



(19) 대한민국특허청(KR)  
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2025-0022862  
(43) 공개일자 2025년02월17일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)  
G03F 7/00 (2006.01)

(52) CPC특허분류  
G03F 7/70075 (2023.05)  
G03F 7/7005 (2023.05)

(21) 출원번호 10-2025-7001691

(22) 출원일자(국제) 2022년08월18일  
심사청구일자 2025년01월16일

(85) 번역문제출일자 2025년01월16일

(86) 국제출원번호 PCT/JP2022/031205

(87) 국제공개번호 WO 2024/038535

국제공개일자 2024년02월22일

(71) 출원인

가부시킴가이샤 니콘

일본 도쿄도 시나가와구 니시오이 1쵸메 5방 20고

(72) 발명자

이와나가 마사야

일본 도쿄도 시나가와구 니시오이 1쵸메 5방 20고  
가부시킴가이샤 니콘 나이

가와도 사토시

일본 도쿄도 시나가와구 니시오이 1쵸메 5방 20고  
가부시킴가이샤 니콘 나이

(뒷면에 계속)

(74) 대리인

특허법인코리아나

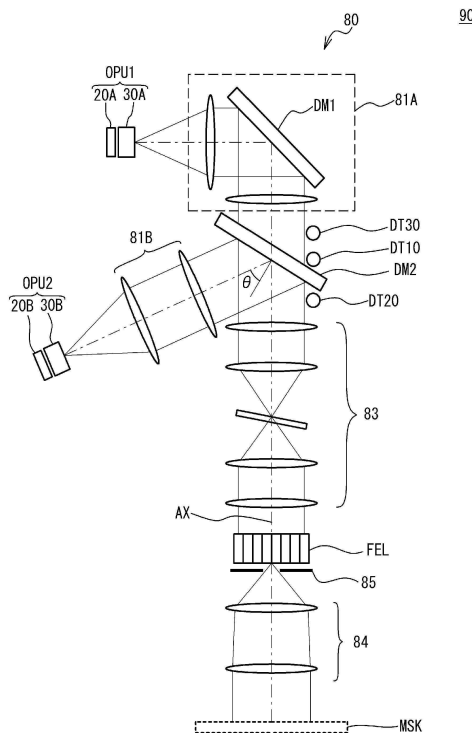
전체 청구항 수 : 총 16 항

(54) 발명의 명칭 조명 유닛, 노광 장치, 및 노광 방법

(57) 요약

조명 유닛은, 제 1 과장 특성을 갖는 광을 출사하는 제 1 발광부를 갖는 제 1 광원 소자를 복수 배열한 제 1 광원 어레이 (20A) 와, 상기 제 1 광원 소자의 각각의 상기 제 1 발광부의 확대 이미지를 형성하는 제 1 확대 광학계 (30A) 와, 상기 제 1 확대 광학계로부터의 광이 입사하는 제 1 광학계 (81A) 와, 상기 제 1 과장 특성과는 상 (뒷면에 계속)

대표도 - 도2



이한 제 2 파장 특성을 갖는 광을 출사하는 제 2 발광부를 갖는 제 2 광원 소자를 복수 배열한 제 2 광원 어레이 (20B) 와, 상기 제 2 광원 소자의 각각의 상기 제 2 발광부의 확대 이미지를 형성하는 제 2 확대 광학계 (30B) 와, 상기 제 2 확대 광학계로부터의 광이 입사하는 제 2 광학계 (81B) 와, 상기 제 1 광학계로부터의 광과, 상기 제 2 광학계로부터의 광을 합성하는 합성 광학 소자 (DM2) 를 구비하고, 상기 합성 광학 소자는, 상기 제 1 광학계의 후측 초점 위치 또는 그 근방이고, 또한, 상기 제 2 광학계의 후측 초점 위치 또는 그 근방인 위치에 배치되어 있다.

(52) CPC특허분류

*G03F 7/70183* (2023.05)

*G03F 7/70208* (2023.05)

(72) 발명자

**오카와 도모유키**

일본 도쿄도 시나가와구 니시오이 1쵸메 5방 20고

가부시키키가이샤 니콘 나이

**나카토미 사토시**

일본 도쿄도 시나가와구 니시오이 1쵸메 5방 20고

가부시키키가이샤 니콘 나이

## 명세서

### 청구범위

#### 청구항 1

제 1 파장 특성을 갖는 광을 출사하는 제 1 발광부를 갖는 제 1 광원 소자를 복수 배열한 제 1 광원 어레이와,  
 상기 제 1 광원 소자의 각각의 상기 제 1 발광부의 확대 이미지를 형성하는 제 1 확대 광학계와,  
 상기 제 1 확대 광학계로부터의 광이 입사하는 제 1 광학계와,  
 상기 제 1 파장 특성과는 상이한 제 2 파장 특성을 갖는 광을 출사하는 제 2 발광부를 갖는 제 2 광원 소자를 복수 배열한 제 2 광원 어레이와,  
 상기 제 2 광원 소자의 각각의 상기 제 2 발광부의 확대 이미지를 형성하는 제 2 확대 광학계와,  
 상기 제 2 확대 광학계로부터의 광이 입사하는 제 2 광학계와,  
 상기 제 1 광학계로부터의 광과, 상기 제 2 광학계로부터의 광을 합성하는 합성 광학 소자를 구비하고,  
 상기 합성 광학 소자는, 상기 제 1 광학계의 후측 초점 위치 또는 그 근방이고, 또한, 상기 제 2 광학계의 후측 초점 위치 또는 그 근방인 위치에 배치되어 있는, 조명 유닛.

#### 청구항 2

제 1 항에 있어서,  
 상기 제 1 확대 광학계는, 상기 제 1 발광부의 각각에 대응하도록 배치된 복수의 제 1 렌즈부를 갖는 제 1 렌즈 어레이이고,  
 상기 제 2 확대 광학계는, 상기 제 2 발광부의 각각에 대응하도록 배치된 복수의 제 2 렌즈부를 갖는 제 2 렌즈 어레이인, 조명 유닛.

#### 청구항 3

제 2 항에 있어서,  
 상기 제 1 렌즈 어레이의 상기 제 1 렌즈부는 각각, 상기 제 1 발광부를, (상기 제 1 광원 소자의 배열 피치)/(상기 제 1 발광부의 발광면의 한 변의 길이) 이상의 배율로 확대 투영하는 양측 텔레센트릭한 광학계이고,  
 상기 제 2 렌즈 어레이의 상기 제 2 렌즈부는 각각, 상기 제 2 발광부를, (상기 제 2 광원 소자의 배열 피치)/(상기 제 2 발광부의 발광면의 한 변의 길이) 이상의 배율로 확대 투영하는 양측 텔레센트릭한 광학계인, 조명 유닛.

#### 청구항 4

제 1 항 내지 제 3 항 중 어느 한 항에 있어서,  
 상기 합성 광학 소자로 합성된 광을 균일한 조도 분포의 광속으로 하여 출사하는 광 균일화 소자와,  
 상기 합성 광학 소자로 합성된 광을 상기 광 균일화 소자의 입사단에 등배 또는 축소 투영하는 양측 텔레센트릭한 결상 광학계를 구비하는, 조명 유닛.

#### 청구항 5

제 4 항에 있어서,  
 상기 광 균일화 소자는, 플라이 아이 렌즈인, 조명 유닛.

#### 청구항 6

제 1 항 내지 제 5 항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 제 1 발광부 및 상기 제 2 발광부는 각각, 자외선 발광 다이오드인, 조명 유닛.

**청구항 7**

제 1 항 내지 제 6 항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 제 1 발광부로부터 출사하는 광의 피크 파장은, 380 ~ 390 nm 의 범위 내에 있는 조명 유닛.

**청구항 8**

제 1 항 내지 제 7 항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 제 2 발광부로부터 출사하는 광의 피크 파장은, 360 ~ 370 nm 의 범위 내에 있는, 조명 유닛.

**청구항 9**

제 1 항 내지 제 8 항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 합성 광학 소자는, 상기 제 1 파장 특성을 갖는 광의 적어도 일부를 투과하고, 상기 제 2 파장 특성을 갖는 광의 적어도 일부를 반사하는 다이크로익 미러인, 조명 유닛.

**청구항 10**

제 1 항 내지 제 8 항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 합성 광학 소자는, 상기 제 1 파장 특성을 갖는 광의 적어도 일부를 반사하고, 상기 제 2 파장 특성을 갖는 광의 적어도 일부를 투과하는 다이크로익 미러인, 조명 유닛.

**청구항 11**

제 1 항 내지 제 10 항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 제 2 광학계로부터의 광의 상기 합성 광학 소자로의 입사 각도는, 25° 이상 45° 미만인, 조명 유닛.

**청구항 12**

제 1 항 내지 제 10 항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 제 2 광학계로부터의 광의 상기 합성 광학 소자로의 입사 각도는, 25° 이상 42° 이하인, 조명 유닛.

**청구항 13**

제 1 항 내지 제 10 항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 제 2 광학계로부터의 광의 상기 합성 광학 소자로의 입사 각도는, 35° 인, 조명 유닛.

**청구항 14**

제 1 항 내지 제 13 항 중 어느 한 항에 기재된 조명 유닛과,

상기 조명 유닛에 의해 조명되는 마스크의 패턴 이미지를 감광성 기판 상에 투영하는 투영 광학계를 구비하는, 노광 장치.

**청구항 15**

제 14 항에 있어서,

상기 감광성 기판은, 적어도 한 변의 길이 또는 대각 길이가 500 mm 이상인, 노광 장치.

**청구항 16**

제 14 항 또는 제 15 항에 기재된 노광 장치를 사용한 노광 방법으로서,

상기 조명 유닛을 사용하여 상기 마스크를 조명하는 것과,

상기 투영 광학계를 사용하여 상기 마스크의 패턴 이미지를 상기 감광성 기관에 투영하는 것을 포함하는, 노광 방법.

