



(19) 대한민국특허청(KR)  
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2017년02월27일  
(11) 등록번호 10-1707277  
(24) 등록일자 2017년02월09일

- (51) 국제특허분류(Int. Cl.)  
*H01L 21/027* (2006.01)
- (21) 출원번호 10-2014-0019467
- (22) 출원일자 2014년02월20일  
심사청구일자 2015년02월17일
- (65) 공개번호 10-2014-0108125
- (43) 공개일자 2014년09월05일
- (30) 우선권주장  
JP-P-2013-040033 2013년02월28일 일본(JP)
- (56) 선행기술조사문현  
US6335786 B1  
KR1020120096421 A  
US7215863 B1  
JP2002217085 A

- (73) 특허권자  
캐논 가부시끼가이사  
일본 도쿄도 오오따꾸 시모마루코 3조메 30방 2고
- (72) 발명자  
오사카 노보루  
일본 도쿄도 오오따꾸 시모마루코 3조메 30방 2고  
캐논 가부시끼가이사 내  
후쿠오카 료스케  
일본 도쿄도 오오따꾸 시모마루코 3조메 30방 2고  
캐논 가부시끼가이사 내  
요시오카 히토시  
일본 도쿄도 오오따꾸 시모마루코 3조메 30방 2고  
캐논 가부시끼가이사 내
- (74) 대리인  
장수길, 이중희

전체 청구항 수 : 총 13 항

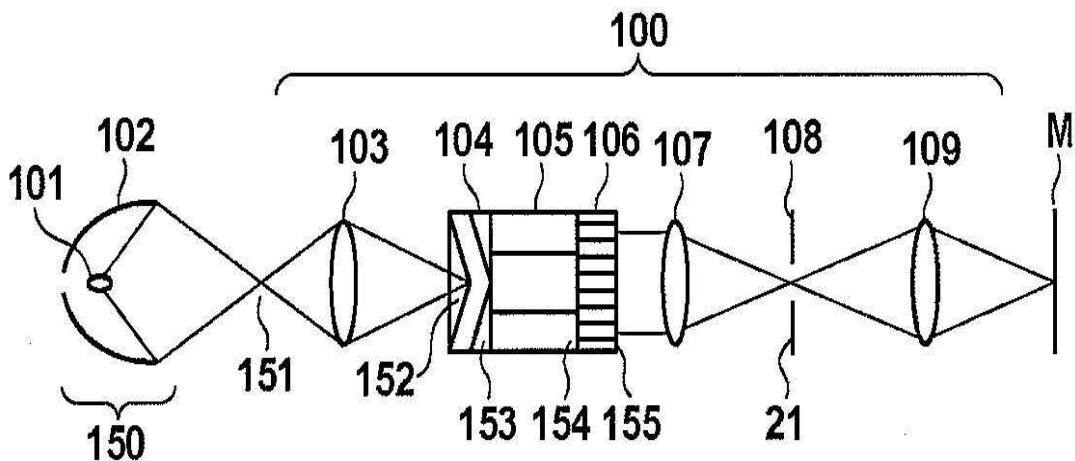
심사관 : 계원호

(54) 발명의 명칭 조명 광학계, 노광 장치, 디바이스의 제조 방법 및 광학 소자

## (57) 요약

광원으로부터의 광으로 피조명면을 조명하는 조명 광학계이며, 입사면과 사출면 사이에 배치되며, 내측 반사면과, 상기 내측 반사면을 둘러싸는 외측 반사면을 포함하고, 상기 입사면으로부터 상기 내측 반사면과 상기 외측 반사면 사이에 입사한 광을 상기 내측 반사면과 상기 외측 반사면에 의해 반사시키면서 상기 사출면으로 유도하는 광학 소자를 갖고, 상기 광학 소자의 광축에 수직인 상기 광학 소자의 단면에 있어서, 상기 내측 반사면에 의해 형성되는 형상과 상기 외측 반사면에 의해 형성되는 형상이 상이한 것을 특징으로 하는 조명 광학계를 제공한다.

대표도 - 도1



## 명세서

### 청구범위

#### 청구항 1

광원으로부터의 광으로 피조명면을 조명하는 조명 광학계이며,

입사면과 사출면 사이에 배치되며, 내측 반사면과, 상기 내측 반사면을 둘러싸는 외측 반사면을 포함하고, 상기 입사면으로부터 상기 내측 반사면과 상기 외측 반사면 사이에 입사한 광을 상기 내측 반사면과 상기 외측 반사면에 의해 반사시키면서 상기 사출면으로 유도하는 광학 소자를 갖고,

상기 광학 소자의 광축에 수직인 상기 광학 소자의 단면에 있어서, 상기 내측 반사면에 의해 형성되는 형상은 다각형 형상이고, 상기 외측 반사면에 의해 형성되는 형상은 원형 형상인 것을 특징으로 하는 조명 광학계.

