

[0116]

[0117]

먼저, 도 7a 및 7b를 참조하여, X-Y 단면 내에서, 광원(701)의 각 발광점이 결상 광학계(705)에 의해 수광면(706) 상에 결상될 때의 거동에 대해서 설명한다.

[0118]

도 7a는, X-Y 단면 내에서, 축상 물체 높이에 있는 발광점(701a)이 수광면(706) 상에 결상되는 방식을 도시한 도면이다. 발광점(701a)으로부터 출사된 광선은 결상 유닛(702)을 개재해서 중간 결상면 A에서 일시적으로 집광되고, 그 후, 결상 유닛(704)을 개재해서 수광면(706) 상에 집광된다. 이때, 발광점(701a)으로부터 출사된 광선은, 결상 유닛(702, 704)의 각각에서 3개의 렌즈부를 통과한다. 즉, 축상 물체 높이에 있는 발광점으로부터 출사된 광선이 통과하는 렌즈 광학계(705a)의 개수는 3이다. 도 7a로부터, 중앙의(즉, 발광점(701a)이 위치하는 축 상의) 렌즈 광학계(705a)에 대부분의 광선이 입사하는 반면, 그 렌즈 광학계(705a)의 양 측의 2개의 렌즈 광학계(705a)에 입사하는 광선의 양은 얼마 되지 않는 것을 알 수 있다.

[0119]

한편, 도 7b는, X-Y 단면 내에서, 중간 물체 높이에 있는 발광점(701b)이 수광면(706) 상에 결상되는 방식을 도시한 도면이다. 발광점(701a)으로부터 출사된 광선과 마찬가지로, 발광점(701b)으로부터 출사된 광선은, 결상 유닛(702)을 개재해서 중간 결상면 A에서 일시적으로 집광되고, 그 후, 결상 유닛(704)을 개재해서 수광면(706)

상에 집광된다. 이때, 발광점(701b)으로부터 출사된 광선은 결상 유닛(702, 704)의 각각에서 2개의 렌즈부를 통과하게 된다. 즉, 중간 물체 높이에 있는 발광점으로부터 출사된 광선이 통과하는 렌즈 광학계(705a)의 개수는 2가 된다.

[0120] 다음으로, 도 7c 및 7d를 참조하여, Z-X 단면부 내에서, 발광점(701a) 및 발광점(701b) 각각이 결상 광학계(705)에 의해 수광면(706) 상에 결상될 때의 거동에 대해서 설명한다.

[0121] 도 7c에 도시한 바와 같이, 발광점(701a)으로부터 출사된 광선은, 결상 유닛(702)을 개재해서 대략 평행광이 되고, 그 후, 결상 유닛(704)에 입사해서 수광면(706) 상에 집광된다. 여기서, 결상 광학계(705)는, Z-X 단면 내에서는 도립 등배 결상계이기 때문에, 발광점(701a)으로부터 출사된 광선이 통과하는 렌즈 광학계(705a)의 렌즈 열의 개수는, 제2 방향에서의 렌즈 열의 개수가 된다. 본 실시예에서는, 제2 방향에서의 렌즈 열의 개수는 1열이므로, 발광점(701a)으로부터 출사된 광선은 1개의 렌즈 광학계(705a)만을 통과하게 된다. 그 렌즈 광학계(705a)를 통과한 광선 중 가장 주변부의 광선(707sa)이 수광면(706)에 입사할 때의 입사각의 반값, 즉 발광점(701a)으로부터 출사된 광선이 이루는 결상 광속의 발산각의 반값 θ_{sa} 는 20.27° 가 된다.

[0122] 또한, 도 7d에 도시한 바와 같이, 발광점(701b)으로부터 출사된 광선도, 결상 유닛(702)을 개재해서 대략 평행광이 되고, 그 후, 결상 유닛(704)에 입사해서 수광면(706)에 집광된다. 따라서, 발광점(701a)으로부터 출사된 광선과 마찬가지로, 발광점(701b)으로부터 출사된 광선도 1개의 렌즈 광학계(705a)만을 통과하게 된다. 그 렌즈 광학계(705a)를 통과한 광선 중 가장 주변부의 광선(707sb)이 수광면(706)에 입사할 때의 입사각의 반값, 즉 발광점(701b)으로부터 출사된 광선이 이루는 결상 광속의 발산각의 반값 θ_{sb} 는, θ_{sa} 와 마찬가지로 20.27° 가 된다.

[0123] 여기서, 1개의 발광점으로부터의 광선이 통과하는 렌즈 광학계(705a)의 최대 개수를 산출한다. 본 실시예에서, 1개의 렌즈 광학계(705a)가 광선을 도입할 수 있는 최대 물체 높이 L은 0.87mm, 렌즈 광학계(705a)의 배열 피치 p는 0.76이다. 이때, $n_m(X-Y)$ 단면 내에서 1개의 발광점으로부터의 광선이 통과하는 렌즈 광학계(705a)의 최대 개수 $n_m=1+\text{정수부}(2 \times L/P)=3$ 이 된다. n_m 이 홀수이기 때문에, 중간 물체 높이에 있는 발광점으로부터의 결상 광속이 수광면(706)에 입사하는 때에, 발산각의 반값 θ_{ms} 가 최대(최댓값)가 된다. 따라서, X-Y 단면 내에서 3개의 렌즈 광학계(705a)를 통과한 광선 중 가장 주변부의 광선(707ma)이 수광면(706)에 입사할 때의 입사각의 반값 θ_{ma} 는 20.06° 이고, 결상 광속의 발산각의 반값이 된다.

[0124] 한편, 상술한 바와 같이, Z-X 단면 내에서 1개의 발광점으로부터의 광선이 통과하는 렌즈 광학계(705a)의 최대 개수 n_s 는 1이며, X-Y 단면 내에서의 결상 광속의 발산각의 반값 θ_s 는 20.27° 가 된다. 또한, 결상 유닛의 제2 방향의 개구 사이즈 A_s , 즉 결상 광학계(705)의 제2 방향의 최대 유효폭 T는 2.44mm이다.

[0125] 이들 값을 식 (5) 및 (10)의 중간 항목에 대입하면, 다음 식 (17) 및 (18)이 된다.

[0126] [수학식 17]

$$\frac{P_m}{P_s} \frac{1 - P_s D_s \tan \theta_m}{1 - P_m D_m \tan \theta_s} = 1.38 \quad (17)$$

[0127]

[0128] [수학식 18]

$$\frac{P_m}{P_s} \frac{1 - P_s D_s}{1 - P_m D_m} \frac{n_m p}{T} = 1.31 \quad (18)$$

[0129]

[0130] 즉, 식 (17) 및 (18)의 값은 조건 식 (5) 및 (10)을 만족하지 않는 것을 알 수 있다.

[0131] 도 8a 및 8b는, 도 5a 및 5b와 마찬가지로, 본 실시예에 따른 결상 광학계(705)의 X-Y 단면 및 Z-X 단면 내에서의 심도 특성을 도시한 도면이다. 도 5a는 축상 물체 높이에 있는 발광점이 수광면(706) 상에 결상될 때의 피사계 심도와 콘트라스트의 관계를 나타내고 있고, 도 5a와 마찬가지로, 각 콘트라스트 값에서 X-Y 단면 내에서의 피사계 심도가 Z-X 단면 내에서의 피사계 심도보다 커지고 있다. 한편, 도 8b는, 중간 물체 높이에 있는 발광점이 수광면(706) 상에 결상될 때의 피사계 심도와 콘트라스트의 관계에 의해, X-Y 단면 및 Z-X 단면 내에서

의 피사계 심도가 대략 동일한 것을 도시한다.

[0132] 표 5는 중간 물체 높이에 있는 발광점이 수평면(706) 상에 결상되는 때에, 각 콘트라스트마다의 X-Y 단면 및 Z-X 단면 내의 각각에서의 피사계 심도 및 그 비를 나타낸다.

표 5

콘트라스트	Δx_m	Δx_s	$\Delta x_m / \Delta x_s$
100%	-	0.103	-
90%	0.105	0.120	1.12
80%	0.139	0.141	1.01
70%	0.157	0.155	0.98
60%	0.169	0.165	0.98
50%	0.181	0.174	0.98
40%	0.193	0.183	0.97

[0133]

[0134] 표 5는, 식 (17) 및 (18)의 값이 조건 식 (5) 및 (10)을 만족하지 않는 경우에도, 40 내지 90%의 콘트라스트 범위에서 X-Y 단면 및 Z-X 단면 내에서의 피사계 심도가 대략 동일하게 되는 것을 도시한다.

[0135] 그 이유는, 콘트라스트 100%에서의 피사계 심도를 상정해서 도출한 조건 식 (5) 및 (10)을, 40 내지 80%의 콘트라스트에서의 피사계 심도를 상정한 조건 식으로서 근사해서 사용한 것에 있다. 실시예 1 및 2에서는, 콘트라스트 40% 내지 80%에서의 평가할 경우에도, 조건 식 (5) 및 (10)을 근사적으로 사용할 수 있었다. 그러나, 근사가 적용될 수 없고, 식 (5) 및 (10)을 사용할 수 없는 경우, 콘트라스트 40% 내지 80%에서의 피사계 심도에서 평가를 행하는 경우를 상정하여, 식 (5) 및 (10)에 상응하는 식을 만들 필요가 있다.

[0136] 본 실시예에서, 콘트라스트 40% 내지 80%에서의 피사계 심도에서 평가를 행하는 경우에, 조건 식 (5) 및 (10)을 적용할 수 없는 이유를 생각한다. 본 실시예에서는, 축상 물체 높이로부터의 광선이 3개의 렌즈 광학계(705a)를 통과한다. 도 7a로부터 알 수 있는 바와 같이, 3개의 렌즈 광학계(705a) 중 양 측에 있는 2개의 렌즈 광학계(705a)를 통과하는 광선이 매우 적고, 대부분의 광선은 중앙에 1개의 렌즈 광학계(705a)만을 통과하고 있다. 그로 인해, 해당 양 측의 렌즈 광학계(705a)를 통과하는 광선에 대하여, 40 내지 80%의 콘트라스트(인접하는 2개의 발광점이 서로 겹치는 허용 범위)를 고려한 $\Delta x_i'$ 를 정의할 필요가 있다.

[0137] 도 9는 결상 광학계(705) 중 어떤 렌즈 광학계(705a)에 대한 물체 높이와 광 이용 효율의 관계를 나타낸다. 도 9를 보아서 알 수 있는 바와 같이, 발광점이 위치하는 물체 높이가 커짐에 따라 도입할 수 있는 광량이 증가하고, 최대 물체 높이 L보다도 큰 물체 높이로부터는 광선이 도입될 수 없게 된다. 이때, 콘트라스트 100%를 상정했을 때의 Δx_i 를 정의하는 경우에는, 렌즈 광학계(705a)가 도입하는 광선이 얼마 되지 않고, 물체 높이도 고려할 필요가 있다. 그러나, 40 내지 80%의 콘트라스트를 상정한 $\Delta x_i'$ 를 정의하는 경우에는, 렌즈 광학계(705a)는 광량이 미리 정해진 양 이하인 물체 높이에 대해서는 광선을 도입하지 않는 것으로 간주하여야 한다.

[0138] 따라서, 본 실시예에서는, 40 내지 80%의 콘트라스트를 상정할 때에, 1개의 렌즈 광학계(705a)가 광선을 도입할 수 있는 유효 최대 물체 높이(유효한 최대 물체 높이) L'를 정의한다. 그리고, 유효 최대 물체 높이 L'이하의 물체 높이에 대한 광선이 통과하는 렌즈 광학계(705a)의 유효 최대 개수(유효한 개수)인 n_i' 과, 유효 최대 물체 높이 L' 이하의 각 물체 높이로부터의 결상 광속의 유효 각(유효한 각)의 반값 θ_i' 로부터 $\Delta x_i'$ 를 정의한다.

[0139] 40 내지 80%의 콘트라스트를 상정했을 경우에, 결상에 기여하는 광선을 고려하면, 발명자의 경험상, 대체로 유효 최대 물체 높이 L'=0.85L로 정의할 수 있다. 본 실시예에서는, 물체 높이 L'=0.85×0.87=0.74mm가 되므로, n_m' (X-Y 단면 내에서 1개의 발광점으로부터의 광선이 통과하는 렌즈 광학계(705a)의 유효 최대 개수)=1+정수부 (2×0.85L/p)=2가 된다. n_m' 가 짝수이기 때문에, 중간 물체 높이에 있는 발광점으로부터의 결상 광속이 수평면(706)에 입사할 때에, 발산각의 반값 θ_m' 가 가장 커진다(최댓값이 된다). 따라서, X-Y 단면 내에서의 결상 광속의 유효 발산각의 최댓값 반값 θ_m' 는 13.98°가 된다.

[0140] 한편, 상술한 바와 같이, Z-X 단면 내에서는, 1개의 발광점으로부터의 광선이 통과하는 렌즈 광학계(705a)의 유효 최대 개수 n_s' 는 1이고, 결상 광속의 유효 발산각의 최댓값의 반값 θ_s' 는 21.31°이다. 또한, 결상 유닛의 제2 방향의 개구 사이즈 A_s , 즉 결상 광학계(705)의 제2 방향의 최대 유효폭 T는 2.44mm이다. 발산각 θ_i' 를 유효 발산각 θ_i' 로 치환하고, 최대 개수 n_m 를 유효 최대 개수 n_m' 로 치환하고, 이들 값을 식 (10)의 중간 항목에 대입하면 다음 식 (19) 및 (20)이 되어, 조건 식 (5) 및 (10)을 충족하는 것을 알 수 있다.