**발명의 설명**

**기술 분야**

[0001] 조명 유닛, 노광 장치, 및 노광 방법에 관한 것이다.

**배경 기술**

[0002] 최근, 퍼스널 컴퓨터나 텔레비전 등의 표시 소자로서, 액정 표시 패널이 다용되고 있다. 액정 표시 패널은, 플레이트 (유리 기관) 상에 포토리소그래피의 수법으로 박막 트랜지스터의 회로 패턴을 형성함으로써 제조된다.

이 포토리소그래피 공정을 위한 장치로서, 마스크 상에 형성된 원화 패턴을, 투영 광학계를 통하여 플레이트 상의 포토레지스트층에 투영 노광하는 노광 장치가 사용되고 있다 (예를 들어, 특허문헌 1).

[0003] 일반적으로, 상기 서술한 노광 장치를 포함하는 다양한 광학 장치에 적용할 수 있는 고휘도의 면광원의 실현이 요구되고 있다.

**선행기술문헌**

**특허문헌**

[0004] (특허문헌 0001) 일본 공개특허공보 2000-21712호

**발명의 내용**

[0005] 제 1 개시의 양태에 의하면, 조명 유닛은, 제 1 파장 특성을 갖는 광을 출사하는 제 1 발광부를 갖는 제 1 광원 소자를 복수 배열한 제 1 광원 어레이와, 상기 제 1 광원 소자의 각각의 상기 제 1 발광부의 확대 이미지를 형성하는 제 1 확대 광학계와, 상기 제 1 확대 광학계로부터의 광이 입사하는 제 1 광학계와, 상기 제 1 파장 특성과는 상이한 제 2 파장 특성을 갖는 광을 출사하는 제 2 발광부를 갖는 제 2 광원 소자를 복수 배열한 제 2 광원 어레이와, 상기 제 2 광원 소자의 각각의 상기 제 2 발광부의 확대 이미지를 형성하는 제 2 확대 광학계와, 상기 제 2 확대 광학계로부터의 광이 입사하는 제 2 광학계와, 상기 제 1 광학계로부터의 광과, 상기 제 2 광학계로부터의 광을 합성하는 합성 광학 소자를 구비하고, 상기 합성 광학 소자는, 상기 제 1 광학계의 후측 초점 위치 또는 그 근방이고, 또한, 상기 제 2 광학계의 후측 초점 위치 또는 그 근방인 위치에 배치되어 있다.

[0006] 제 2 개시의 양태에 의하면, 노광 장치는, 상기 조명 유닛과, 상기 조명 유닛에 의해 조명되는 마스크의 패턴 이미지를 감광성 기관 상에 투영하는 투영 광학계를 구비한다.

[0007] 제 3 개시의 양태에 의하면, 노광 방법은, 상기 노광 장치를 사용한 노광 방법으로서, 상기 조명 유닛을 사용하여 상기 마스크를 조명하는 것과, 상기 투영 광학계를 사용하여 상기 마스크의 패턴 이미지를 상기 감광성 기관에 투영하는 것을 포함한다.

[0008] 또한, 후술하는 실시형태의 구성을 적절히 개량해도 되고, 또, 적어도 일부를 다른 구성물로 대체시켜도 된다.

또한, 그 배치에 대해 특별히 한정 없이 구성 요건은, 실시형태에서 개시한 배치에 한정되지 않고, 그 기능을 달성할 수 있는 위치에 배치할 수 있다.

**도면의 간단한 설명**

[0009] 도 1 은, 제 1 실시형태에 관련된 노광 장치의 구성을 나타내는 개략도이다.

도 2 는, 제 1 실시형태에 관련된 조명 유닛의 구성을 나타내는 개략도이다.

도 3(A) 는, 제 1 및 제 2 광원 어레이의 구성을 개략적으로 나타내는 평면도이고, 도 3(B) 는, 제 1 및 제 2

광원 유닛의 내부 구성을 개략적으로 나타내는 도면이다.

도 4 는, 다이크로의 미러로의 입사 각도와 조도의 관계의 일례를 나타내는 그래프이다.

도 5 는, LED 칩의 발광부의 배광 특성의 일례를 나타내는 그래프이다.

도 6(A) 및 도 6(B) 는, 제 2 실시형태에 있어서 소정면에 형성되는 확대 이미지에 대해 설명하는 도면이다.

도 7(A) 및 도 7(B) 은, 시뮬레이션 결과를 나타내는 도면이다.

### 발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0010] 《제 1 실시형태》
- [0011] 제 1 실시형태에 관련된 노광 장치 (10) 에 대하여, 도 1 ~ 도 4 에 기초하여 설명한다.
- [0012] (노광 장치의 구성)
- [0013] 먼저, 도 1 을 사용하여 제 1 실시형태에 관련된 노광 장치 (10) 의 구성에 대해 설명한다. 도 1 은, 제 1 실시형태에 관련된 노광 장치 (10) 의 구성을 개략적으로 나타내는 도면이다.
- [0014] 노광 장치 (10) 는, 마스크 (MSK) 와 유리 기관 (이하, 「기관」 이라고 부른다) (P) 을 투영 광학계 (PL) 에 대해 동일 방향으로 동일 속도로 구동시킴으로써, 마스크 (MSK) 에 형성된 패턴을 기관 (P) 상에 전사하는 스캐닝 스테퍼 (스캐너) 이다. 기관 (P) 은, 예를 들어 액정 표시 장치 (플랫 패널 디스플레이) 에 사용되는 직사각형의 유리 기관이고, 적어도 한 변의 길이 또는 대각 길이가 500 mm 이상이다.
- [0015] 이하에 있어서는, 주사 노광시에 마스크 (MSK) 및 기관 (P) 이 구동되는 방향 (주사 방향) 을 X 축 방향으로 하고, 이것에 직교하는 수평면 내에서의 방향을 Y 축 방향, X 축 및 Y 축에 직교하는 방향을 Z 축 방향, X 축, Y 축, 및 Z 축 둘레의 회전 (경사) 방향을 각각  $\theta_x$ ,  $\theta_y$ , 및  $\theta_z$  방향으로 한다.
- [0016] 노광 장치 (10) 는, 조명계 (IOP), 마스크 (MSK) 를 유지하는 마스크 스테이지 (MST), 투영 광학계 (PL), 이들을 지지하는 보디 (70), 기관 (P) 을 유지하는 기관 스테이지 (PST), 및 이들의 제어계 등을 구비한다. 제어계는, 노광 장치 (10) 의 구성 각 부를 통괄 제어한다.
- [0017] 보디 (70) 는, 베이스 (방진대) (71), 칼럼 (72A, 72B), 광학 정반 (73), 지지체 (74), 및 슬라이드 가이드 (75) 를 구비한다. 베이스 (방진대) (71) 는, 바닥 (F) 상에 배치되고, 바닥 (F) 으로부터의 진동을 제진하여 칼럼 (72A, 72B) 등을 지지한다. 칼럼 (72A, 72B) 은 각각 프레임체 형상을 갖고, 칼럼 (72B) 의 내측에 칼럼 (72A) 이 배치되어 있다. 광학 정반 (73) 은, 평판 형상을 갖고, 칼럼 (72A) 의 천장부에 고정되어 있다. 지지체 (74) 는, 칼럼 (72B) 의 천장부에 슬라이드 가이드 (75) 를 통해 지지되어 있다. 슬라이드 가이드 (75) 는, 에어 볼 리프터와 위치 결정 기구를 구비하고, 지지체 (74) (즉 후술하는 마스크 스테이지 (MST)) 를 광학 정반 (73) 에 대해 X 축 방향의 적당한 위치에 위치 결정한다.
- [0018] 조명계 (IOP) 는, 보디 (70) 의 상방에 배치되어 있다. 조명계 (IOP) 는, 조명광 (IL) 을 마스크 (MSK) 에 조사한다. 조명계 (IOP) 의 상세한 구성에 대해서는, 후술한다.
- [0019] 마스크 스테이지 (MST) 는, 지지체 (74) 에 지지되어 있다. 마스크 스테이지 (MST) 에는, 회로 패턴이 형성된 패턴면 (도 1 에 있어서의 하면) 을 갖는 마스크 (MSK) 가, 예를 들어 진공 흡착 (혹은 정전 흡착) 에 의해 고정되어 있다. 마스크 스테이지 (MST) 는, 예를 들어 리니어 모터를 포함하는 구동계에 의해 주사 방향 (X 축 방향) 으로 소정의 스트로크로 구동됨과 함께, 비주사 방향 (Y 축 방향 및  $\theta_z$  방향) 으로 미소 구동된다.
- [0020] 마스크 스테이지 (MST) 의 XY 평면 내의 위치 정보 ( $\theta_z$  방향의 회전 정보를 포함한다) 는, 간섭계 시스템에 의해 측정된다. 간섭계 시스템은, 마스크 스테이지 (MST) 의 단부에 형성된 이동경 (또는 경면 가공된 반사면 (도시 생략)) 에 측정 빔을 조사하고, 이동경으로부터의 반사광을 수광함으로써, 마스크 스테이지 (MST) 의 위치를 측정한다. 그 측정 결과는 제어 장치 (도시 생략) 에 공급되고, 제어 장치는, 간섭계 시스템의 측정 결과에 따라, 구동계를 통하여 마스크 스테이지 (MST) 를 구동시킨다.
- [0021] 투영 광학계 (PL) 는, 마스크 스테이지 (MST) 의 하방 (-Z 축) 에 있어서, 광학 정반 (73) 에 지지되어 있다. 투영 광학계 (PL) 는, 예를 들어 미국 특허 제5,729,331호 명세서에 개시된 투영 광학계와 동일하게 구성되고, 마스크 (MSK) 의 패턴 이미지의 투영 영역이 예를 들어 지그재그상으로 배치된 복수 (예를 들어 7) 의 투영 광학 유닛 (100) (멀티 렌즈 투영 광학 유닛) 을 포함하고, Y 축 방향을 길이 방향으로 하는 직사각형 형상의

이미지 필드를 형성한다. 여기에서는, 4 개의 투영 광학 유닛 (100) 이 Y 축 방향으로 소정 간격으로 배치되고, 나머지 3 개의 투영 광학 유닛 (100) 이, 4 개의 투영 광학 유닛 (100) 으로부터 +X 축으로 이간되어, Y 축 방향으로 소정 간격으로 배치되어 있다. 복수의 투영 광학 유닛 (100) 의 각각으로서, 예를 들어 양측 텔레센트릭한 등배계로 정립정상 (正立正像) 을 형성하는 것이 사용된다. 또한, 지그재그상으로 배치된 투영 광학 유닛 (100) 의 복수의 투영 영역을 통합하여 노광 영역이라고 부른다.

[0022] 조명계 (IOP) 로부터의 조명광 (IL) 에 의해 마스크 (MSK) 상의 조명 영역이 조명되면, 마스크 (MSK) 를 투과한 조명광 (IL) 에 의해, 투영 광학계 (PL) 를 통하여, 그 조명 영역 내의 마스크 (MSK) 의 회로 패턴의 투영 이미지 (부분 정립 이미지) 가, 투영 광학계 (PL) 의 이미지면측에 배치되는 기관 (P) 상의 조사 영역 (노광 영역 (조명 영역에 공액)) 에 형성된다. 여기서, 기관 (P) 의 표면에는 레지스트 (감응제) 가 도포되어 있다.

마스크 스테이지 (MST) 와 기관 스테이지 (PST) 를 동기 구동시키는, 즉 마스크 (MSK) 를 조명 영역 (조명광 (IL)) 에 대해 주사 방향 (X 축 방향) 으로 구동시킴과 함께, 기관 (P) 을 노광 영역 (조명광 (IL)) 에 대해 동일한 주사 방향으로 구동시킴으로써, 기관 (P) 이 노광되어 기관 (P) 상에 마스크 (MSK) 의 패턴이 전사된다.

[0023] 기관 스테이지 (PST) 는, 투영 광학계 (PL) 의 하방 (-Z 축) 의 베이스 (방진대) (71) 상에 배치되어 있다. 기관 스테이지 (PST) 상에, 기관 (P) 이, 기관 홀더 (도시 생략) 를 통하여 유지되어 있다.

[0024] 기관 스테이지 (PST) 의 XY 평면 내의 위치 정보 (회전 정보 (요잉량 ( $\theta_z$  방향의 회전량  $\theta_z$ ), 피칭량 ( $\theta_x$  방향의 회전량  $\theta_x$ ), 롤링량 ( $\theta_y$  방향의 회전량  $\theta_y$ )) 을 포함한다) 는, 간접계 시스템에 의해 측정된다. 간접계 시스템은, 광학 정반 (73) 으로부터 기관 스테이지 (PST) 의 단부에 형성된 이동경 (또는 경면 가공된 반사면 (도시 생략)) 에 측정 빔을 조사하고, 이동경으로부터의 반사광을 수광함으로써, 기관 스테이지 (PST) 의 위치를 측정한다. 그 측정 결과는 제어 장치 (도시 생략) 에 공급되고, 제어 장치는, 간접계 시스템의 측정 결과에 따라 기관 스테이지 (PST) 를 구동시킨다.

[0025] 노광 장치 (10) 에서는, 노광에 앞서 얼라인먼트 측정 (예를 들어, EGA 등) 을 실시하고, 그 결과를 사용하여, 이하의 순서로, 기관 (P) 을 노광한다. 먼저, 제어 장치의 지시에 따라, 마스크 스테이지 (MST) 및 기관 스테이지 (PST) 를 X 축 방향으로 동기 구동시킨다. 이로써, 기관 (P) 상의 1 번째의 샷 영역으로의 주사 노광을 실시한다. 1 번째의 샷 영역에 대한 주사 노광이 종료되면, 제어 장치는, 기관 스테이지 (PST) 를 2 번째의 샷 영역에 대응하는 위치로 이동 (스텝핑) 한다. 그리고, 2 번째의 샷 영역에 대한 주사 노광을 실시한다. 제어 장치는, 동일하게, 기관 (P) 의 샷 영역간의 스텝핑과 샷 영역에 대한 주사 노광을 반복하여, 기관 (P) 상의 모든 샷 영역에 마스크 (MSK) 의 패턴을 전사한다.

[0026] (조명계 (IOP) 의 구성)

[0027] 다음으로, 본 실시형태에 있어서의 조명계 (IOP) 의 구성에 대해 설명한다. 조명계 (IOP) 는, 투영 광학계 (PL) 가 구비하는 복수의 투영 광학 유닛 (100) 각각에 대응하는 복수의 조명 유닛 (90) 을 구비한다.

[0028] 도 2 는, 조명 유닛 (90) 의 구성을 개략적으로 나타내는 도면이다. 도 2 에 나타내는 바와 같이, 조명 유닛 (90) 은, 제 1 광원 유닛 (OPU1) 과, 제 2 광원 유닛 (OPU2) 과, 조명 광학계 (80) 를 구비한다.

[0029] (광원 유닛의 구성)

[0030] 제 1 광원 유닛 (OPU1) 은, 제 1 광원 어레이 (20A) 와, 제 1 확대 광학계 (30A) 를 구비하고, 제 2 광원 유닛 (OPU2) 은, 제 2 광원 어레이 (20B) 와, 제 2 확대 광학계 (30B) 를 구비한다.

[0031] 도 3(A) 는, 제 1 광원 어레이 (20A) 및 제 2 광원 어레이 (20B) 의 구성을 개략적으로 나타내는 평면도이다. 제 1 광원 어레이 (20A) 는, 예를 들어 기관 (21A) 상에 배열된 복수 (도 3(A) 에서는,  $5 \times 5$ ) 의 LED (Light Emitting Diode) 칩 (23A) 을 구비한다. LED 칩 (23A) 의 개수는 필요에 따라 적절히 변경해도 된다. 복수의 LED 칩 (23A) 은 각각, 발광부 (231A) 를 갖고, 당해 발광부 (231A) 로부터 출사하는 광의 피크 파장은 380 ~ 390 nm 의 범위 내에 있다. 즉, 발광부 (231A) 는, 자외선 LED (UV LED) 이다. 발광부 (231A) 로부터 출사하는 광의 피크 파장은 385 nm 인 것이 보다 바람직하다. 발광부 (231A) 의 발광면은 정방형이고, 그 한 변의 길이는 a1 이다. LED 칩 (23A) 은, 피치 (P1) 로 배열되어 있다. 피치 (P1) 는, 이웃하는 LED 칩 (23A) 의 중심간의 거리이다.

[0032] 제 2 광원 어레이 (20B) 는, 예를 들어 기관 (21B) 상에 배열된 복수 (도 3(A) 에서는,  $5 \times 5$ ) 의 LED 칩 (23B) 을 구비한다. LED 칩 (23B) 의 개수는 필요에 따라 적절히 변경해도 된다. 복수의 LED 칩 (23B) 은 각각, 발광부 (231B) 를 갖고, 당해 발광부 (231B) 로부터 출사하는 광의 피크 파장은 360 ~ 370 nm 의 범

위 내에 있다. 즉, 발광부 (231B) 는, UV LED 이다. 발광부 (231B) 로부터 출사하는 광의 피크 파장은 365 nm 인 것이 보다 바람직하다. 발광부 (231B) 의 발광면은 정방향이고, 그 한 변의 길이는  $a_2$  이다. LED 칩 (23B) 은, 피치 (P2) 로 배열되어 있다.