[0141] [수학식 19]

$$\frac{P_m}{P_s} \frac{1 - P_s D_s \tan \theta_m}{1 - P_m D_m \tan \theta_s} = 0.89 \quad (19)$$

[0143] [수학식 20]

$$\frac{P_m}{P_s} \frac{1 - P_s D_s}{1 - P_m D_m} \frac{n_m P}{T} = 0.87 \quad (20)$$

[0145] 이와 같이, 본 실시예에 따른 광학 장치에 의하면, 40 내지 80%의 콘트라스트를 상정하여, 유효 발산각 θ_i' 또는 유효 최대 개수 n_m' 를 고려해서 설정함으로써, 광 이용 효율을 확보하면서 양호한 결상 성능을 달성할 수 있다.

[0146] 실시예 4

[0147] 이어서, 본 발명의 실시예 4에 따른 광학 장치에 대해서 상세하게 설명한다. 실시예 1과 동일 또는 동등한 구성 부분에 대해서는, 그 설명을 간략화 혹은 생략한다. 본 실시예가 실시예 1에 대하여 상이한 점은, 각 렌즈 광학계가 Z-X 단면 내에서 확대 광학계가 되고, Z-X 단면 내에서의 발광점 사이즈와 수광면 상에서의 상의 크기가 상이한 것이다.

[0148] 도 10a 내지 10d는 본 실시예에 따른 광학 장치의 주요부 개략도이며, 도 10a 및 10b는 X-Y 단면, 도 10c 및 10d는 Z-X 단면을 나타내고 있다. 본 실시예에 따른 광학 장치는, 물체면에 배치된 복수의 발광점을 포함하는 광원(1001)과, 광원(1001)으로부터 출사하는 복수의 광선을 수광면(상면)(1006)에 집광하는 결상 광학계(1005)를 포함한다.

[0149] 결상 광학계(1005)는 제1 방향으로 배열된 복수의 렌즈 광학계(1005a)와, 미광 광선을 차광하는 차광부(1003)를 포함하는 렌즈 어레이이다. 렌즈 광학계(1005a)는 동일한 광축 상에 배치된 결상 유닛(1002, 1004)을 포함하고 있다. 실시예 1과는 상이하게, 결상 유닛(1002)을 구성하는 렌즈부와 결상 유닛(1004)을 구성하는 렌즈부는 상이한 형상이다. 이에 의해, 본 실시예에 따른 결상 광학계(1005)는 Z-X 단면 내에서 확대계를 이루고 있다. 결상 유닛(1002)의 렌즈면(1002a, 1002b) 및 결상 유닛(1004)의 렌즈면(1004a, 1004b)은 모두 애너모픽(anamorphic) 비구면 형상으로 되어 있다. 그 비구면 형상은 전술한 식 (1)로 표현된다.

[0150] 본 실시예에 따른 결상 광학계(1005)의 특성을 표 6에 나타낸다.

표 6

구성			비구면 형상							
해상도	dpi	600	렌즈면 1002a		렌즈면 1002b		렌즈면 1004b		렌즈면 1004a	
과장	λ (nm)	780	R	0	R	0	R	0	R	0
굴절률	$n(\lambda=780\text{nm})$	1.486	k	0	k	0	k	0	k	0
렌즈 유닛의 제1 방향의 F-No.	Fno_m	3.90	A20	0.49353	A20	-0.84151	A20	0.84151	A20	-0.49353
렌즈 유닛의 제2 방향의 F-No.	Fno_s	1.30	A40	-0.51152	A40	0.29629	A40	-0.29629	A40	0.51152
렌즈 유닛의 제1 방향의 배율	β m	-0.45	A60	-0.58605	A60	-0.45822	A60	0.45822	A60	0.58605
렌즈 유닛의 제1 방향의 배열 피치	p(mm)	0.77	A80	0.55114	A80	-2.30492	A80	2.30492	A80	-0.55114
렌즈 유닛의 제1 방향으로 배열된 광학계의 수	Nm(개)	291	A100	-6.18001	A100	8.30369	A100	-8.30369	A100	6.18001
렌즈 유닛의 제2 방향으로 배열된 광학계의 수	Ns(개)	1	A02	0.20133	A02	-0.23125	A02	0.19949	A02	-0.03519
렌즈 유닛이 광을 수용할 수 있는 최대 물체 높이	L(mm)	0.768	A22	-0.25709	A22	0.010385	A22	-0.02678	A22	0.14680
발광점의 제1 방향의 크기	Dm(μ m)	42.30	A42	0.03333	A42	-0.41981	A42	0.22126	A42	0.28788
발광점의 제2 방향의 크기	Ds(μ m)	25.40	A62	5.65825	A62	3.25668	A62	-1.32747	A62	-2.40382
개구 사이즈			A82	-11.79314	A82	-6.03053	A82	1.49199	A82	23.62346
활상 유닛(1002)의 제1 방향의 개구 사이즈	Am1(mm)	0.7	A04	-0.02012	A04	0.00680	A04	0.00382	A04	0.01535
활상 유닛(1002)의 제2 방향의 개구 사이즈	As1(mm)	244	A24	0.16833	A24	0.01902	A24	-0.07111	A24	-0.19636
활상 유닛(1004)의 제1 방향의 개구 사이즈	Am2(mm)	0.7	A44	-0.85689	A44	-0.32633	A44	0.61214	A44	1.36064
활상 유닛(1004)의 제2 방향의 개구 사이즈	As2(mm)	2.44	A64	-2.75367	A64	-1.71326	A64	0.10789	A64	-5.64660
배치			A06	0.01283	A06	0.00356	A06	0.00032	A06	-0.00686
광원(1001)과 렌즈면(1002a) 사이의 거리	d1(mm)	2.62	A26	-0.02314	A26	-0.01182	A26	-0.01030	A26	0.05265
렌즈면(1002a)과 렌즈면(1002b) 사이의 거리	d2(mm)	1.27	A46	0.69981	A46	0.41193	A46	-0.62041	A46	-2.47916
렌즈면(1002b)과 렌즈면(1004a) 사이의 거리	d3(mm)	2.16	A08	0.00714	A08	0.00306	A08	-0.00070	A08	-0.01322
렌즈면(1004a)과 렌즈면(1004b) 사이의 거리	d4(mm)	1.27	A28	-0.00717	A28	0.02039	A28	0.02811	A28	-0.01344
렌즈면(1004b)과 수광면(1006) 사이의 거리	d5(mm)	2.62	A010	-0.00170	A010	0.00340	A010	0.00348	A010	0.02919

[0151]

[0152]

도 10a는 X-Y 단면 내에서 축상 물체 높이에 있는 발광점(1001a)이 결상 광학계(1005)에 의해 수광면(1006) 상에 결상되는 방식을 도시한 도면이다. 도 10b는 X-Y 단면 내에서 중간 물체 높이에 있는 발광점(1001b)이 수광면(1006) 상에 결상되는 방식을 도시한 도면이다. 발광점(1001a, 1001b)으로부터 출사된 광선은 결상 유닛(1002)을 개재해서 중간 결상면 A에 일시적으로 집광되고, 그 후, 결상 유닛(1004)을 개재해서 수광면(1006) 상에 집광된다.

[0153]

본 실시예에서도, 발광점(1001a)으로부터 출사된 광선은 각각 1개의 렌즈 광학계(1005a)만을 통과하는 반면, 발광점(1001b)으로부터 출사된 광선은 각각 렌즈 광학계(1005a)를 통과하게 된다. 발광점(1001a)으로부터 출사된 광선의 발산각의 반값 θ_{m_a} 는 7.31° , 발광점(1001b)으로부터 출사된 광선의 발산각의 반값 θ_{m_b} 는 13.49° 가 된다. 이와 같이, X-Y 단면 내에서는, 발광점의 위치에 따라서 광속의 발산각의 반값 θ_m 이 변화하기 때문에, 발광점의 위치에 따라 피사계 심도가 상이하다.

[0154]

한편, 도 7c 및 7d에 도시한 바와 같이, 발광점(1001a, 1001b)으로부터 출사된 광선은 결상 유닛(1002)을 개재

해서 평행광이 되고, 그 후, 결상 유닛(1004)에 입사해서 수광면(1006) 상에 집광된다. 여기서, 결상 광학계(1005)는 Z-X 단면 내에서는 도립 등배 결상계이기 때문에, 발광점(1001a, 1001b)의 각각으로부터 출사한 광선은 1개의 렌즈 광학계(1005a)만을 통과하게 된다. 발광점(1001a, 1001b)으로부터 출사된 광선이 이루는 결상 광속의 발산각의 반값 θ_{sa} 및 θ_{sb} 는 모두 17.23° 이다. 이와 같이, Z-X 단면 내에서는, 반값 θ_s 는 발광점의 위치에 관계없이 일정하기 때문에, 결상 광속의 입사각의 반값 또한 발광점의 위치에 관계없이 일정하다.

[0155] 이상과 같이, 결상 광학계(1005)의 X-Y 단면 내에서의 피사계 심도는 발광점의 위치에 따라 상이한 반면, Z-X 단면 내에서의 피사계 심도는 발광점의 위치에 관계없이 일정하다. 따라서, 본 실시예에 따른 광학 장치는, 중간 물체 높이에서의 발광점이 수광면(1006) 상에 결상될 때의 피사계 심도가 X-Y 단면 및 Z-X 단면 내에서 대략 동일하게 설계된다. 이에 의해, X-Y 단면 내에서 최소가 되는 피사계 심도와 Z-X 단면 내에서의 피사계 심도를 대략 동일하게 할 수 있어, 광량을 최대로 확보하면서 결상 성능을 안정시킬 수 있다.

[0156] 여기서, 1개의 발광점으로부터의 광선이 통과하는 렌즈 광학계(1005a)의 최대 개수를 산출한다. 본 실시예에서는, 1개의 렌즈 광학계(105a)가 광선을 도입할 수 있는 최대 물체 높이 L은 0.768mm이고, 렌즈 광학계(7005a)의 배열 피치 p는 0.77mm이다. 이때, n_m (X-Y 단면 내에서 1개의 발광점으로부터의 광선이 통과하는 렌즈 광학계(1005a)의 최대 개수)= $1+\text{정수부}(2 \times L/P)=2$ 가 된다. 40 내지 80%의 콘트라스트를 상정한 유효 최대 개수 $n_m' = 1+\text{정수부}(2 \times 0.85L/P)=2$ 가 된다. 또한, n_m 과 n_m' 이 동일하기 때문에, 조건 식 (5) 및 (10)을 만족하는 구성이려면, 콘트라스트 100%를 고려한 경우와, 40 내지 80%의 콘트라스트를 고려한 경우의 양 경우 모두에서 본 발명의 효과가 얻어질 수 있다.

[0157] 본 실시예에서는, n_m 이 짝수이기 때문에 중간 물체 높이에 있는 발광점으로부터의 결상 광속이 수광면(1006)에 입사하는 때에, 발산각의 반값 θ_m 이 가장 커진다(최댓값이 된다). 따라서, X-Y 단면 내에서의 결상 광속의 입사각의 최댓값의 반값은 13.49° 가 된다. 한편, 상술한 바와 같이, Z-X 단면 내에서는, 1개의 발광점으로부터의 광선이 통과하는 렌즈 광학계(1005a)의 최대 개수 n_s 는 1이며, 결상 광속의 발산각의 최댓값의 반값 θ_s 는 17.23° 가 된다. 또한, 결상 유닛의 제2 방향의 개구 사이즈 A_s , 즉 결상 광학계(1005)의 제2 방향의 최대 유효폭 T는 2.44mm이다.

[0158] 본 실시예에 따른 결상 광학계(1005)는 X-Y 단면 및 Z-X 단면 내에서 광원(1001)의 발광점의 각각의 등배 상을 수광면(1006) 상에 형성한다. 따라서, X-Y 단면 내에서, 수광면(1006) 상의 상의 크기 D_m 은 발광점의 크기인 $42.30 \mu\text{m}$ 와 동일해진다. 한편, Z-X 단면 내에서는, 결상 광학계(1005)는 광원(1001)의 발광점을 1.3배의 배율로 확대 결상하고 있기 때문에, 수광면(1006) 상의 상의 크기 D_s 는 발광점의 크기($25.40 \mu\text{m}$)의 1.3배인 $33.02 \mu\text{m}$ 가 된다. 실시예 1과 마찬가지로, 해상도 P는 X-Y 단면 및 Z-X 단면 내에서 11.81 lp/mm (600dpi에 상당)로서 평가된다.

[0159] 이들 수치를 조건 식 (5) 및 (10)의 중간 항목에 대입하면 식 (21) 및 (22)가 되어, 조건 식 (5)를 충족하지만, 식 (10)을 충족하지는 않는 것을 안다.

[0160] [수학식 21]

$$\frac{P_m}{P_s} \frac{1 - P_s D_s \tan \theta_m}{1 - P_m D_m \tan \theta_s} = 0.94 \quad (21)$$

[0161]

[0162] [수학식 22]

$$\frac{P_m}{P_s} \frac{1 - P_s D_s}{1 - P_m D_m} \frac{n_m P}{T} = 0.77 \quad (22)$$

[0163]

[0164] 본 실시예가 조건 식(10)을 충족하지 않는 이유는, 본 실시예에 따른 결상 광학계(1005)가 확대 광학계이므로, 상술한 식 (8)의 근사가 성립하지 않기 때문이다. 이와 같이, 조건 식 (10)은, 식 (8)이 성립하는 광학계가 아니면 적용할 수 없다.