- [0033] LED 칩 (23A) 의 배열 피치 (P1) 와, LED 칩 (23B) 의 배열 피치 (P2) 는, 동일해도 되고, 상이해도 된다. 또한, 발광부 (231A) 의 발광면의 한 변의 길이 ( $a_1$ ) 와, 발광부 (231B) 의 발광면의 한 변의 길이 ( $a_2$ ) 는, 동일해도 되고, 상이해도 된다. 또한, LED 칩 (23A 및 23B) 은, 기판 상이 아니라, 예를 들어 히트 싱크 상에 배열되어 있어도 된다.
- [0034] 도 3(B) 는, 제 1 광원 유닛 (OPU1) 및 제 2 광원 유닛 (OPU2) 의 내부 구성을 개략적으로 나타내는 도면이다. 또한, 제 1 광원 유닛 (OPU1) 및 제 2 광원 유닛 (OPU2) 의 내부 구성은 동일하기 때문에, 여기에서는, 제 1 광원 유닛 (OPU1) 의 구성을 대표하여 설명한다. 여기서 LED 칩 (23A) 이 배열된 2 방향을, X1 방향 및 Y1 방향으로 한다. X1 방향과 Y1 방향은 직교하고 있다. 또한, X1 방향 및 Y1 방향에 직교하는 방향을 Z1 방향으로 한다. Z1 방향은, 발광부 (231A) 가 출사하는 광의 광축 (OA) 과 대략 평행하다. 도 3(B) 에서는, 도면의 명료화를 위해서, Y1 방향을 따라 일렬로 나열된 4 개의 LED 칩 (23A) 만을 나타내고 있다.
- [0035] 도 3(B) 에 나타내는 바와 같이, 제 1 확대 광학계 (30A) 는, 각 LED 칩 (23A) 의 발광부 (231A) 의 확대 이미지를 소정면 (PP) 에 각각 형성하기 위한 확대 광학계이다. 제 1 확대 광학계 (30A) 는, LED 칩 (23A) 의 배열과 대응하도록 배열된 복수의 렌즈부 (31A) 를 구비한다. 렌즈부 (31A) 는 각각, 발광부 (231A) 를, 배율 M1 로 확대 투영하는 양측 텔레센트릭한 광학계이다.
- [0036] 본 실시형태에 있어서 각 렌즈부 (31A) 는, 4 장의 평볼록 렌즈를 구비하고 있지만, 이에 한정되는 것은 아니고, 각 렌즈부 (31A) 는, 예를 들어 2 장의 양볼록 렌즈를 구비하고 있어도 되고, 3 장의 양볼록 렌즈를 구비하고 있어도 된다. 또한, 각 렌즈부 (31A) 는, 예를 들어, 평볼록 렌즈와 양볼록 렌즈를 구비하고 있어도 된다.
- [0037] 본 실시형태에서는, 렌즈부 (31A) 는, 배율  $M1 = (LED \text{ 칩 } (23A) \text{ 의 배열 피치 } (P1)) / (\text{발광부 } (231A) \text{ 의 발광면의 한 변의 길이 } (a1))$  로 발광부 (231A) 를 확대 투영한다. 한편, 제 2 확대 광학계 (30B) 가 구비하는 렌즈부 (31B) 는, 배율  $M2 = (LED \text{ 칩 } (23B) \text{ 의 배열 피치 } (P2)) / (\text{발광부 } (231B) \text{ 의 발광면의 한 변의 길이 } (a2))$  로 발광부 (231B) 를 확대 투영한다. 이로써, 복수의 발광부 (231A, 231B) 의 확대 이미지는, 소정면 (PP) 에 있어서 서로 거의 겹친다.
- [0038] (조명 광학계 (80) 의 구성)
- [0039] 다시 도 2 를 참조하여, 조명 광학계 (80) 의 구성에 대해 설명한다. 조명 광학계 (80) 는, 제 1 다이크로익 미러 (DM1) 를 포함하여 구성되는 제 1 집광 광학계 (제 1 광학계) (81A) 와, 제 2 집광 광학계 (81B) (제 2 광학계) 와, 제 2 다이크로익 미러 (DM2) 와, 결상 광학계 (83) 와, 플라이 아이 렌즈 (FEL) 와, 개구 조리개 (85) 와, 콘덴서 광학계 (84) 를 구비한다.
- [0040] 제 1 집광 광학계 (81A) 는, 제 1 확대 광학계 (30A) 에 의해 형성되는 발광부 (231A) 의 확대 이미지의 동공을 형성한다. 즉, 제 1 집광 광학계 (81A) 의 후측 초점 위치가 동공의 위치가 된다. 제 1 집광 광학계 (81A) 는, 광로의 도중에 제 1 다이크로익 미러 (DM1) 를 갖고, 피크 파장 385 nm 의 광의 적어도 일부를 반사한다. 이로써, 제 2 다이크로익 미러 (DM2) 에 광속이 입사한다. 또한, 제 1 집광 광학계 (81A) 는, 제 1 다이크로익 미러 (DM1) 를 구비하지 않는 구성으로 해도 되고, 그 경우는, 제 1 광원 유닛 (OPU1) 의 배치와 제 1 집광 광학계 (81A) 의 각 렌즈의 배치를 적절히 조정하여 제 2 다이크로익 미러 (DM2) 에 광속이 입사하도록 구성하면 된다. 또한, 제 1 집광 광학계 (81A) 는, 1 장의 렌즈로 구성되어 있어도 되고, 복수 장의 렌즈를 포함하는 렌즈군으로 구성되어 있어도 된다.
- [0041] 제 2 집광 광학계 (81B) 는, 제 2 확대 광학계 (30B) 에 의해 형성되는 발광부 (231B) 의 확대 이미지의 동공을 형성한다. 즉, 제 2 집광 광학계 (81B) 의 후측 초점 위치가 동공의 위치가 된다. 제 2 집광 광학계 (81B) 는, 1 장의 렌즈로 구성되어 있어도 되고, 복수 장의 렌즈를 포함하는 렌즈군으로 구성되어 있어도 된다.
- [0042] 제 2 다이크로익 미러 (DM2) 는, 피크 파장 385 nm 의 광의 적어도 일부를 투과하고, 피크 파장 365 nm 의 광의 적어도 일부를 반사한다. 이로써, 제 1 집광 광학계 (81A) 에 의해 형성된 동공 이미지와, 제 2 집광 광학계 (81B) 에 의해 형성된 동공 이미지를 중첩시킨 합성 이미지가 형성된다.
- [0043] 본 실시형태에 있어서, 제 2 다이크로익 미러 (DM2) 는, 제 1 집광 광학계 (81A) 에 의해 형성된 동공

이미지와, 제 2 집광 광학계 (81B) 에 의해 형성된 동공 이미지를 중첩하여 합성 이미지를 형성한다. 즉, 제 2 다이크로익 미러 (DM2) 는, 제 1 집광 광학계 (81A) 의 후측 초점 위치로서, 제 2 집광 광학계 (81B) 의 후측 초점 위치인 위치에 배치된다. 이로써, 제 2 다이크로익 미러 (DM2) 는, 제 1 광원 유닛 (OPU1) 으로부터 출사한 광과, 제 2 광원 유닛 (OPU2) 으로부터 출사한 광에 켈러 조명된다. 켈러 조명함으로써, 제 1 집광 광학계 (81A) 에 의해 형성된 동공 이미지의 광속의 조도 변화 및 제 2 집광 광학계 (81B) 에 의해 형성된 동공 이미지의 광속의 조도 변화를 작게 할 수 있다. 또한, 제 2 다이크로익 미러 (DM2) 는, 반드시 제 1 집광 광학계 (81A) 의 후측 초점 위치로서, 제 2 집광 광학계 (81B) 의 후측 초점 위치인 위치에 배치되지 않아도 되고, 각각의 후측 초점 위치의 근방에 위치하도록 배치되어도 된다. 여기서, 근방이란, 후측 초점 위치로부터 광축을 따라  $\pm 100$  mm 이내를 말하며,  $\pm 50$  mm 이내인 것이 바람직하고,  $\pm 20$  mm 인 것이 보다 바람직하다. 또한, 여기서의 부호는, 광원으로부터의 광이 광축을 따라 진행하는 방향을 플러스로 하고, 그 반대 방향을 마이너스로 하고 있다.

[0044] 도 4 는, 다이크로익 미러로의 입사 각도와 조도의 관계의 일례를 나타내는 그래프이다. 도 4 에 있어서, 횡축은 다이크로익 미러로의 입사 각도를 나타내고, 종축은 반사광의 조도를 나타내고 있다. 종축의 조도는, 광이 다이크로익 미러에 설계 입사 각도 ( $\alpha$ ) 로 입사했을 때의 반사광의 조도를 1 로 하고 있다.

[0045] 도 4 에 나타내는 바와 같이, 다이크로익 미러를 크리티컬 조명한 경우 (즉, 광원의 이미지를 다이크로익 미러의 위치에 결상시킨 경우), 광속의 다이크로익 미러로의 입사 각도는 설계 입사 각도  $\alpha \pm 8^\circ$  정도의 범위가 되고, 3 % 이상의 조도 변화가 발생해 버린다. 한편, 다이크로익 미러를 켈러 조명한 경우, 광속의 다이크로익 미러로의 입사 각도는 설계 입사 각도  $\alpha \pm 4^\circ$  정도의 범위가 되고, 조도 변화를 1 % 이하로 할 수 있다. 이와 같이, 제 2 다이크로익 미러 (DM2) 를 켈러 조명함으로써, 제 2 다이크로익 미러 (DM2) 에 입사한 광의 조도와, 제 2 다이크로익 미러 (DM2) 에 반사된 광의 조도의 차를 작게 할 수 있기 때문에, 높은 휘도를 갖고 또한 조도 불균일이 적은 조명광 (IL) 을 실현할 수 있다.

[0046] 본 실시형태에서는, 제 2 집광 광학계 (81B) 로부터의 광의 제 2 다이크로익 미러 (DM2) 로의 입사 각도 ( $\theta$ ) 를  $35^\circ$  로 하고 있다. 입사 각도 ( $\theta$ ) 가  $35^\circ$  란, 입사 각도 ( $\theta$ ) 가  $35^\circ \pm 5^\circ$  의 범위 내에 있는 것을 의미한다. 또한, 입사 각도 ( $\theta$ ) 는,  $25^\circ$  이상  $45^\circ$  미만이 바람직하고,  $25^\circ$  이상  $42^\circ$  이하가 보다 바람직하고,  $35^\circ \pm 5^\circ$  가 더욱 바람직하다. 이로써, 제 2 다이크로익 미러 (DM2) 가, 제 2 집광 광학계 (81B) 에 의해 형성된 동공 이미지의 광속을 높은 효율로 반사할 수 있다.

[0047] 도 2 로 되돌아가서, 조명 유닛 (90) 에는, 피크 파장 385 nm 의 광을 모니터링하기 위한 검출기 (DT10) 와, 피크 파장 365 nm 의 광을 모니터링하기 위한 검출기 (DT20) 와, 피크 파장 385 nm 의 광과 피크 파장 365 nm 의 광을 모니터링하기 위한 검출기 (DT30) 가 형성되어 있다.

[0048] 구체적으로는, 검출기 (DT10) 는, 제 1 다이크로익 미러 (DM1) 에 반사된 피크 파장 385 nm 의 광의 조도를 검출한다. 검출기 (DT20) 는, 제 2 다이크로익 미러 (DM2) 에 반사된 피크 파장 365 nm 의 광의 조도를 검출한다. 검출기 (DT30) 는, 제 2 다이크로익 미러 (DM2) 에 의해 의도치 않게 반사된 385 nm 의 광의 조도와, 제 2 다이크로익 미러 (DM2) 가 의도치 않게 투과한 365 nm 의 광의 조도를 검출한다.