[0165] 도 11a 및 11b는 본 실시예에 따른 결상 광학계(1005)의 X-Y 단면 및 Z-X 단면 내에서의 심도 특성을 도시한 도

면이다. 도 11a는 축상 물체 높이에 있는 발광점이 수광면(1006) 상에 결상될 때의 피사계 심도와 콘트라스트의 관계를 나타내고, 도 5a와 마찬가지로, 각 콘트라스트 값에서 X-Y 단면 내에서의 피사계 심도가 Z-X 단면 내에서의 피사계 심도보다 커지고 있다. 한편, 도 11b는 중간 물체 높이에서의 발광점으로부터의 광에 대한 피사계 심도와 콘트라스트의 관계에 의해, X-Y 단면 및 Z-X 단면 내의 피사계 심도가 대략 동일한 것을 도시한다.

[0166] 표 7은, 중간 물체 높이에 있는 발광점이 수광면(1006) 상에 결상되는 때에, 각 콘트라스트마다의 X-Y 단면 및 Z-X 단면 내의 각각에서의 피사계 심도 및 그 비를 나타낸다.

표 7

콘트라스트	Δx_m	Δx_s	$\Delta x_m / \Delta x_s$
100%	0.077	0.105	1.37
90%	0.116	0.141	1.21
80%	0.142	0.161	1.13
70%	0.158	0.175	1.10
60%	0.170	0.189	1.10
50%	0.183	0.203	1.09
40%	0.196	0.217	1.10

[0167] 표 7은, 40 내지 80%의 콘트라스트의 범위에서, X-Y 단면 및 Z-X 단면 내에서 피사계 심도가 대략 동일하게 되는 것을 도시한다. 즉, 본 실시예에 따른 광학 장치를 조건 식 (5)를 만족하는 구성으로 함으로써, 중간 물체 높이에 있는 발광점이 수광면(106) 상에 결상되는 때에, X-Y 단면 및 Z-X 단면 내에서의 피사계 심도가 동일하게 될 수 있다.

[0169] 이와 같이, 본 실시예에 따른 광학 장치에 의하면, 확대 광학계인 경우에도, 광 이용 효율을 확보하면서 양호한 결상 성능을 달성할 수 있다.

[0170] 실시예 5

[0171] 이어서, 본 발명의 실시예 3에 따른 광학 장치에 대해서 상세하게 설명한다. 실시예 1과 동일하거나 또는 동등한 구성 부분에 대해서는 동일한 참조 부호로 표시하고, 그 설명을 간략화 혹은 생략한다. 본 실시예가 실시예 1에 과 상이한 점은, 1개의 발광점으로부터 출사된 광속이 통과하는 렌즈 광학계의 개수가 증가한다는 점이다.

[0172] 도 12a 내지 12d는 본 실시예에 따른 광학 장치의 주요부의 개략도이며, 도 12a 및 12b는 X-Y 단면, 도 12c 및 12d는 Z-X 단면을 나타내고 있다. 본 실시예에 따른 광학 장치는, 물체면에 배치된 복수의 발광점을 포함하는 광원(1201)과, 광원(1201)으로부터 출사되는 복수의 광선을 수광면(상면)(1206)에 집광하는 결상 광학계(1205)를 포함한다.

[0173] 결상 광학계(1205)는 제1 방향으로 배열된 복수의 렌즈 광학계(1205a)와, 미광 광선을 차광하는 차광부(1203)를 포함하는 렌즈 어레이이다. 렌즈 광학계(1205a)는 동일한 광축 상에 배치된 결상 유닛(1202, 1204)을 포함하고 있다. 실시예 1과 마찬가지로, 결상 유닛(1202, 1204) 각각은 동일 형상의 렌즈부가 제1 방향으로 등간격으로 배열되어서 구성되고 있고, 결상 유닛(1202, 1204)은 광축 방향에 대하여 대칭이다. 결상 유닛(1202)의 렌즈면(1202a, 1202b) 및 결상 유닛(1204)의 렌즈면(1204a, 1204b)은 모두 애너모픽 비구면 형상(애너모픽면)으로 되어 있다. 그 비구면 형상은 전술한 식 (1)로 표현된다.

[0174] 본 실시예에 따른 결상 광학계(1205)의 특성을 표 8에 나타낸다.

표 8

구성			비구면 형상							
해상도	dpi	600	렌즈면 1202a		렌즈면 1202b		렌즈면 1204b		렌즈면 1204a	
과장	λ (nm)	780	R	0	R	0	R	0	R	0
굴절률	$n(\lambda=780\text{nm})$	1.486	k	0	k	0	k	0	k	0
렌즈 유닛의 제1 방향의 F-No.	Fno_m	6.90	A20	0.52414	A20	-1.27350	A20	1.27350	A20	-0.52414
렌즈 유닛의 제2 방향의 F-No.	Fno_s	1.31	A40	-2.34636	A40	0.73486	A40	-0.73486	A40	2.34636
렌즈 유닛의 제1 방향의 배율	β m	-0.24	A60	15.12691	A60	-4.60626	A60	4.60626	A60	-15.12691
렌즈 유닛의 제1 방향의 배열 피치	p(mm)	0.52	A80	-216.13320	A80	8.52304	A80	-8.52304	A80	216.13320
렌즈 유닛의 제1 방향으로 배열된 광학계의 수	Nm(개)	221	A100	-11.14076	A100	-19.97629	A100	19.97629	A100	11.14076
렌즈 유닛의 제2 방향으로 배열된 광학계의 수	Ns(개)	1	A02	0.14572	A02	-1.15192	A02	1.15192	A02	-0.14572
렌즈 유닛이 광을 수용할 수 있는 최대 물체 높이	L(mm)	1.035	A22	-0.11646	A22	0.23666	A22	-0.23666	A22	0.11646
발광점의 제1 방향의 크기	Dm(um)	42.30	A42	0.69251	A42	-0.73229	A42	0.73229	A42	-0.69251
발광점의 제2 방향의 크기	Ds(um)	25.40	A62	-0.32243	A62	2.60923	A62	-2.60923	A62	0.32243
개구 사이즈			A82	0.12245	A82	-6.69795	A82	6.69795	A82	-0.12245
활상 유닛(1202)의 제1 방향의 개구 사이즈	Am1(mm)	0.50	A04	-0.01460	A04	0.00082	A04	-0.00082	A04	0.01460
활상 유닛(1202)의 제2 방향의 개구 사이즈	As1(mm)	2.44	A24	0.06767	A24	-0.00507	A24	0.00507	A24	-0.06767
활상 유닛(1204)의 제1 방향의 개구 사이즈	Am2(mm)	0.50	A44	-0.23917	A44	0.02710	A44	-0.02710	A44	0.23917
활상 유닛(1204)의 제2 방향의 개구 사이즈	As2(mm)	2.44	A64	0.62105	A64	-0.09276	A64	0.09276	A64	-0.62105
배치			A06	0.00261	A06	-0.00001	A06	0.00001	A06	-0.00001
광원(1201)과 렌즈면(1202a) 사이의 거리	d1(mm)	3.30	A26	-0.02011	A26	0.00010	A26	-0.00010	A26	0.02011
렌즈면(1202a)과 렌즈면(1202b) 사이의 거리	d2(mm)	0.90	A46	0.08062	A46	-0.00049	A46	0.00049	A46	-0.08062
렌즈면(1202b)과 렌즈면(1204a) 사이의 거리	d3(mm)	1.36	A08	-0.00043	A08	0.00000	A08	0.00000	A08	0.00043
렌즈면(1204a)과 렌즈면(1204b) 사이의 거리	d4(mm)	0.90	A28	0.00334	A28	0.00000	A28	0.00000	A28	-0.00334
렌즈면(1204b)과 수광면(1206) 사이의 거리	d5(mm)	3.30	A010	0.00003	A010	0.00000	A010	0.00000	A010	-0.00003

[0175]

[0176]

도 12a는 X-Y 단면 내에서 축상 물체 높이에 있는 발광점(1201a)이 결상 광학계(1205)에 의해 수광면(1206) 상에 결상되는 방식을 도시한 도면이다. 도 12b는 X-Y 단면 내에서 중간 물체 높이에 있는 발광점(1201b)이 결상 광학계(1205)에 의해 수광면(1206) 상에 결상되는 방식을 도시한 도면이다. 발광점(1201a, 1201b)으로부터 출사된 광선은 결상 유닛(1202)을 개재해서 중간 결상면 A에서 일시적으로 집광되고, 그 후, 결상 유닛(1204)을 개재해서 수광면(1206) 상에 집광된다.

[0177]

본 실시예는 발광점(1201a)으로부터 출사된 광선은 3개의 렌즈 광학계(1205a)를 통과하고, 발광점(1201b)으로부터 출사된 광선은 4개의 렌즈 광학계(1205a)를 통과한다는 점에서, 실시예 1과 상이하다. 발광점(1201a)으로부터 출사된 광선의 발산각의 반값 Θ_{m} 는 11.81° , 발광점(1201b)으로부터 출사된 광선의 발산각의 반값 Θ_{mb} 는 15.59° 가 된다. X-Y 단면 내에서는, 발광점의 위치에 따라서 광속의 발산각의 반값 Θ_m 이 변화하기 때문에, 발광점의 위치에 따라 피사계 심도가 상이하다.

[0178]

한편, Z-X 단면 내에서는, 도 10c 및 10d에 도시한 바와 같이, 발광점(1201a, 1201b)으로부터 출사된 광선은 결상 유닛(1202)을 개재해서 평행광이 되고, 그 후, 결상 유닛(1204)에 입사해서 수광면(1206) 상에 집광된다.

여기서, 결상 광학계(1205)는, Z-X 단면 내에서는 도립 등배 결상계이기 때문에, 발광점(1201a, 1201b)의 각각으로부터 출사된 광선은 1개의 렌즈 광학계(1205a)만을 통과하게 된다. 발광점(1201a, 1201b)으로부터 출사된 광선이 이루는 결상 광속의 발산각의 반값 θ_{sa} 및 θ_{sb} 는 모두 22.47° 이다. 이와 같이, Z-X 단면 내에서는, 결상 광속의 입사각의 반값 θ_s 는 발광점의 위치에 관계없이 일정하기 때문에, 피사계 심도 또한 발광점의 위치에 관계없이 일정하다.

[0179] 이상과 같이, 결상 광학계(1205)의 X-Y 단면 내에서의 피사계 심도는 발광점의 위치에 따라서 상이한 반면, Z-X 단면 내에서의 피사계 심도는 발광점의 위치에 관계없이 일정하다. 따라서, 본 실시예에 따른 광학 장치는, 중간 물체 높이에서의 발광점이 수광면(1206) 상에 결상될 때의 피사계 심도가, X-Y 단면 및 Z-X 단면 내에서 대략 동등하도록 설계되고 있다. 이에 의해, X-Y 단면 내에서 최소가 되는 피사계 심도와 Z-X 단면 내에서의 피사계 심도를 대략 동일하게 할 수 있어, 광량을 최대한 확보하면서 결상 성능을 안정시킬 수 있다.

[0180] 여기서, 1개의 발광점으로부터의 광선이 통과하는 렌즈 광학계(1205a)의 최대 개수를 산출한다. 본 실시예에서는, 1개의 렌즈 광학계(105a)가 광선을 도입할 수 있는 최대 물체 높이 L이 1.035mm이고, 렌즈 광학계(1205a)의 배율 피치 p는 0.52mm이다. 따라서, n_m (X-Y 단면 내에서 1개의 발광점으로부터의 광선이 통과하는 렌즈 광학계(1205a)의 최대 개수)=1+정수부 ($2 \times L/p$)=4가 된다. 또한, 40 내지 80%의 콘트라스트를 상정한 최대 개수 n_m' =1+정수부 ($2 \times 0.85L/P$)=4가 된다. n_m 과 n_m' 가 동일하기 때문에, 조건 식 (5) 및 (10)을 만족하는 구성이라면, 콘트라스트 100%를 고려한 경우 및 40 내지 80%의 콘트라스트를 고려한 경우 양 경우 모두에서 본 발명의 효과가 얻어질 수 있다.

[0181] 본 실시예에서는 n_m 이 짝수이기 때문에, 중간 물체 높이에 있는 발광점으로부터의 결상 광속이 수광면(1206)에 입사하는 때에, 발산각의 반값 θ_m 이 가장 커진다(최댓값이 된다). 이때, X-Y 단면 내에서의 결상 광속의 입사각의 최댓값의 반값은 15.59° 가 된다. 한편, 상술한 바와 같이, X-Y 단면 내에서는, 1개의 발광점으로부터의 광선이 통과하는 렌즈 광학계(1205a)의 최대 개수 n_s 는 1이며, 결상 광속의 발산각의 반값 θ_s 는 22.47° 가 된다. 또한, 결상 유닛의 제2 방향에서의 개구 사이즈 A_s , 즉 결상 광학계(1205)의 제2 방향에서의 최대 유효 폭 T는 2.44mm이다.

[0182] 본 실시예에 따른 결상 광학계(1205)는 X-Y 단면 및 Z-X 단면 내의 각각에서, 광원(1201)의 각 발광점의 각각의 등배 상을 수광면(1206) 상에 형성하고 있다. 따라서, X-Y 단면 내에서, 수광면(1206)에서의 상의 크기 D_m 은 발광점의 크기 $42.30 \mu\text{m}$ 와 동일하다. Z-X 단면 내에서, 수광면(1206)에서의 상의 크기 D_s 는 $25.40 \mu\text{m}$ 와 동일하다. 실시예 1과 마찬가지로, 해상도 P는 X-Y 단면 및 Z-X 단면 내에서 11.81 lp/mm (600dpi 상당)로서 평가된다.

[0183] 이들 수치를 조건 식 (5) 및 (10)의 중간 항목에 대입하면 식 (23) 및 (24)가 되어, 조건 식 (5) 및 (10)을 충족하는 것을 알 수 있다.

[0184] [수학식 23]

$$\frac{P_m}{P_s} \frac{1 - P_s D_s \tan \theta_m}{1 - P_m D_m \tan \theta_s} = 0.94 \quad (23)$$

[0185]

[0186] [수학식 24]

$$\frac{P_m}{P_s} \frac{1 - P_s D_s}{1 - P_m D_m} \frac{n_m P}{T} = 1.19 \quad (24)$$

[0187]

[0188] 도 13a 및 13b는, 실시예 1과 마찬가지로, 본 실시예에 따른 결상 광학계(1205)의 X-Y 단면 및 Z-X 단면 내에서의 심도 특성을 도시한 도면이다. 도 13a는 축상 물체 높이에 있는 발광점이 수광면(1206) 상에 결상될 때의 피사계 심도와 콘트라스트의 관계를 나타내고 있고, 도 5a와 마찬가지로, 각 콘트라스트 값에서 X-Y 단면 내에서의 피사계 심도가 Z-X 단면 내에서의 피사계 심도보다 크다. 한편, 도 13b는 중간 물체 높이에서의 발광점이 수광면(1206) 상에 결상될 때의 피사계 심도와 콘트라스트의 관계에 의해, X-Y 단면 및 Z-X 단면 내에서의 피사계 심도가 대략 동일한 것을 나타낸다.

[0189] 표 9는 중간 물체 높이에 있는 발광점이 수광면(1206) 상에 결상되는 때에, 각 콘트라스트마다의 X-Y 단면 및 Z-X 단면 내의 각각에서의 피사계 심도 및 그 비를 나타낸다.

표 9

콘트라스트	Δx_m	Δx_s	$\Delta x_m / \Delta x_s$
100%	0.060	0.086	1.46
90%	0.134	0.127	0.96
80%	0.167	0.141	0.85
70%	0.190	0.156	0.82
60%	0.212	0.170	0.79
50%	0.232	0.183	0.77
40%	0.257	0.196	0.74

[0190]

[0191] 표 9는 40 내지 90%의 콘트라스트 범위에서, X-Y 단면 및 Z-X 단면 내에서 피사계 심도를 대략 동일하게 할 수 있는 것을 나타낸다. 즉, 본 실시예에 따른 광학 장치를 조건 식 (5) 및 (10)을 만족하는 구성으로 함으로써, 중간 물체 높이에 있는 발광점이 수광면(1206) 상에 결상되는 때에 X-Y 단면 및 Z-X 단면 내에서의 피사계 심도를 동일하게 할 수 있다. 이와 같이, 본 실시예에 따른 광학 장치에 의하면, 각 발광점으로부터의 광선이 통과하는 렌즈 광학계의 개수가 증가하더라도, 광 이용 효율을 확보하면서 양호한 결상 성능을 달성할 수 있다.

[0192] 본 실시예에서는 1개의 발광점으로부터의 광선이 통과하는 렌즈 광학계의 개수 증가에 따라, 각 렌즈 광학계의 X-Y 단면 내에서의 파워를 크게 할 필요가 있지만, 파워를 크게 하면 수차 또한 커져버리기 때문에, 바람직하지 않다. 따라서, 렌즈 광학계의 결상 성능을 고려하여, n_m 및 n_m' 를 4 이하로 하는 것이 바람직하다.

[0193] 실시예 6

[0194] 이어서, 본 발명의 실시예 3에 따른 광학 장치에 대해서 상세하게 설명한다. 실시예 1과 동일하거나 동등한 구성 부분에 대해서는 동일한 참조 부호를 표시하고, 그 설명을 간략화 혹은 생략한다. 본 실시예는 실시예 1에 따른 렌즈 광학계를 상하로 분할하고, 그 한쪽을 렌즈 광학계의 배열 피치의 반 피치만큼 제1 방향으로 이동시킨 구성이다.

[0195] 도 14a 내지 14c는 본 실시예에 따른 광학 장치의 주요부 개략도이다. 도 14a는 X-Y 단면, 도 1b는 Z-X 단면, 도 14c는 X 방향으로부터의 정면도를 나타내고 있다. 본 실시예에 따른 광학 장치는, 물체면에 배치된 복수의 발광점을 포함하는 광원(1401)과, 광원(1401)으로부터 출사하는 복수의 광선을 수광면(1406)에 집광하는 결상 광학계(1405)를 포함한다.

[0196] 결상 광학계(1405)는 제1 방향으로 배열된 복수의 렌즈 광학계(1405a)와, 미광 광선을 차광하는 차광부(1403)를 포함하는 렌즈 어레이이다. 렌즈 광학계(1405a)는 동일한 광축 상에 배치된 결상 유닛(1402, 1404)을 포함하고 있다. 실시예 1과 상이하게, 결상 유닛(1402, 1404)의 각각은 제2 방향으로 2개의 렌즈 열을 포함한다. 각 렌즈 열은 동일 형상의 복수의 렌즈부가 제1 방향으로 등간격으로 배열되어서 구성된다. 결상 유닛(1402, 1404)의 각각을 이루는 2열의 렌즈 열은, 실시예 1의 각 결상 유닛을 이루는 렌즈 열을 상하로 분할하고, 렌즈 유닛의 배열 간격의 반 피치만큼 제1 방향으로 이동시킨 구성으로 된다. 결상 유닛(1402)과 결상 유닛(1404)은 광축 방향에 대칭적으로 배치된다.

[0197] 결상 유닛(1402)의 렌즈면(1402a 내지 1402d) 및 결상 유닛(1404)의 렌즈면(1404a 내지 1404d)의 각각은, 애너모픽 비구면 형상(애너모픽면)으로 되어 있다. 그 비구면 형상은 전술한 식 (1)로 표현된다.

[0198] 본 실시예에 따른 결상 광학계(1405)의 특성을 표 10에 나타낸다.

표 10

구성			비구면 형상							
해상도	dpi	600	렌즈면 1402a, 1402c		렌즈면 1402b, 1402d		렌즈면 1404b, 1404d		렌즈면 1404a, 1404c	
파장	λ (nm)	780	R	0	R	0	R	0	R	0
굴절률	$n(\lambda=780\text{nm})$	1.486	k	0	k	0	k	0	k	0
렌즈 유닛의 제1 방향의 F-No.	Fno_m	3.90	A20	0.50277	A20	-0.82549	A20	0.82549	A20	-0.50277
렌즈 유닛의 제2 방향의 F-No.	Fno_s	1.30	A40	-0.51259	A40	0.29164	A40	-0.29164	A40	0.51259
렌즈 유닛의 제1 방향의 배율	β m	-0.45	A60	-0.24716	A60	-0.55971	A60	0.55971	A60	0.24716
렌즈 유닛의 제1 방향의 배열 피치	p(mm)	0.77	A80	0.08357	A80	-0.01894	A80	0.01894	A80	-0.08357
렌즈 유닛의 제1 방향으로 배열된 광학계의 수	Nm(개)	291	A100	-6.91825	A100	-0.78249	A100	0.78249	A100	6.91825
렌즈 유닛의 제2 방향으로 배열된 광학계의 수	Ns(개)	1	A02	0.15643	A02	-0.19504	A02	0.19504	A02	-0.15643
렌즈 유닛이 광을 수용할 수 있는 최대 물체 높이	L(mm)	0.768	A22	-0.15873	A22	0.09481	A22	-0.09481	A22	0.15873
발광점의 제1 방향의 크기	Dm(um)	42.30	A42	-0.15055	A42	-0.30023	A42	0.30023	A42	0.15055
발광점의 제2 방향의 크기	Ds(um)	25.40	A62	5.65920	A62	3.06561	A62	-3.06561	A62	-5.65920
개구 사이즈			A82	-13.83601	A82	-6.53977	A82	6.53977	A82	13.83601
활상 유닛(1402)의 제1 방향의 개구 사이즈	Am1(mm)	0.7	A04	-0.03679	A04	-0.00756	A04	0.00756	A04	0.03679
활상 유닛(1402)의 제2 방향의 개구 사이즈	As1(mm)	1.22	A24	0.14799	A24	0.03211	A24	-0.03211	A24	-0.14799
활상 유닛(1404)의 제1 방향의 개구 사이즈	Am2(mm)	0.7	A44	-1.03706	A44	-0.59005	A44	0.59005	A44	1.03706
활상 유닛(1404)의 제2 방향의 개구 사이즈	As2(mm)	1.22	A64	-1.89450	A64	-0.69876	A64	0.69876	A64	1.89450
배치			A06	0.01270	A06	0.00111	A06	-0.00111	A06	-0.01270
광원(1401)과 렌즈면(1402a) 사이의 거리	d1(mm)	2.65	A26	-0.07715	A26	-0.00101	A26	0.00101	A26	0.07715
렌즈면(1402a)과 렌즈면 (1402b) 사이의 거리	d2(mm)	1.25	A46	0.97142	A46	0.41327	A46	-0.41327	A46	-0.97142
렌즈면(1402b)과 렌즈면 (1404a) 사이의 거리	d3(mm)	2.16	A08	-0.00611	A08	-0.00105	A08	0.00105	A08	0.00611
렌즈면(1404a)과 렌즈면 (1404b) 사이의 거리	d4(mm)	1.25	A28	-0.01342	A28	-0.01827	A28	0.01827	A28	0.01342
렌즈면(1404b)과 수광면 (1406) 사이의 거리	d5(mm)	2.65	A010	0.00128	A010	0.00010	A010	-0.00010	A010	-0.00128

[0199]

[0200]

도 15a는, X-Y 단면 내에서, 축상 물체 높이에 있는 발광점(1401a)이 결상 광학계(1405)에 의해 수광면(1406) 상에 결상되는 방식을 도시한 도면이다. 도 15b는, Z-X 및 X-Y 단면 내에서, 중간 물체 높이에서의 발광점(1401b)이 수광면(1406) 상에 결상되는 방식을 도시한 도면이다.

[0201]

여기서, 본 실시예에서는, 중간 물체 높이에서의 발광점(1401b)의 위치에 대해서 전술한 다른 실시예와 상이하하다. 구체적으로는, 발광점(1401b)은 제1 방향(Y 방향)에서 인접한 렌즈 광학계(1405a)의 광축 사이의 중간 위치에 배치되지 않고, 제2 방향(Z 방향)에서 인접한 렌즈 광학계(1405a)의 광축 사이의 중간 위치에 배치된다. 이것은, 렌즈 광학계(1405a)를 상하로 분할해서 반 피치만큼 이동시킨 구성으로 되어 있기 때문이다.

[0202]

발광점(1401a, 1401b)의 각각으로부터 출사된 광선은, 결상 유닛(1402)을 개재해서 중간 결상면 A에서 일시적으로 집광되고, 그 후, 결상 유닛(1404)을 개재해서 수광면(1406) 상에 집광된다. X-Y 단면 내에서, 발광점(1401a, 1401b)으로부터 출사된 광선의 발산각의 반값 θ_{ma} 및 θ_{mb} 는 각각 7.32° 및 13.38° 이다.

[0203]

한편, Z-X 단면 내에서는, 도 15c 및 15d에 도시한 바와 같이, 발광점(1401a, 1401b)으로부터 출사된 광선은, 결상 유닛(1402)을 개재해서 대략 평행광이 되고, 그 후, 결상 유닛(1404)에 입사해서 수광면(1406) 상에 집광된다. 발광점(1401a, 1401b)으로부터 출사된 광선이 이루는 결상 광축의 발산각의 반값 θ_{sa} 및 θ_{sb} 는 모두

21.14° 이다. 이와 같이, Z-X 단면 내에서는, 반값 θ_s 는 발광점의 위치에 관계없이 일정하기 때문에, 피사계 심도 또한 발광점의 위치에 관계없이 일정하다.

[0204] 이상과 같이, 결상 광학계(1405)의 X-Y 단면 내에서의 피사계 심도는 발광점의 위치에 따라서 상이한 반면, Z-X 단면 내에서의 피사계 심도는 발광점의 위치에 관계없이 일정하다. 따라서, 본 실시예에 따른 광학 장치는, 중간 물체 높이에서의 발광점이 수광면(1406) 상에 결상될 때의 피사계 심도가, X-Y 단면 및 Z-X 단면 내에서 대략 동일하게 설계되고 있다. 이에 의해, X-Y 단면 내에서 최소가 되는 피사계 심도와 Z-X 단면 내에서의 피사계 심도를 대략 동일하게 할 수 있어, 광량을 최대한 확보하면서 결상 성능을 안정시킬 수 있다.

[0205] 여기서, 1개의 발광점으로부터의 광선이 통과하는 렌즈 광학계(1405a)의 최대 개수를 산출한다. 본 실시예와 같이, 제2 방향에 렌즈 열이 복수 배열된 구성에 식 (10)을 적용하는 경우에는, 가장 주변부의 광선이 입사하는 렌즈 열을 고려할 필요가 있다. 따라서, X-Y 단면 내에서 1개의 발광점으로부터의 광선이 통과하는 렌즈 광학계(1405a)의 최대 개수 n_m 과, 렌즈 광학계(1405a)의 제1 방향에서의 개구 사이즈 A_m 을 고려한다. 구체적으로는, $n_m \times A_m$ 의 값이 가장 커지는 렌즈 열에 대해서 식 (10)을 적용하는 것을 고려한다.