[0049] 검출기 (DT10 ~ DT30) 의 검출 결과는 도시 생략된 제어 장치에 출력되고, 제어 장치는 검출기 (DT10 ~ DT30) 의 검출 결과에 기초하여, 제 1 광원 유닛 (OPU1) 및 제 2 광원 유닛 (OPU2) 이 각각 구비하는 LED 칩 (23A 및 23B) 에 공급하는 전류의 값 등을 제어한다.

[0050] 결상 광학계 (83) 는, 제 2 다이크로익 미러 (DM2) 가 합성한 합성 이미지를 플라이 아이 렌즈 (FEL) 의 입사단에 등배 투영하는 양측 텔레센트릭한 광학계이다. 또한, 결상 광학계 (83) 는, 제 2 다이크로익 미러 (DM2) 가 합성한 합성 이미지를 플라이 아이 렌즈 (FEL) 의 입사단에 축소 투영해도 된다.

[0051] 플라이 아이 렌즈 (FEL) 는, 예를 들어 정의 굴절력을 갖는 다수의 렌즈 엘리먼트를 그 광축이 기준 광축 (AX) 과 평행해지도록 중첩으로 또한 조밀하게 배열함으로써 구성되어 있다. 플라이 아이 렌즈 (FEL) 를 구성하는 각 렌즈 엘리먼트는, 마스크 (MSK) 상에 있어서 형성해야 할 조야의 형상 (나아가서는 기판 (P) 상에 있어서 형성해야 할 노광 영역의 형상) 과 유사한 직사각형상의 단면을 갖는다.

[0052] 따라서, 플라이 아이 렌즈 (FEL) 에 입사한 광속은 다수의 렌즈 엘리먼트에 의해 파면 분할되고, 각 렌즈 엘리먼트의 후측 초점면 (출사면) 또는 그 근방에는 1 개의 광원 이미지가 각각 형성된다. 즉, 플라이 아이 렌즈 (FEL) 의 후측 초점면 (출사면) 또는 그 근방에는, 다수의 광원 이미지로 이루어지는 실질적인 면광원 즉 2 차 광원이 형성된다. 플라이 아이 렌즈 (FEL) 의 후측 초점면 (출사면) 또는 그 근방에 형성된 2 차 광원으로

로부터의 광속은, 그 근방에 배치된 개구 조리개 (85) 에 입사한다. 또한, 본 실시형태에 있어서 플라이 아이 렌즈 (FEL) 의 후측 초점면 (출사면) 과, 제 1 광원 어레이 (20A) 및 제 2 광원 어레이 (20B) 는, 광학적으로 공액이다.

[0053] 개구 조리개 (85) 는, 투영 광학 유닛 (100) 의 입사 동공면과 광학적으로 거의 공액인 위치에 배치되어, 2 차 광원의 조명에 기여하는 범위를 규정하기 위한 가변 개구부를 갖는다. 그리고, 개구 조리개 (85) 는, 가변 개구부의 개구 직경을 변화시킴으로써, 조명 조건을 결정하는  $\sigma$  값 (투영 광학 유닛 (100) 의 동공면의 개구 직경에 대한 그 동공면 상에서의 2 차 광원 이미지의 구경의 비) 을 원하는 값으로 설정한다. 개구 조리개 (85) 를 통한 2 차 광원으로부터의 광은, 콘덴서 광학계 (84) 의 집광 작용을 받은 후, 소정의 패턴이 형성된 마스크 (MSK) 를 중첩적으로 조명한다.

[0054] 이상, 상세하게 설명한 바와 같이, 제 1 실시형태에 관련된 조명 유닛 (90) 은, 피크 파장 385 nm 의 광을 출사하는 발광부 (231A) 를 갖는 LED 칩 (23A) 을 복수 배열한 제 1 광원 어레이 (20A) 와, LED 칩 (23A) 의 각각의 발광부 (231A) 의 확대 이미지를 형성하는 제 1 확대 광학계 (30A) 와, 제 1 확대 광학계 (30A) 에 의해 형성되는 확대 이미지의 동공을 형성하는 제 1 집광 광학계 (81A) 를 구비한다. 또한, 조명 유닛 (90) 은, 피크 파장 365 nm 의 광을 출사하는 발광부 (231B) 를 갖는 LED 칩 (23B) 을 복수 배열한 제 2 광원 어레이 (20B) 와, LED 칩 (23B) 의 각각의 발광부 (231B) 의 확대 이미지를 형성하는 제 2 확대 광학계 (30B) 와, 제 2 확대 광학계 (30B) 에 의해 형성되는 확대 이미지의 동공을 형성하는 제 2 집광 광학계 (81B) 를 구비한다. 또한, 조명 유닛 (90) 은, 제 1 집광 광학계 (81A) 에 의해 형성된 동공 이미지와, 제 2 집광 광학계 (81B) 에 의해 형성된 동공 이미지를 중첩하여 합성 이미지를 형성하는 제 2 다이크로익 미러 (DM2) 를 구비한다.

[0055] 제 1 집광 광학계 (81A) 에 의해 형성된 동공 이미지의 광속과, 제 2 집광 광학계 (81B) 에 의해 형성된 동공 이미지의 광속이, 제 2 다이크로익 미러 (DM2) 를 켈러 조명하므로, 도 4 에 있어서 설명한 바와 같이, 제 2 다이크로익 미러 (DM2) 를 크리티컬 조명하는 경우와 비교하여, 높은 휘도를 가지며 또한 조도 불균일이 적은 조명광 (IL) 을 실현할 수 있다.

[0056] 또한, 본 제 1 실시형태에 있어서, 제 1 확대 광학계 (30A) 는, 발광부 (231A) 의 각각에 대응하도록 배치된 복수의 렌즈부 (31A) 를 갖는 렌즈 어레이이고, 제 2 확대 광학계 (30B) 는, 발광부 (231B) 의 각각에 대응하도록 배치된 복수의 렌즈부 (31B) 를 갖는 렌즈 어레이이다. 그리고, 제 1 확대 광학계 (30A) 의 렌즈부 (31A) 는 각각, 발광부 (231A) 를, (LED 칩 (23A) 의 배열 피치 (P1))/(발광부 (231A) 의 발광면의 한 변의 길이 (a1)) 의 배율로 확대 투영하는 양측 텔레센트릭한 광학계이다. 또한, 제 2 확대 광학계 (30B) 의 렌즈부 (31B) 는 각각, 발광부 (231B) 를, (LED 칩 (23B) 의 배열 피치 (P2))/(발광부 (231B) 의 발광면의 한 변의 길이 (a2)) 의 배율로 확대 투영하는 양측 텔레센트릭한 광학계이다. 이로써, 복수의 발광부 (231A, 231B) 의 확대 이미지가 소정면 (PP) 에 있어서 서로 거의 접하는 면광원을 형성할 수 있다.

[0057] 또, 본 제 1 실시형태에 있어서, 조명 유닛 (90) 은, 제 2 다이크로익 미러 (DM2) 가 합성한 합성 이미지의 광속을 균일한 조도 분포의 광속으로 하여 출사하는 플라이 아이 렌즈 (FEL) 와, 제 2 다이크로익 미러 (DM2) 가 합성한 합성 이미지를 플라이 아이 렌즈 (FEL) 의 입사단에 등배 투영하는 양측 텔레센트릭한 결상 광학계 (83) 를 구비한다. 이로써, 마스크 (MSK) 를 균일하게 조명할 수 있다.

[0058] 또한, 본 제 1 실시형태에 있어서, 제 2 집광 광학계 (81B) 에 의해 형성된 동공 이미지의 광속의 제 2 다이크로익 미러 (DM2) 로의 입사 각도는, 35° 이다. 이로써, 제 2 집광 광학계 (81B) 에 의해 형성된 동공 이미지의 광속을 높은 효율로 반사할 수 있다.

[0059] 또한, 상기 제 1 실시형태에 있어서, 제 1 광원 유닛 (OPU1) 으로부터 출사된 피크 파장 385 nm 의 광을 제 1 다이크로익 미러 (DM1) 에 반사시켜 제 2 다이크로익 미러 (DM2) 에 입사시키고 있었지만, 제 1 다이크로익 미러 (DM1) 를 생략하고, 제 1 광원 유닛 (OPU1) 으로부터 출사된 피크 파장 385 nm 의 광을 제 2 다이크로익 미러 (DM2) 에 직접 입사시켜도 된다.

[0060] 또, 상기 제 1 실시형태에서는, LED 칩 (23A) 의 발광부 (231A) 가 피크 파장 385 nm 의 광을 출사하고, LED 칩 (23B) 의 발광부 (231B) 가 피크 파장 365 nm 의 광을 출사하고 있었지만, LED 칩 (23A) 의 발광부 (231A) 가 피크 파장 365 nm 의 광을 출사하고, LED 칩 (23B) 의 발광부 (231B) 가 피크 파장 385 nm 의 광을 출사해도 된다. 이 경우, 제 1 다이크로익 미러 (DM1) 가, 피크 파장 365 nm 의 광의 적어도 일부를 반사하고, 제 2 다이크로익 미러 (DM2) 가, 피크 파장 365 nm 의 광의 적어도 일부를 투과하고, 피크 파장 385 nm 의 광의 적어도 일부를 반사하도록 구성하면 된다.