[0206] 본 실시예에서는, 하나의 렌즈 광학계(105a)가 광선을 도입할 수 있는 최대 물체 높이 L은 0.768mm, 렌즈 광학계(1405a)의 배열 피치 p는 0.77mm이다. 이때, n_m (X-Y 단면 내에서 하나의 발광점으로부터의 광선이 통과하는 렌즈 광학계(705a)의 최대 개수)= $1 + \text{정수부}(2 \times L/P) = 2$ 가 된다. 또한, 40 내지 80%의 콘트라스트를 상정한 유효 최대 개수 $n'_m = 1 + \text{정수부}(2 \times 0.85L/P) = 2$ 가 된다. 그리고, 상단 및 하단의 렌즈 광학계(1405a)의 양쪽에 대해서, 제1 방향에서의 개구 사이즈 A_m 은 0.7mm이기 때문에, $n_m \times A_m = 1.4\text{mm}$ 가 된다. 본 실시예에서는, 상단 및 하단의 렌즈 광학계(1405a)에 대해 $n_m \times A_m$ 의 값이 동일하기 때문에, 어느 쪽의 열에 대해서 조건 식 (5) 및 (10)을 만족하도록 구성해도 본 발명의 효과를 얻을 수 있다. 또한, n_m 과 n'_m 가 동일하기 때문에, 조건 식 (5) 및 (10)을 만족하는 구성이라면, 콘트라스트 100%를 고려한 경우와, 40 내지 80%의 콘트라스트를 고려한 경우 양쪽 모두에서 본 발명의 효과가 얻어질 수 있다.

[0207] 본 실시예에서는, n_m 이 짝수이기 때문에, 중간 물체 높이에 있는 발광점으로부터의 결상 광속이 수광면(1406)에 입사하는 때에, 발산각의 반값 θ_m 이 가장 커진다(최댓값이 된다). 이때, X-Y 단면 내에서의 결상 광속의 입사각의 최댓값의 반값은 13.38°가 된다. 한편, 상술한 바와 같이, Z-X 단면 내에서는, 1개의 발광점으로부터의 광선이 통과하는 렌즈 광학계(1405a)의 최대 개수 n_s 가 2이며, 결상 광속의 발산각의 반값 θ_s 는 21.14°가 된다. 또한, 상단 및 하단의 렌즈 열에 대한 렌즈 광학계(1405a)의 개구 사이즈 A_s 는 1.22mm이기 때문에, 결상 광학계(1405)의 제2 방향의 최대 유효폭 T는 2.44mm가 된다.

[0208] 본 실시예에 따른 결상 광학계(1405)는 X-Y 단면 및 Z-X 단면의 각각에서 광원(1401)의 각 발광점의 등배 상을 수광면(1406) 상에 형성하고 있다. 따라서, X-Y 단면 내에서, 수광면(1406)에서의 상의 크기 D_m 은 발광점의 크기 42.30 μm 와 동일하고, Z-X 단면 내에서, 수광면(1406)에서의 상의 크기 D_s 는 발광점의 크기 25.40 μm 와 동일하다. 해상도 P는, 실시예 1과 마찬가지로, X-Y 단면 및 Z-X 단면 내에서 11.81 lp/mm (600dpi 상당)로서 평가된다.

[0209] 이들 수치를 조건 식 (5) 및 (10)의 중간 항목에 대입하면 다음 식 (25) 및 (26)이 되어, 조건 식 (5) 및 (10)을 충족하는 것을 알 수 있다.

[0210] [수학식 25]

$$\frac{P_m}{P_s} \frac{1 - P_s D_s \tan \theta_m}{1 - P_m D_m \tan \theta_s} = 0.86 \quad (25)$$

[0211]

[0212] [수학식 12]

$$\frac{P_m}{P_s} \frac{1 - P_s D_s}{1 - P_m D_m} \frac{n_m P}{T} = 0.88 \quad (26)$$

[0213]

[0214] 도 16a 및 16b는, 실시예 1과 마찬가지로, 본 실시예에 따른 결상 광학계(1405)의, X-Y 단면 및 Z-X 단면 내에서의 심도 특성을 도시한 도면이다. 도 16a는, 축상 물체 높이에 있는 발광점이 수광면(1406) 상에 결상될 때의 피사계 심도와 콘트라스트의 관계를 나타내고 있다. 또한, 도 16b는, 각 렌즈 광학계(1405a)의 중간 물체 높이에서의 발광점이 수광면(1406) 상에 결상될 때의 피사계 심도와 콘트라스트의 관계를 나타내고 있다. 도 16b는 X-Y 단면 및 Z-X 단면 내에서의 피사계 심도가 대략 동일한 것을 나타낸다.

[0215] 표 11은 중간 물체 높이에 있는 발광점이 수광면(1406) 상에 결상되는 때에, 각 콘트라스트마다의 X-Y 단면 및 Z-X 단면 내의 각각에서의 피사계 심도 및 그 비를 나타낸다.

표 11

콘트라스트	Δx_m	Δx_s	$\Delta x_m / \Delta x_s$
100%	0.089	0.104	1.09
90%	0.139	0.125	0.84
80%	0.166	0.144	0.82
70%	0.186	0.156	0.82
60%	0.207	0.165	0.79
50%	0.226	0.173	0.76
40%	0.245	0.181	0.74

[0216]

[0217] 표 11은, 70 내지 100%의 콘트라스트 범위에서, X-Y 단면 및 Z-X 단면 내에서의 피사계 심도를 대략 동일하게 하는 것을 나타낸다. 즉, 본 실시예에 따른 광학 장치를, 조건 식 (5) 및 (10)을 만족하는 구성으로 함으로써, 중간 물체 높이에 있는 발광점이 수광면(1406) 상에 결상될 때의 X-Y 단면 및 Z-X 단면 내에서의 피사계 심도를 동일하게 할 수 있음을 설명하였다.

[0218] 이와 같이, 본 실시예에 따른 광학 장치에 의하면, 렌즈 열을 상하로 분할한 구성에서도, 광 이용 효율을 확보 하면서 양호한 결상 성능을 달성할 수 있다.

[0219] 화상 형성 장치

[0220] 도 17은 본 발명의 실시예에 따른 컬러 화상 형성 장치(33)의 주요부의 개략도(Z-X 단면도)이다. 컬러 화상 형성 장치(33)는, 상술한 실시예에 나타난 어느 하나의 광학 장치(노광 유닛)를 4개 구비하고, 각각이 병행하여 감광 드럼의 수광면(감광면)을 노광하는 탠덤 타입의 컬러 화상 형성 장치이다. 컬러 화상 형성 장치(33)는, 실시예에 나타난 하나의 구성을 갖는 광학 장치(17, 18, 19, 20)와, 상 담지체로서의 감광 드럼(21, 22, 23, 24)과, 현상 유닛(25, 26, 27, 28)과, 반송 벨트(34)와, 정착 유닛(37)을 포함한다. 광학 장치(17, 18, 19, 20)의 각각은, 결상 광학계의 제2 방향이 감광 드럼(21, 22, 23, 24)의 회전 방향인 부주사 방향(Z 방향)과 일치하도록 배치된다.

[0221] 도 17에서, 컬러 화상 형성 장치(33)는 퍼스널 컴퓨터 등의 외부 기기(35)로부터 R(레드), G(그린), B(블루)의 색 신호를 수신한다. 이들 색 신호는, 장치 내의 프린터 컨트롤러(36)에 의해, C(시안), M(마젠타), Y(옐로우), K(블랙)의 화상 신호(도트 데이터)로 변환되어, 각각의 광학 장치(17, 18, 19, 20)에 입력된다. 프린터 컨트롤러(36)는 신호의 변환뿐만 아니라, 컬러 화상 형성 장치(33)의 각 부의 제어를 행한다.

[0222] 색 화상 신호에 따라 변조된 노광 광(29, 30, 31, 32)이 광학 장치(17, 18, 19, 20)로부터 각각 출사된다. 노광 광(29, 30, 31, 32)은 도시하지 않은 대전 롤러에 의해 대전된 감광 드럼(21, 22, 23, 24)의 감광면을 노광 시켜서, 각 감광면 상에 정전 잠상을 형성한다. 그 후, 감광 드럼(21, 22, 23, 24)의 감광면 상의 정전 잠상은, 각각의 현상 유닛(25, 26, 27, 28)에 의해 토너상으로서 현상된다. 각 색의 토너상이 도시하지 않은 전사 유닛에 의해 전사재에 다중 전사된 후, 정착 유닛에 의해 정착 됨으로써, 1매의 풀 컬러 화상을 형성한다.

[0223] 화상 판독 장치

[0224] 상술한 임의의 실시예에 따른 구성을 갖는 광학 장치를, 화상 판독 장치에 사용해도 된다. 이 경우에는, 결상 광학계의 물체면에 원고를 배치하고, 상면(수광면)에 수광 유닛을 배치함으로써 광학 장치를 구성한다. 수광 유닛으로서, 예를 들어 CCD 센서나 CMOS 센서 등에 의해 구성되는 라인 센서를 사용할 수 있다. 또한, 화상 판독 장치를 전술한 외부 기기(35)로서 컬러 화상 형성 장치(33)에 접속함으로써, 컬러 디지털 복사기를 구성해

도 된다.

[0225] 화상 관독 장치에서는, 광원을 포함하는 조명 수단에 의해 원고를 조사하고, 광속(반사광 또는 투과광)을 결상 광학계에 집광하고, 수광 유닛의 센서면에 의해 수광할 수 있다. 이때, 결상 광학계의 제2 방향이 원고와 결상 광학계의 상대 위치를 변경하는 방향(부주사 방향)에 일치하도록 배치함으로써, 원고를 부주사 방향으로 순차 관독할 수 있다.

[0226] 화상 관독 장치에서의 조명 유닛은 광원에 한정되지 않고, 외부 광을 원고에 인도하는 구성을 채용해도 된다. 여기서, 화상 관독 장치가 갖는 수광 유닛의 수광면에서의 원고의 상은 무한히 작은 도트로 구성되는 것으로 생각할 수 있다. 따라서, 상술한 식 (5) 및 (10)을 화상 관독 장치에 관한 광학 장치에 적용하는 경우에는, $D_i=0$ 으로 하고, 다음 식 (27) 및 (28)과 같이 변형될 수 있다.

[0227] [수학식 26]

$$0.8 \leq \frac{P_m \tan \theta_m}{P_s \tan \theta_s} \leq 1.2 \quad (27)$$

[0228]

[0229] [수학식 27]

$$0.8 \leq \frac{P_m n_m P}{P_s T} \leq 1.2 \quad (28)$$

[0230]

[0231] 변형예

[0232] 본 발명이 예시적인 실시예를 참조하여 설명되었지만, 본 발명이 개시된 예시적인 실시예에 한정되지 않음을 이해하여야 한다. 아래의 청구범위의 범위는 모든 변경과, 등가 구조 및 기능을 포함하도록 최광의의 해석에 따라야 한다.

[0233] 예를 들어, 실시예가 렌즈부의 제1 방향 및 제2 방향에서 설계된 개구 사이즈를 고안해서 식 (5)를 충족하는 구성으로서 상술되었지만, 식 (5)를 충족하기 위한 광학 장치의 설계 방법은 이에 한정되지 않는다. 예를 들어, 광원의 발광점의 제1 방향 및 제2 방향에서의 사이즈를 고안함으로써, 수학식 5를 충족하는 구성으로 해도 된다.

[0234] 또한, 실시예의 결상 광학계의 렌즈면을 식 (1)에 의해 표현되는 비구면 형상으로 했지만, 본 발명은 이에 한정되지 않고, 다른 식에 의해 표현되는 비구면 형상으로 해서 형성해도 된다. 또한, Z-X 단면 내에서는, 발광점을 중간 결상하지 않고 수광면에 도립 결상하고 있지만, X-Y 단면과 마찬가지로, 발광점을 중간 결상하고 나서 수광면에 정립 결상하여 구성해도 된다.

[0235] 또한, 실시예의 결상 광학계에 대해서 결상 유닛을 2개 배열한 구성을 설명하였지만, 결상 유닛의 수는 이에 한정하지 않고, 3개 이상의 결상 유닛에 의해 결상 광학계를 구성해도 된다. 또한, 실시예 6의 결상 유닛은 렌즈 열을 제2 방향으로 2열 배치한 구성이지만, 제2 방향으로 렌즈 열의 수를 3열 이상 배치한 결상 유닛을 구성해도 된다.