- [0061] 또한, 제 1 광원 유닛 (OPU1) 및 제 2 광원 유닛 (OPU2) 이 출사하는 광의 파장은 상기 서술한 것에 한정되지 않고, 360 ~ 440 nm 의 범위 내에 피크 파장을 갖는 광을 출사하는 LED 칩을 적절히 조합하여 제 1 광원 유닛 (OPU1) 과 제 2 광원 유닛 (OPU2) 을 구성해도 된다. 예를 들어, 제 1 광원 유닛 (OPU1) 이 피크 파장 405 nm 의 광을 출사하고, 또한, 제 2 광원 유닛 (OPU2) 이 피크 파장 385 nm 의 광을 출사하도록 구성해도 된다. 또, 제 1 광원 유닛 (OPU1) 이 피크 파장 395 nm 의 광을 출사하고, 또한, 제 2 광원 유닛 (OPU2) 이 피크 파장 385 nm 의 광을 출사하도록 구성해도 된다. 제 1 광원 유닛 (OPU1) 으로부터 출사하는 광의 파장과 제 2 광원 유닛 (OPU2) 이 출사하는 광의 파장의 조합은, 이들 예시에는 한정되지 않는다. 또한, 제 1 광원 유닛 (OPU1) 이 출사하는 광의 파장과 제 2 광원 유닛 (OPU2) 이 출사하는 광의 파장의 조합을, 본 제 1 실시형태 이외의 조합으로 하는 경우에는, 사용하는 파장에 따라 적절히 다이크로익 미러의 재료를 변경하는 것이 바람직하다.
- [0062] 《제 2 실시형태》
- [0063] 다음으로, 제 2 실시형태에 대해 설명한다. 제 2 실시형태는, 제 1 확대 광학계 (30A) 및 제 2 확대 광학계 (30B) 에 의한 발광부 (231A 및 231B) 의 확대 배율 M1 및 M2 가 제 1 실시형태와 다르다.
- [0064] (LED 칩에 대해)
- [0065] 도 5 는, LED 칩 (23A) 의 발광부 (231A) 의 배광 특성의 일례를 나타내는 그래프이다. 도 5 에 있어서, 실선은, 발광부 (231A) 의 이론상의 배광 특성 (램버트 (Lambert) 방사) 을 나타내고, 점선은, 발광부 (231A) 로부터 출사되는 광의 방사 강도를 실제로 측정하여, 측정 결과를 6 차 다항식으로 근사시킨 곡선이다.
- [0066] 도 5 의 예에서는, 발광부 (231A) 로부터 출사하는 광 중, 출사 각도가 -50° 보다 크고 50° 미만의 범위의 광의 방사 강도가 램버트 방사의 방사 강도보다 높고, 출사 각도가 -50° 이하의 범위 및 50° 이상의 범위의 광의 방사 강도가 램버트 방사의 방사 강도보다 낮게 되어 있다. 이와 같이, 발광부 (231A) 로부터 출사하는 광에는, 그 방사 강도가 램버트 방사의 방사 강도보다 높아지는 출사 각도의 범위가 존재한다. 따라서, 발광부 (231A) 로부터 출사되는 광 중 출사 각도가 당해 범위 내 (도 5 의 예에서는, ±50° 의 범위) 의 광을 사용함으로써, 제 1 광원 유닛 (OPU1) 으로부터 출사되는 광의 휘도를 향상시킬 수 있다고 생각된다.
- [0067] 그래서, 제 2 실시형태에서는, 제 1 확대 광학계 (30A) 가 발광부 (231A) 를 확대 투영할 때의 배율 M1 을 이하의 식 (1) 을 만족하도록 설정한다.
- [0068] 
$$P1/a1 < M1 \leq \sin \alpha_1 / \sin \theta_1 \cdots (1)$$
- [0069] 여기서, P1 은, LED 칩 (23A) 의 배열 피치, a1 은, 발광부 (231A) 의 발광면의 한 변의 길이,  $\alpha_1$  은 발광부 (231A) 로부터 출사되는 광 중 램버트 방사보다 방사 강도가 높아지는 광의 최대 출사 각도,  $\theta_1$  은, 제 1 확대 광학계 (30A) 로부터 출사하는 광의 최대 출사 각도이다. 또한,  $\sin \theta_1$  은, 투영 광학 유닛 (100) 의 개구수에 대한 조명 광학계 (80) 의 개구수의 비 ( $\sigma$ ) 를 1 로 하는 값이다. 또한, 도 3 에 있어서의 X1 방향에서의 LED 칩 (23A) 의 배열 피치 (P1) 및 발광부 (231A) 의 발광면의 한 변의 길이 (a1) 와, Y1 방향에서의 LED 칩 (23A) 의 배열 피치 (P1) 및 발광부 (231A) 의 발광면의 한 변의 길이 (a1) 가 상이한 경우에는, X1 방향과 Y1 방향의 각각에 있어서 식 (1) 을 만족하도록 설정하면 된다.
- [0070] 또한, 제 2 확대 광학계 (30B) 가 발광부 (231B) 를 확대 투영할 때의 배율 M2 를 이하의 식 (2) 를 만족하도록 설정한다.
- [0071] 
$$P2/a2 < M2 \leq \sin \alpha_2 / \sin \theta_2 \cdots (2)$$
- [0072] 여기서, P2 는, LED 칩 (23B) 의 배열 피치, a2 는, 발광부 (231B) 의 발광면의 한 변의 길이,  $\alpha_2$  는 발광부 (231B) 로부터 출사되는 광 중 램버트 방사보다 방사 강도가 높아지는 광의 최대 출사 각도,  $\theta_2$  는, 제 2 확대 광학계 (30B) 로부터 출사하는 광의 최대 출사 각도이다. 또한,  $\sin \theta_2$  는, 투영 광학 유닛 (100) 의 개구수에 대한 조명 광학계 (80) 의 개구수의 비 ( $\sigma$ ) 를 1 로 하는 값이다. 또한, 도 3 에 있어서의 X1 방향에서의 LED 칩 (23B) 의 배열 피치 (P2) 및 발광부 (231B) 의 발광면의 한 변의 길이 (a2) 와, Y1 방향에서의 LED 칩 (23B) 의 배열 피치 (P2) 및 발광부 (231B) 의 발광면의 한 변의 길이 (a2) 가 상이한 경우에는, X1 방향과 Y1 방향의 각각에 있어서 식 (2) 를 만족하도록 설정하면 된다.

- [0073] 이와 같은 식 (1) 을 만족하는 배율 M1 및 식 (2) 를 만족하는 배율 M2 로 발광부 (231A 및 231B) 를 각각 확대함으로써, 소정면 (PP) 에서는, 발광부 (231A 및 231B) 의 발광면 중 둘레 가장자리부를 제외한 영역의 확대 이미지가 서로 겹치게 된다. 이 점에 대해 설명한다.
- [0074] 도 6(A) 및 도 6(B) 는, 제 2 실시형태에 있어서 소정면 (PP) 에 형성되는 확대 이미지에 대해 설명하는 도면이다. 보다 구체적으로는, 도 6(A) 는, 배열된 LED 칩 (23A) 을 나타내는 평면도이고, 도 6(B) 는, 소정면 (PP) 에 형성되는 확대 이미지를 나타내는 평면도이다. 도면의 간략화를 위하여, 2 × 2 열의 LED 칩 (23A) 을 사용하여 설명한다.
- [0075] 도 6(A) 에 나타내는 바와 같이, LED 칩 (23A) 의 발광부 (231A) 의 발광면 중, 둘레 가장자리부를 둘레 가장자리 영역 (231b) 으로 정의하고, 둘레 가장자리 영역 (231b) 을 제외한 영역을 중앙 영역 (231a) 으로 정의한다. 이 경우, 식 (1) 을 만족하는 배율 M1 로 발광부 (231A) 의 확대 이미지를 형성하면, 도 6(B) 에 나타내는 바와 같이, 소정면 (PP) 에 있어서, 중앙 영역 (231a) 의 확대 이미지 (MI1) 가 서로 겹치고, 중앙 영역 (231a) 과 둘레 가장자리 영역 (231b) 을 포함하는 발광부 (231A) 의 확대 이미지 (MI2) 는 일부가 중첩되도록, 확대 이미지가 형성된다.
- [0076] 식 (1) 및 (2) 를 각각 만족하는 배율 M1 및 M2 로 발광부 (231A 및 231B) 를 각각 확대함으로써, 방사 강도가 램버트 방사보다 높아지는 광에 의해, 소정면 (PP) 에 면광원을 형성할 수 있기 때문에, 제 1 광원 유닛 (OPU1) 및 제 2 광원 유닛 (OPU2) 으로부터 출사되는 광의 강도를 높이는 것이 가능해진다. 바꾸어 말하면, 발광부 (231A 및 231B) 의 발광면 중, 방사 강도가 램버트 방사보다 높은 광을 출사하는 영역 (중앙 영역 (231a)) 으로부터 출사된 광에 의해 면광원이 형성됨으로써, 제 1 광원 유닛 (OPU1) 및 제 2 광원 유닛 (OPU2) 으로부터 출사되는 광의 강도를 높일 수 있다.
- [0077] [시뮬레이션 1]
- [0078] 제 1 확대 광학계 (30A) 에 의한 발광부 (231A) 의 확대 배율 M1 을 바꾸고, 제 1 확대 광학계 (30A) 에 의해 형성된 확대 이미지의 소정면에서의 조도를 시뮬레이션하였다. 시뮬레이션 조건은 이하와 같다.
- [0079] LED 칩 (23A) : 니치아 화학 공업 주식회사 제조 NVSU233B
- [0080] 발광부 (231A) 의 발광면의 한 변의 길이 : 1.4 mm
- [0081] 배열 피치 (P1) : 4 mm
- [0082]  $\alpha_1$  : 50°
- [0083]  $\theta_1$  : 8°
- [0084] 이 경우, 배율 M1 의 조건은,  $4 \text{ mm}/1.4 \text{ mm} = 2.9 < M1 \leq \sin 50^\circ / \sin 8^\circ = 5.5$  이다. 그래서, 배율 M1 = 2.79, 배율 M1 = 3.6 배인 경우에 대하여, 조도를 시뮬레이션하였다.
- [0085] 도 7(A) 는, 시뮬레이션 결과를 나타내는 도면이다. 도 7(A) 에 있어서, 횡축은 배율을 나타내고, 종축은, 배율 M1 = 2.79 일 때의 조도를 1 로 했을 때의 조도 비율이다. 도 7(A) 에 나타내는 바와 같이, 배율 M1 을 P1/a1 보다 크게 함으로써, 배율 M1 을 P1/a1 로 한 경우보다 조도가 향상되는 것이 확인되었다.
- [0086] [시뮬레이션 2]
- [0087] 시뮬레이션 1 에서 사용한 LED 칩 (23A) 과는 상이한 LED 칩 (23A) 을 사용하여, 시뮬레이션 1 과 동일하게 배율 M1 을 변경하여 조도를 시뮬레이션하였다. 시뮬레이션 조건은 이하와 같다.
- [0088] LED 칩 (23A) : 니치아 화학 공업 주식회사 제조 NWSU333B
- [0089] 발광부 (231A) 의 발광면의 한 변의 길이 : 1.9 mm
- [0090] 배열 피치 (P1) : 7 mm
- [0091]  $\alpha_1$  : 50°
- [0092]  $\theta_1$  : 8°
- [0093] 이 경우, 배율 M1 의 조건은,  $7 \text{ mm}/1.9 \text{ mm} = 3.68 < M1 \leq \sin 50^\circ / \sin 8^\circ = 5.5$  이다. 그래서, 배율 M1 =

3.68, 배율 M1 = 4.38, 배율 M1 = 4.65 인 경우에 대하여, 조도를 시뮬레이션하였다.

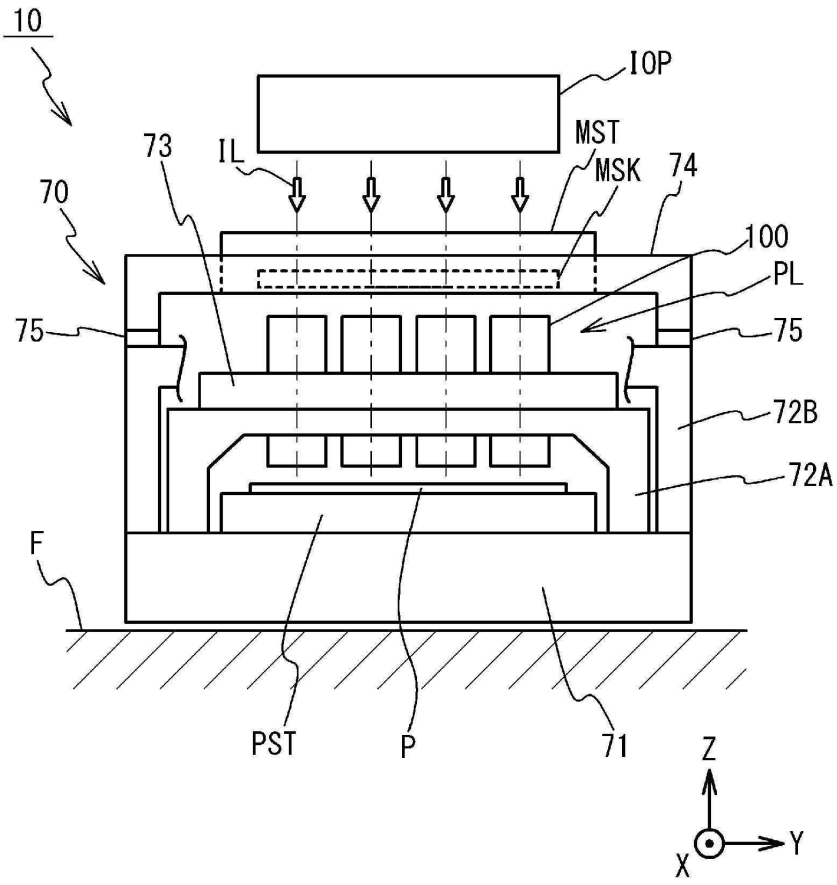
- [0094] 도 7(B) 는, 시뮬레이션 결과를 나타내는 도면이다. 도 7(B) 에 있어서, 횡축은 배율이고, 종축은, 배율 M1 = 4.38 일 때의 조도를 1 로 했을 때의 조도 비율이다. 도 7(B) 에 나타내는 바와 같이, 배율 M1 을 P1/a1 보다 크게 함으로써, 배율 M1 을 P1/a1 로 한 경우보다 조도가 향상되는 것이 확인되었다.
- [0095] 이상, 상세하게 설명한 바와 같이, 제 2 실시형태에 의하면, 제 1 확대 광학계 (30A) 가 발광부 (231A) 를 확대 투영할 때의 배율 M1 은,  $P1/a1 < M1 \leq \sin \alpha_1 / \sin \theta_1$  을 만족하고, 제 2 확대 광학계 (30B) 가 발광부 (231B) 를 확대 투영할 때의 배율 M2 는,  $P2/a2 < M2 \leq \sin \alpha_2 / \sin \theta_2$  를 만족한다.
- [0096] 이와 같이 배율 M1 및 M2 를 규정함으로써, 방사 강도가 램버트 방사보다 높아지는 광에 의해, 2 차 광원을 형성할 수 있기 때문에, 제 1 광원 유닛 (OPU1) 및 제 2 광원 유닛 (OPU2) 으로부터 출사되는 광의 강도를 높이는 것이 가능해진다.
- [0097] 또, 제 1 광원 어레이 (20A) 및 제 2 광원 어레이 (20B) 의 제조 공정에 있어서, LED 칩 (23A 및 23B) 을 기판에 배치할 때에, LED 칩 (23A 및 23B) 의 위치 어긋남이 발생하는 경우가 있다. 위치 어긋남에 의해, 제 1 광원 어레이 (20A) 및 제 2 광원 어레이 (20B) 의 조도가 저하되는 경우가 있다. 본 실시형태에서는, 배율 M1 및 배율 M2 를 P1/a1 및 P2/a2 보다 각각 크게 함으로써, 발광부 (231A, 231B) 의 발광면의 내측의 영역 (둘레 가장자리부를 제외한 영역) 만을 사용할 수 있기 때문에, LED 칩 (23A 및 23B) 이 위치 어긋나더라도, 제 1 광원 어레이 (20A) 및 제 2 광원 어레이 (20B) 의 조도 저하를 억제할 수 있다.
- [0098] 또, 제 2 실시형태에 있어서,  $\sin \theta_1$  및  $\sin \theta_2$  는, 투영 광학 유닛 (100) 의 개구수에 대한 조명 광학계 (80) 의 개구수의 비 ( $\sigma$ ) 를 1 로 하는 값이다. 이로써, 노광 장치 (10) 에 있어서 요구되는 개구수에 따른 휘도의 조명광 (IL) 을 실현할 수 있다.
- [0099] 상기 서술한 실시형태는 본 발명의 바람직한 실시의 예이다. 단, 이것에 한정되는 것은 아니며, 본 발명의 요지를 일탈하지 않는 범위 내에 있어서 다양한 변형 실시 가능하다.

**부호의 설명**

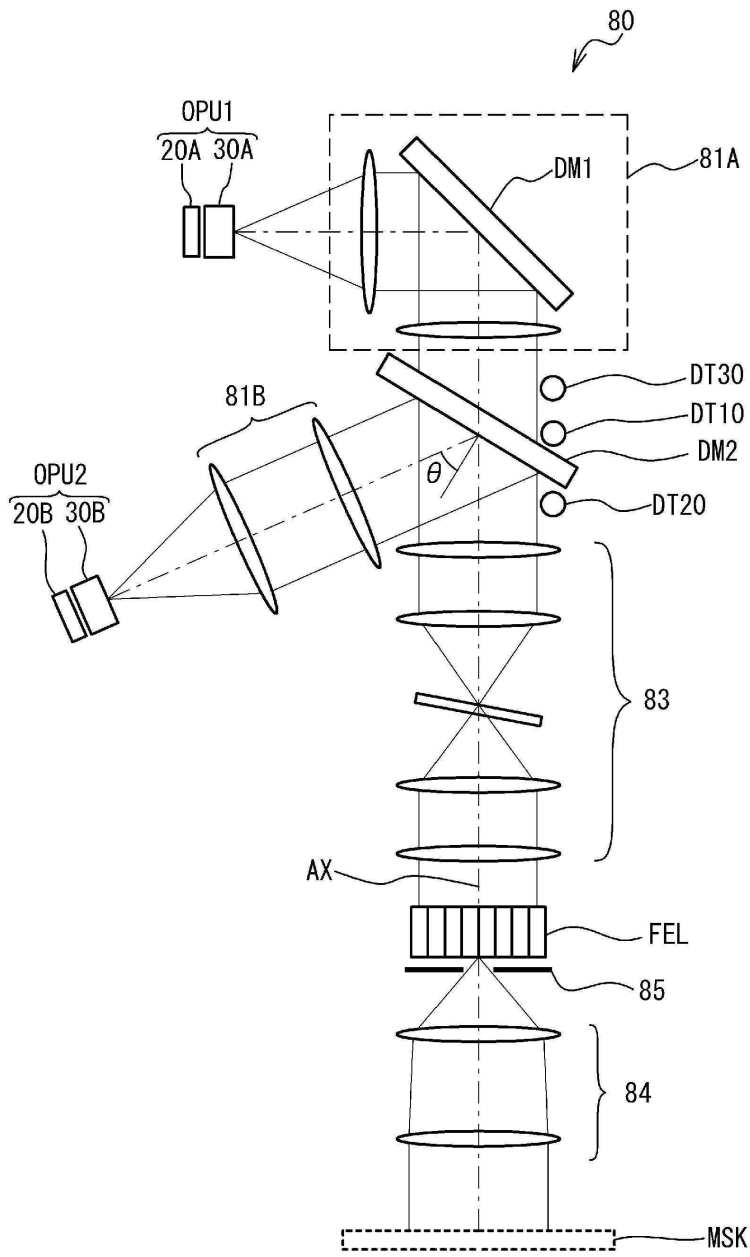
- [0100] 10 : 노광 장치
- 20A : 제 1 광원 어레이
- 20B : 제 2 광원 어레이
- 23A, 23B : LED 칩
- 30A : 제 1 확대 광학계
- 30B : 제 2 확대 광학계
- 31A, 31B : 렌즈부
- 81A : 제 1 집광 광학계
- 81B : 제 2 집광 광학계
- 90 : 조명 유닛
- 100 : 투영 광학 유닛
- PL : 투영 광학계
- FEL : 플라이 아이 렌즈
- DM2 : 제 2 다이크로익 미러