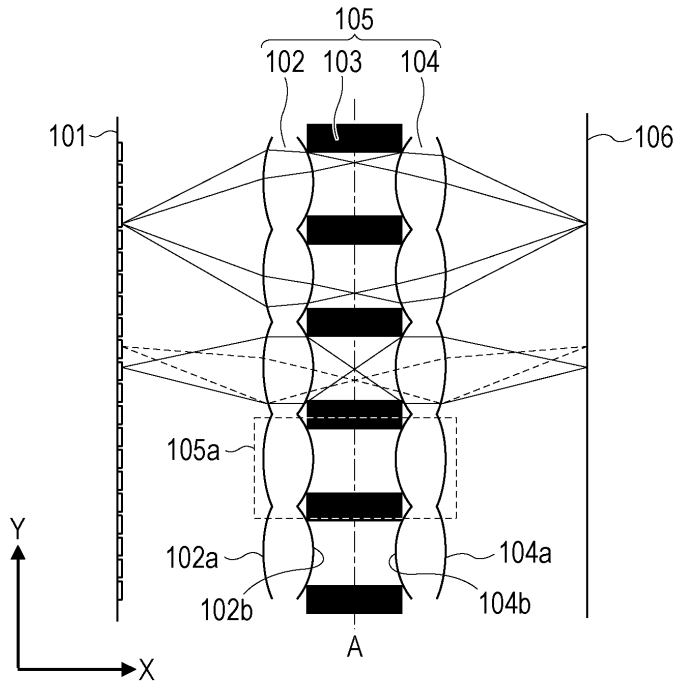
[0236] 또한, 실시예에 따른 광원은 복수의 발광점이 제1 방향으로만 배열된 구성이지만, 그 발광점의 열을 제2 방향으로 복수 배치하고, 복수의 발광점을 지그재그 형상으로 배열한 것을 사용해도 된다. 이러한 구성으로 함으로써, 제1 방향에서 인접하는 발광점끼리의 간격을 고려하지 않고 보다 많은 수의 발광점을 밀집해서 배열할 수 있고, 해상도를 더 높일 수 있다.

[0237] 상술한 화상 형성 장치 및 화상 관독 장치의 기록 밀도는 한정되지 않는다. 그러나, 기록 밀도가 더 높아지면 화질에 대한 요구 또한 높아지는 것을 고려하면, 상술한 실시예에 따른 광학 장치는, 1200dpi 이상의 화상 형성 장치에서 보다 높은 효과를 발휘한다.

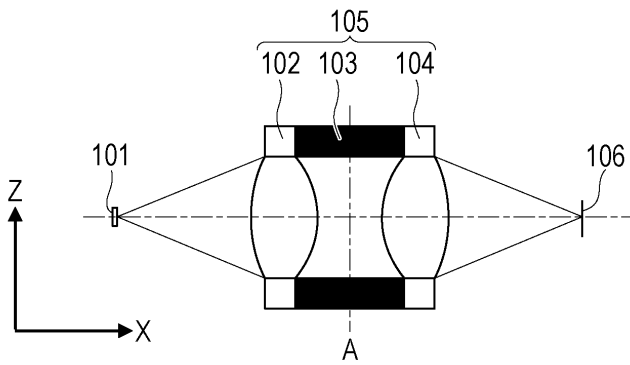
[0238] 본 출원은 2012년 12월 27일 출원된 일본 특허 출원 제2012-284439호의 이익을 주장하며, 상기 일본 특허 출원은 그 전체가 본 명세서에서 참조로서 인용된다.