도면

도면1

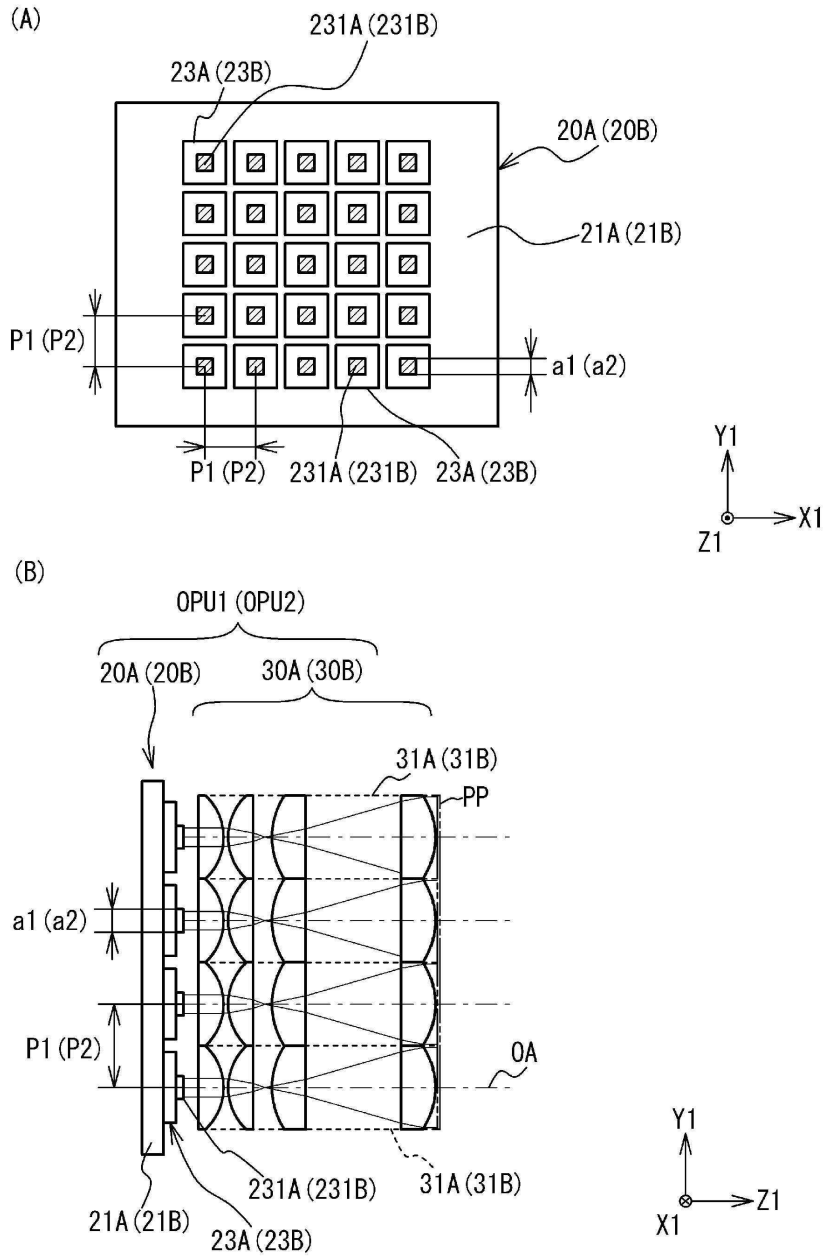


도면2

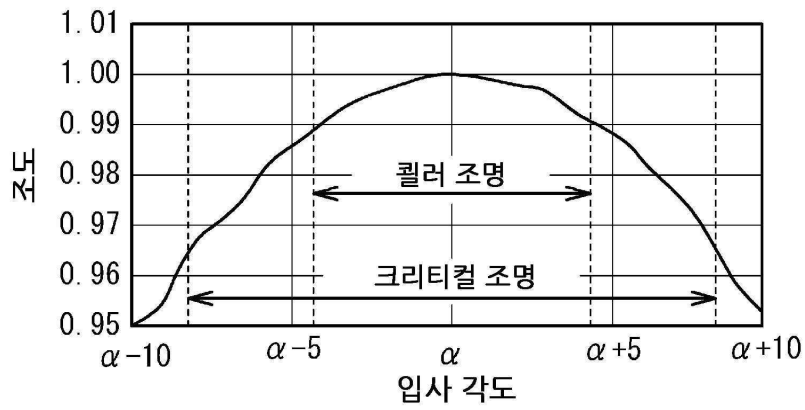


90

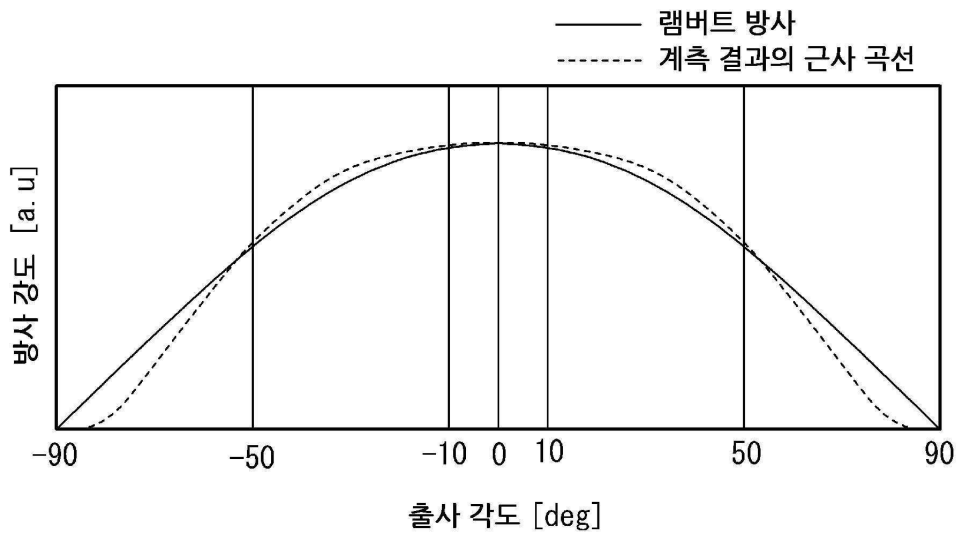
도면3



도면4

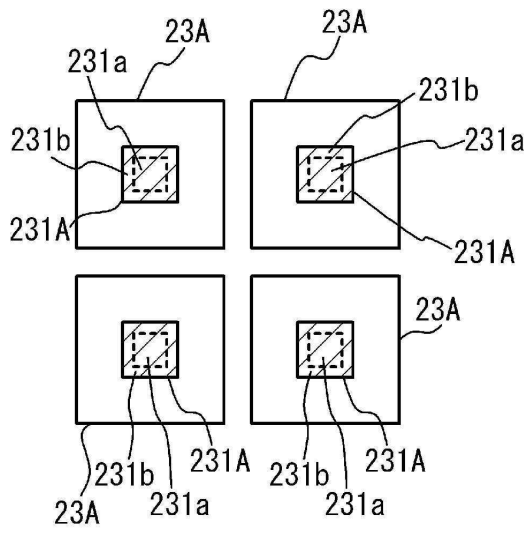


도면5

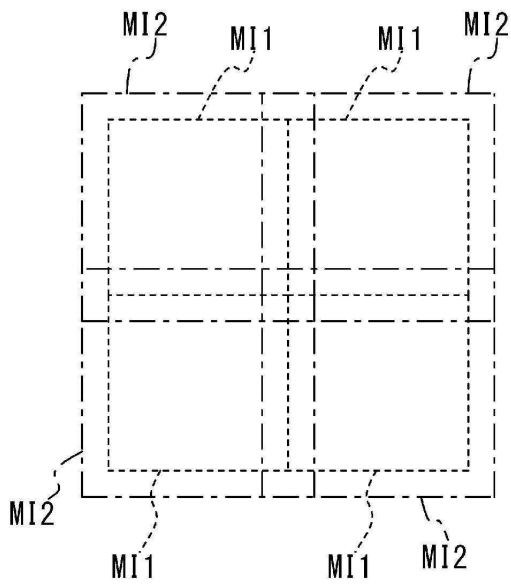


도면6

(A)

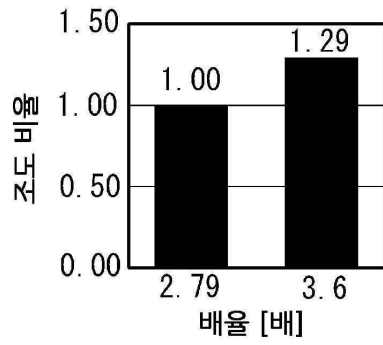


(B)



도면7

(A)



(B)