도면

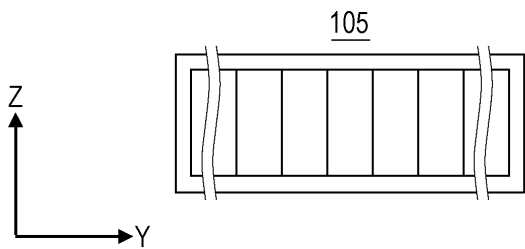
도면1a



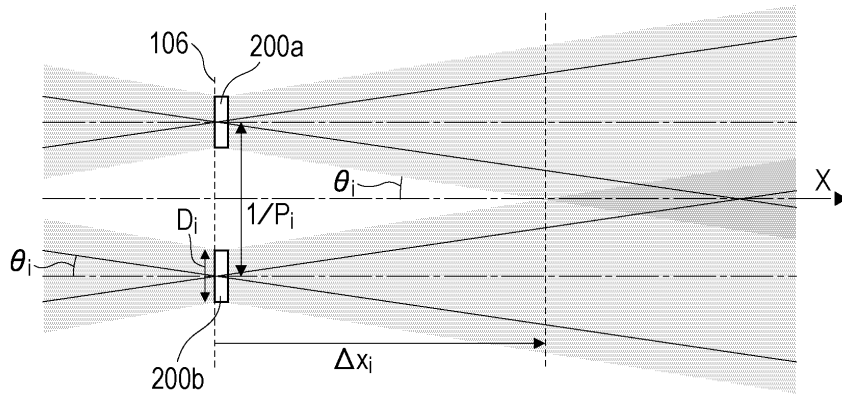
도면1b



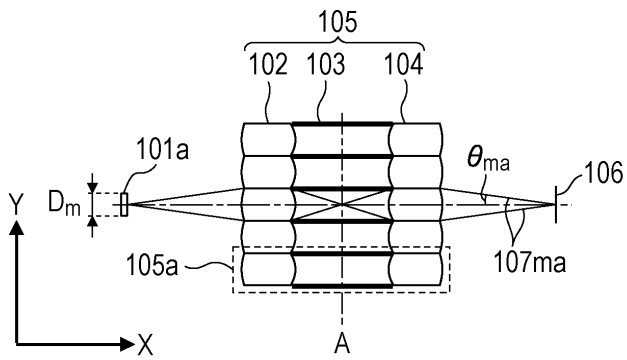
도면1c



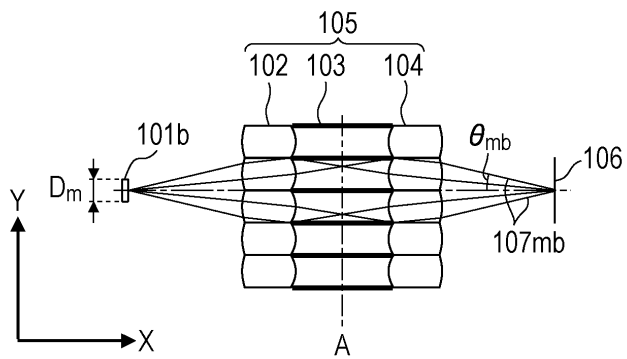
도면2



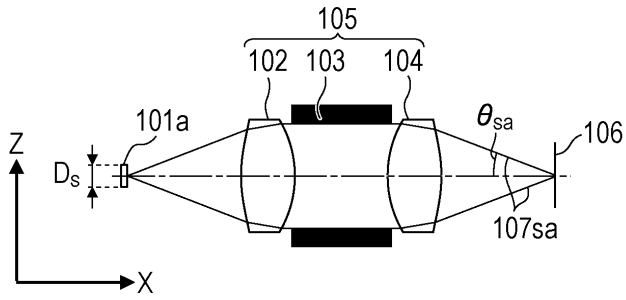
도면3a



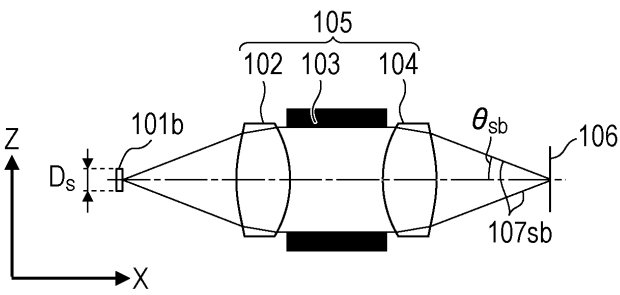
도면3b



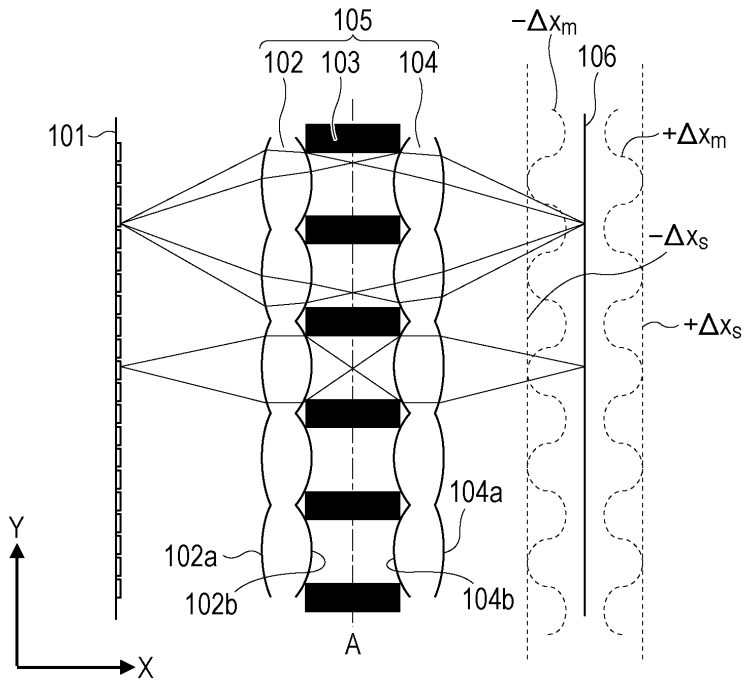
도면3c



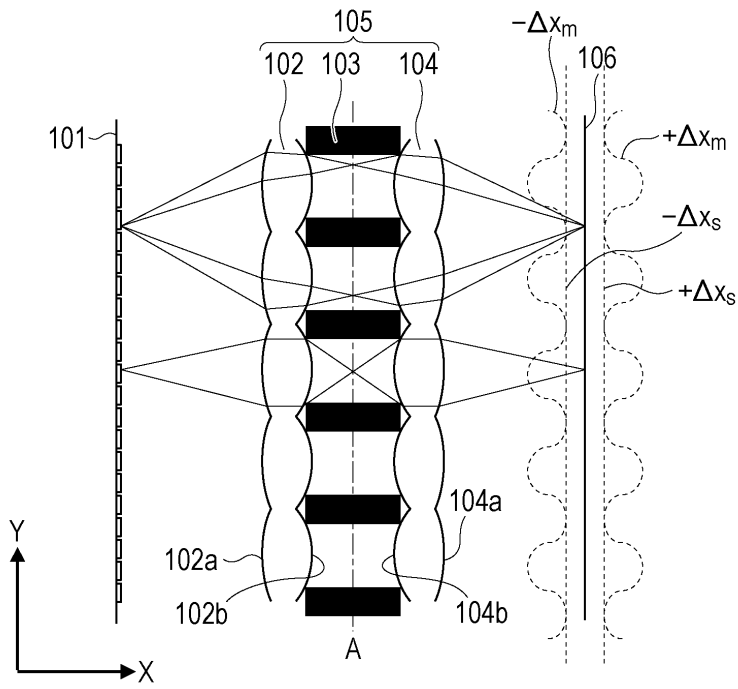
도면3d



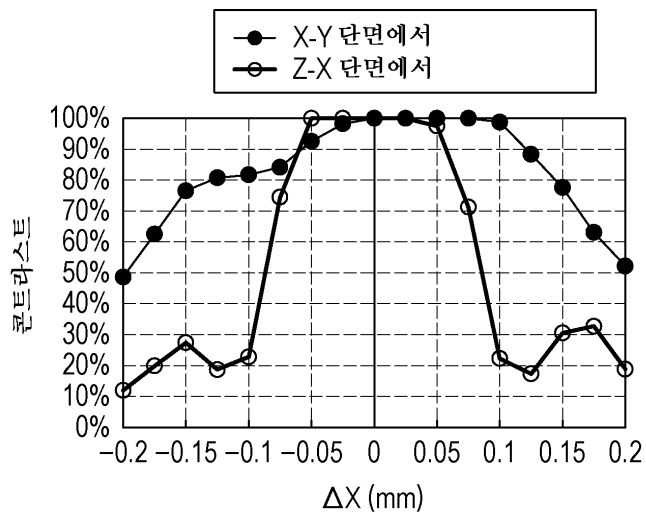
도면4a



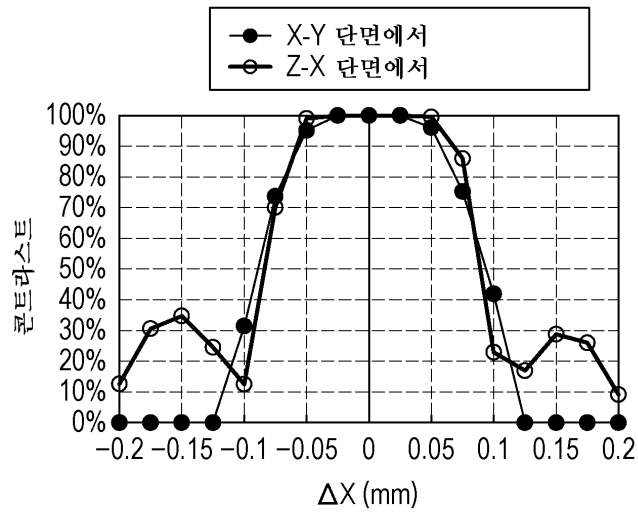
도면4b



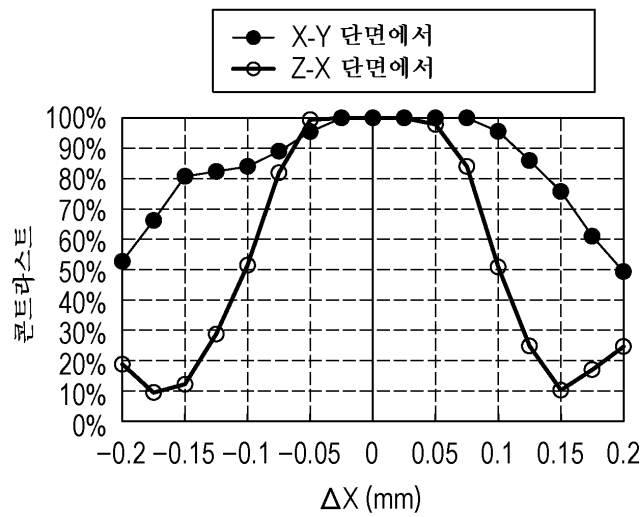
도면5a



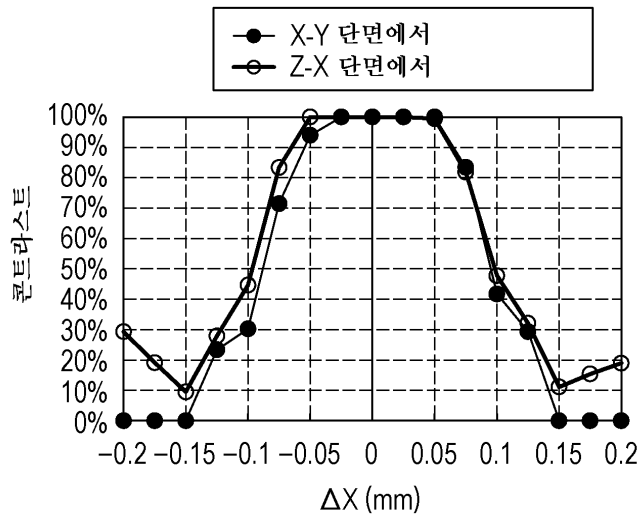
도면5b



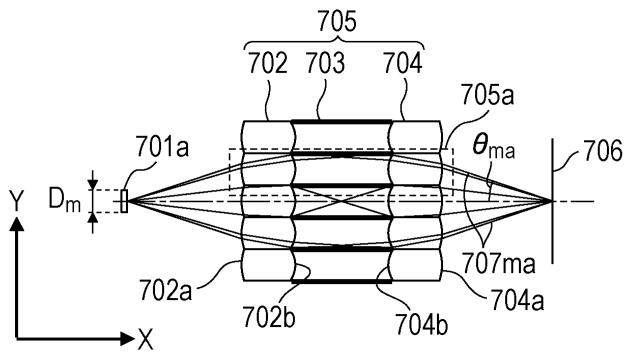
도면6a



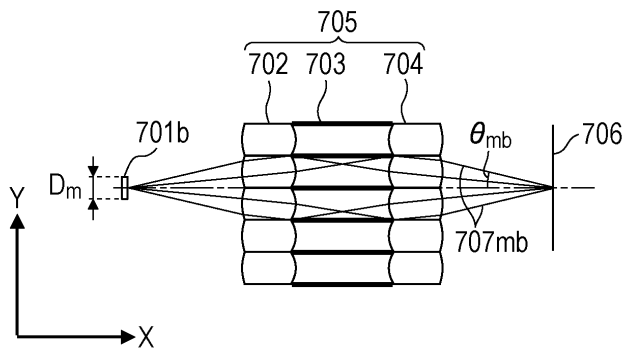
도면6b



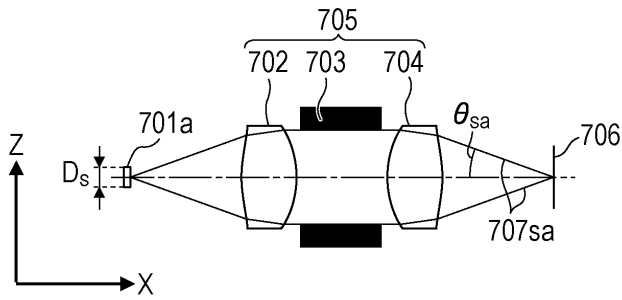
도면7a



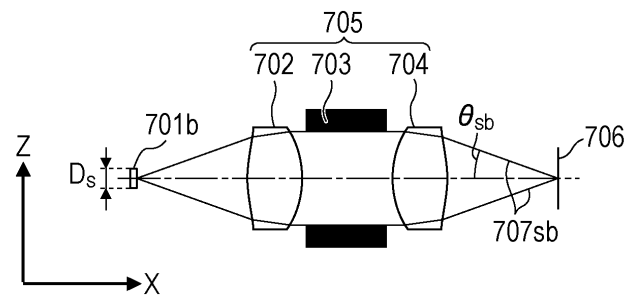
도면7b



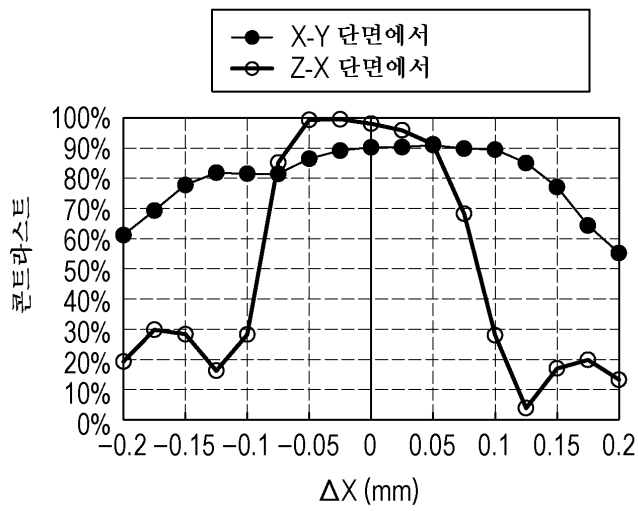
도면7c



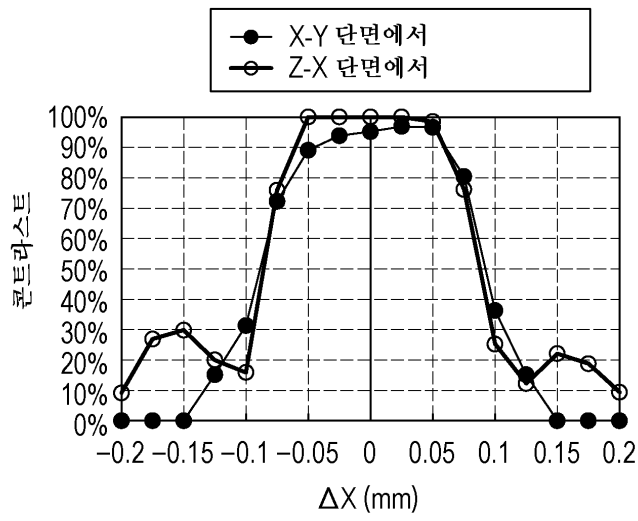
도면7d



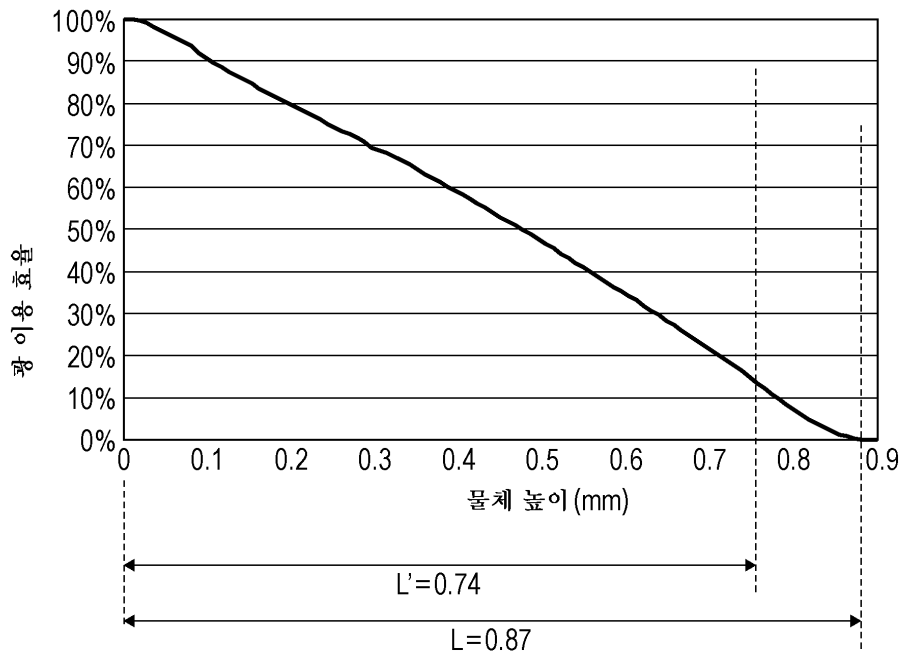
도면8a



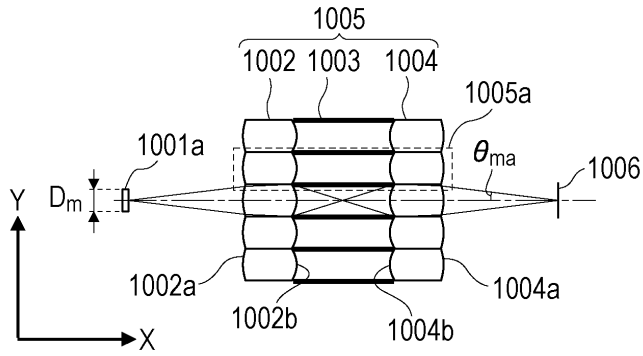
도면8b



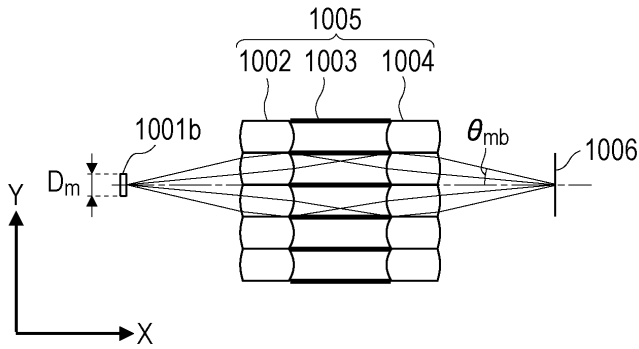
도면9



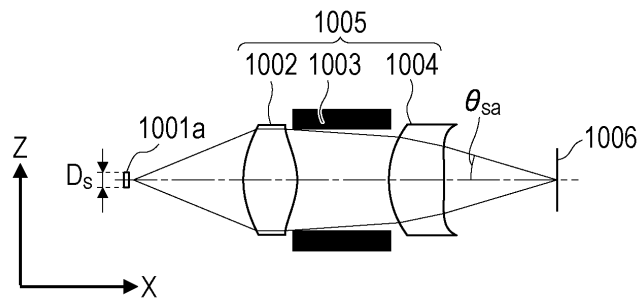
도면10a



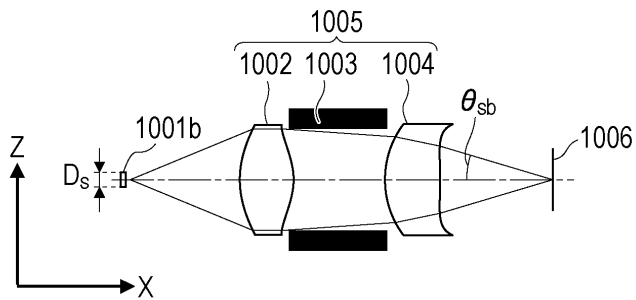
도면10b



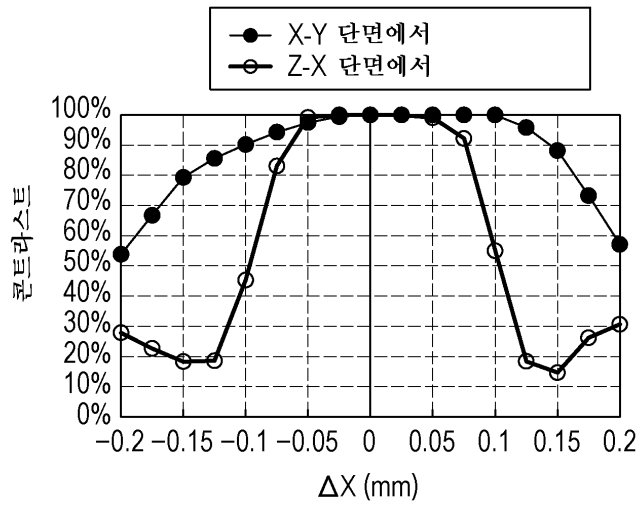
도면10c



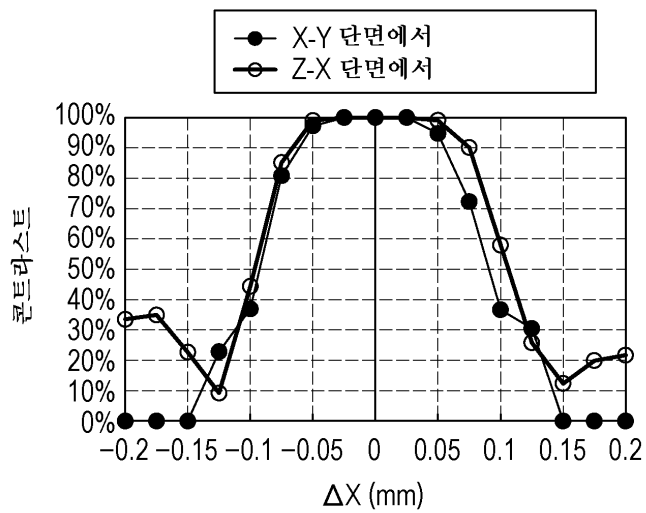
도면10d



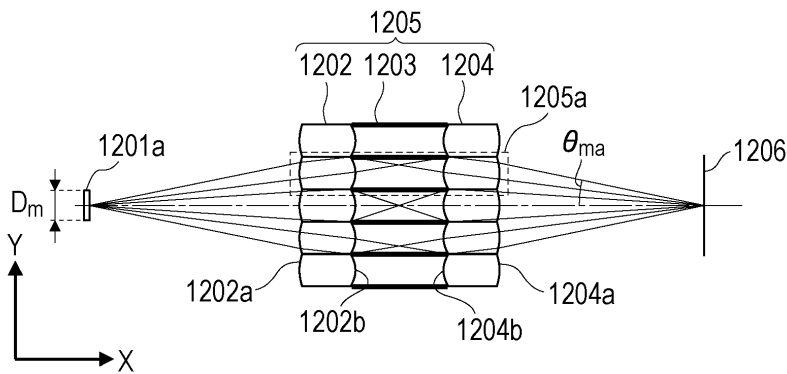
도면11a



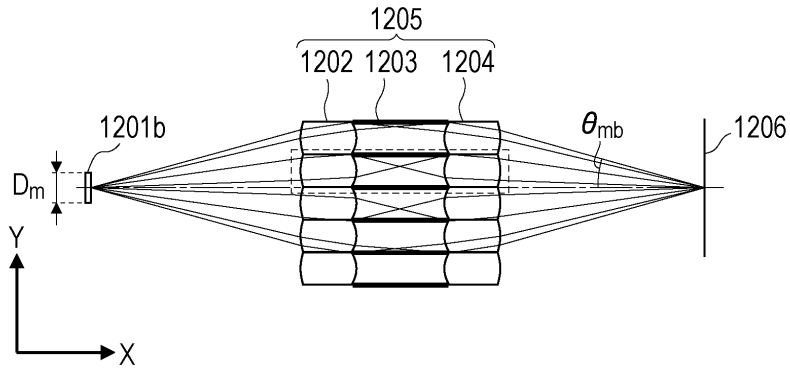
도면11b



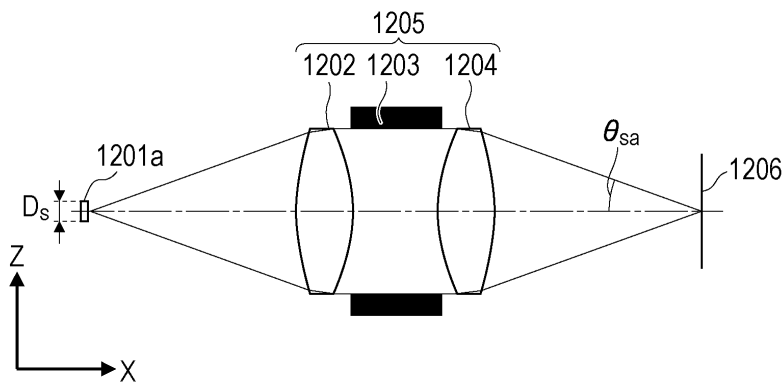
도면12a



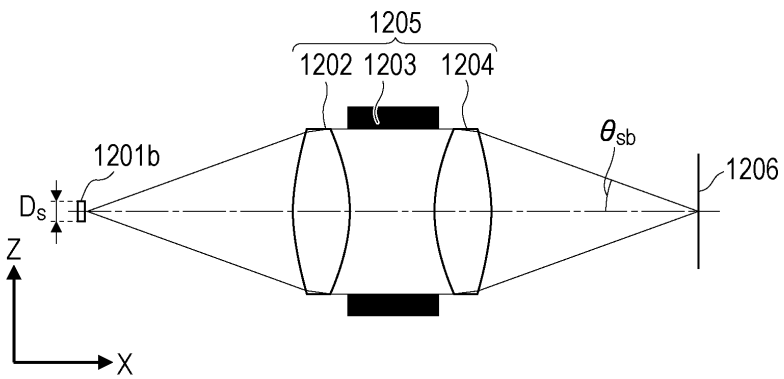
도면12b



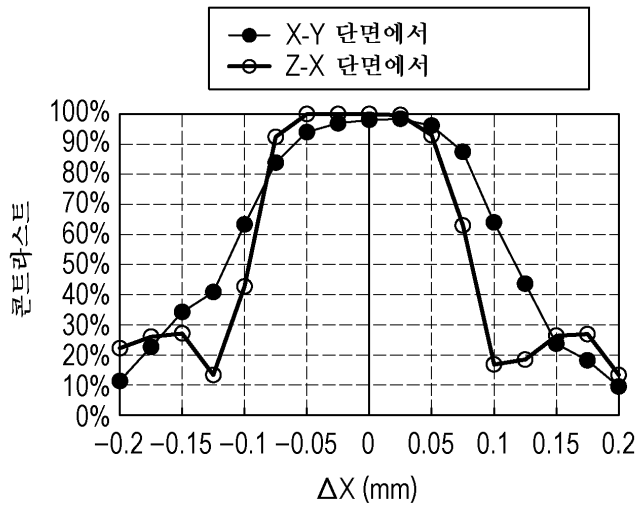
도면12c



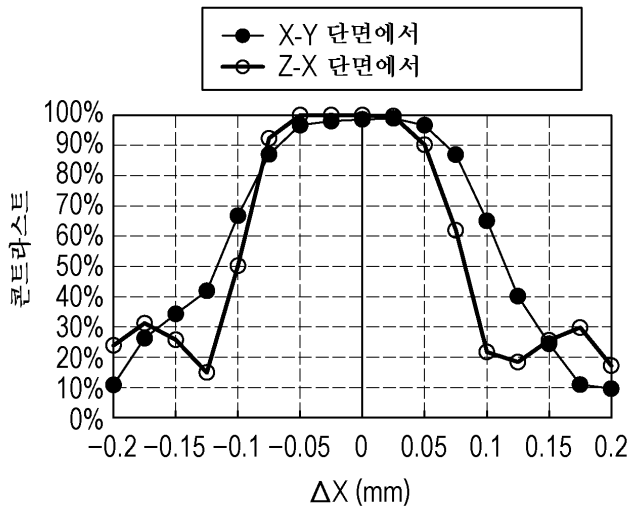
도면12d



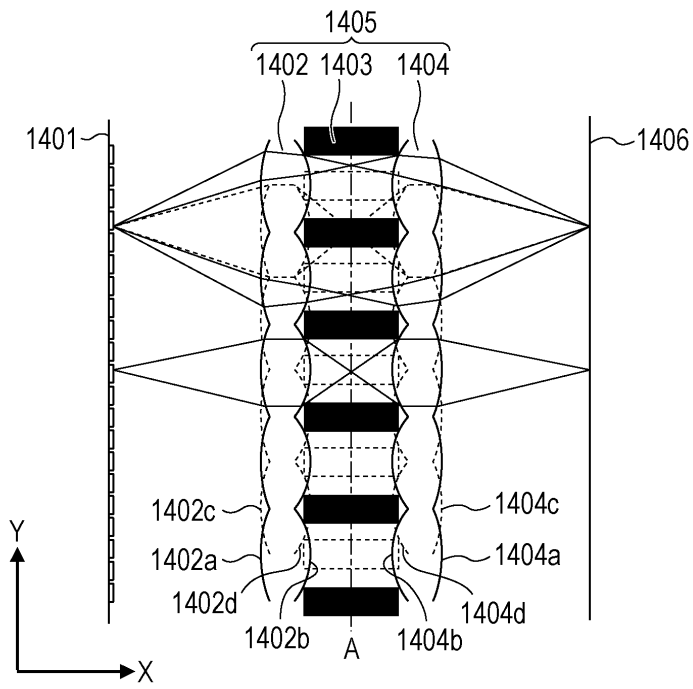
도면13a



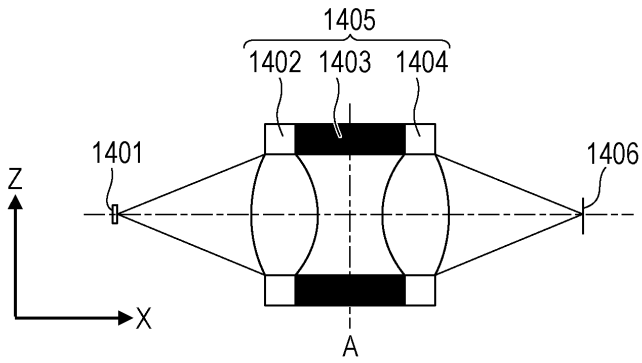
도면13b



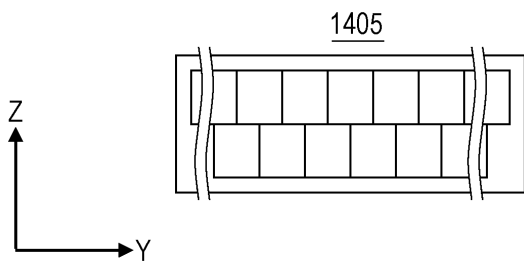
도면14a



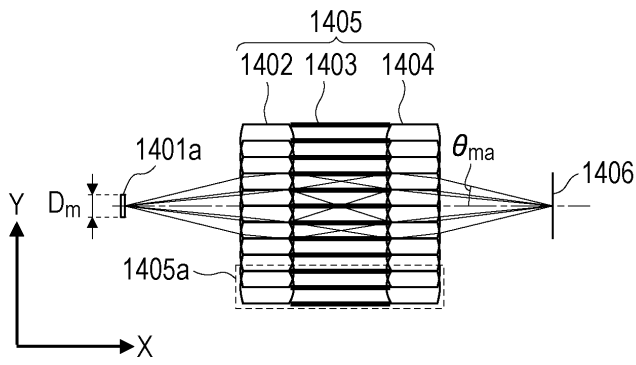
도면14b



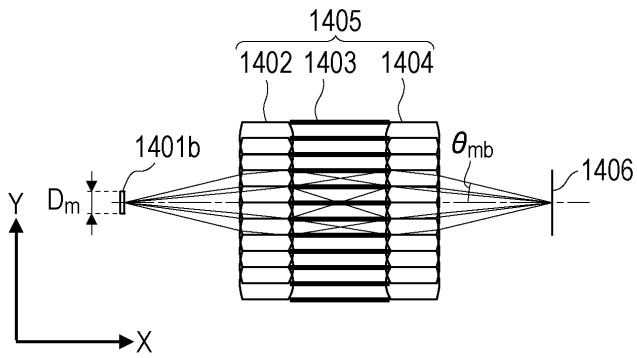
도면14c



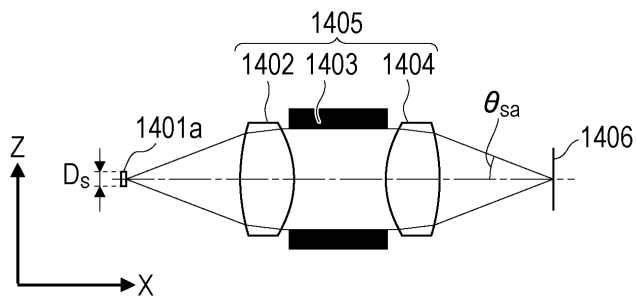
도면15a



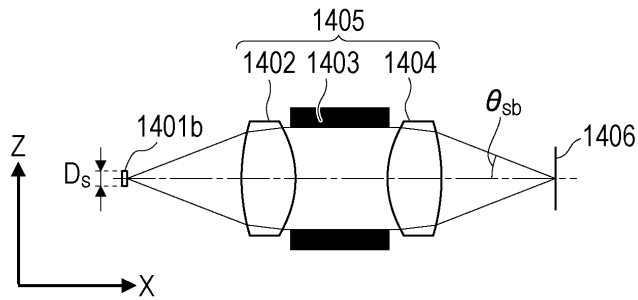
도면15b



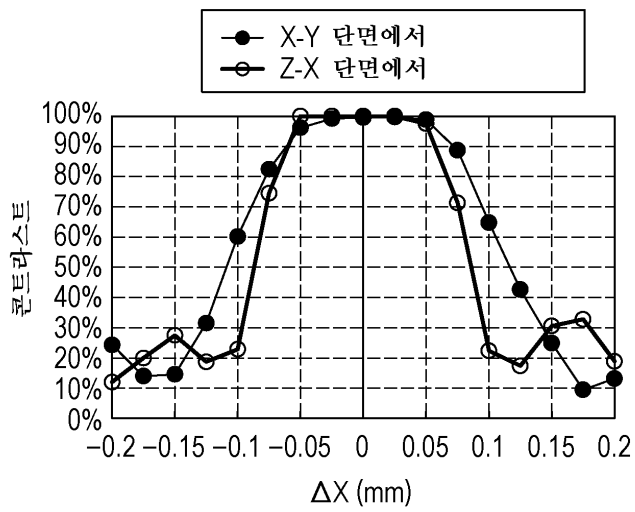
도면15c



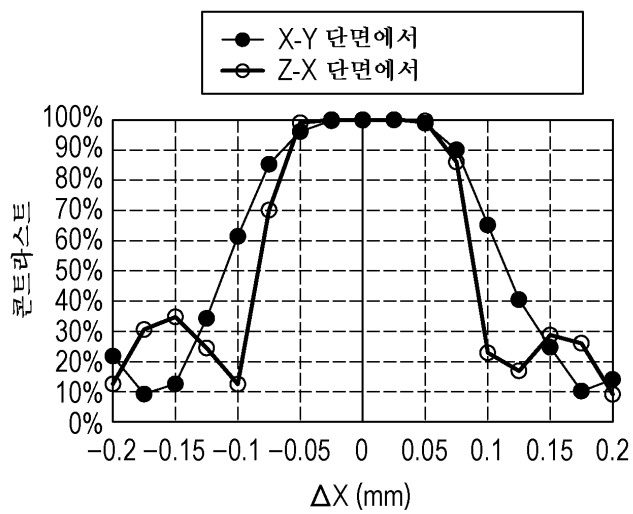
도면15d



도면16a



도면16b



도면17