#### 청구항 2

제1항에 있어서,

상기 광학 소자는, 상기 내측 반사면으로 둘러싸인 중공부를 포함하고, 상기 내측 반사면과 상기 외측 반사면 사이가 광 투과 부재로 구성된 옵티컬 로드인 것을 특징으로 하는 조명 광학계.

#### 청구항 3

제1항에 있어서,

상기 광학 소자는, 상기 내측 반사면과 상기 외측 반사면 사이가 공간으로 구성된 옵티컬 파이프인 것을 특징으로 하는 조명 광학계.

#### 청구항 4

삭제

#### 청구항 5

제1항에 있어서,

상기 내측 반사면에 의해 형성되는 형상은 사각형 형상인 것을 특징으로 하는 조명 광학계.

#### 청구항 6

삭제

#### 청구항 7

제2항에 있어서,

상기 옵티컬 로드는, 복수의 광 투과 부재를 조합하여 구성되어 있는 것을 특징으로 하는 조명 광학계.

#### 청구항 8

마스크의 패턴을 기판에 전사하는 노광 장치이며,

상기 마스크를 조명하는 제1항 내지 제3항, 제5항, 및 제7항 중 어느 한 항에 기재된 조명 광학계와,

상기 패턴을 상기 기판에 투영하는 투영 광학계를 갖는 것을 특징으로 하는 노광 장치.

#### 청구항 9

제8항에 있어서,

상기 조명 광학계는, 상기 외측 반사면에 의해 형성되는 형상과 상기 내측 반사면에 의해 형성되는 형상의 조합

이 서로 다른 복수의 광학 소자를 갖고,

상기 노광 장치는, 상기 마스크의 패턴에 따라서, 상기 복수의 광학 소자로부터, 상기 조명 광학계의 광로에 배치하는 광학 소자를 선택하는 선택부를 갖는 것을 특징으로 하는 노광 장치.

#### 청구항 10

제9항에 있어서,

상기 조명 광학계는, 상기 복수의 광학 소자의 각각에 대응하는 복수의 개구 조리개를 갖고,

상기 선택부는, 상기 조명 광학계의 광로에 배치된 광학 소자에 따라서, 상기 복수의 개구 조리개로부터, 상기 조명 광학계의 광로에 배치하는 개구 조리개를 선택하는 것을 특징으로 하는 노광 장치.

#### 청구항 11

마스크의 패턴을 기판에 전사하는 노광 장치를 사용하여 기판을 노광하는 공정과,

노광한 상기 기판을 현상하는 공정을 포함하고,

상기 노광 장치는, 상기 마스크를 조명하는 조명 광학계와, 상기 패턴을 상기 기판에 투영하는 투영 광학계를 포함하고,

상기 기판을 노광하는 공정은, 입사면과 사출면 사이에 배치되며, 내측 반사면과, 상기 내측 반사면을 둘러싸는 외측 반사면을 포함하고, 상기 입사면으로부터 상기 내측 반사면과 상기 외측 반사면 사이에 입사한 광을 상기 내측 반사면과 상기 외측 반사면에 의해 반사시키면서 상기 사출면으로 유도하는 상기 조명 광학계의 광학 소자로 상기 마스크를 조명하는 공정을 포함하고,

상기 광학 소자의 광축에 수직인 상기 광학 소자의 단면에 있어서, 상기 내측 반사면에 의해 형성되는 형상은 다각형 형상이고, 상기 외측 반사면에 의해 형성되는 형상은 원형 형상인 것을 특징으로 하는 디바이스의 제조 방법.

#### 청구항 12

입사면에 입사한 광을 사출면으로 유도하는 광학 소자이며,

상기 입사면과 상기 사출면 사이에 배치되며, 내측 반사면과, 상기 내측 반사면을 둘러싸는 외측 반사면을 포함하고, 상기 입사면으로부터 상기 내측 반사면과 상기 외측 반사면 사이에 입사한 광을 상기 내측 반사면과 상기 외측 반사면에 의해 반사시키면서 상기 사출면으로 유도하고,

상기 광학 소자의 광축에 수직인 상기 광학 소자의 단면에 있어서, 상기 내측 반사면에 의해 형성되는 형상은 다각형이고, 상기 외측 반사면에 의해 형성되는 형상은 원형 형상인 것을 특징으로 하는 광학 소자.

#### 청구항 13

제1항에 있어서,

상기 내측 반사면은 1개의 연속하는 면을 형성하고,

상기 내측 반사면과 상기 외측 반사면 사이에는, 1개의 연속하는 공간이 형성되는 것을 특징으로 하는 조명 광학계.

#### 청구항 14

제12항에 있어서,

상기 내측 반사면으로 둘러싸인 중공부를 포함하고,

상기 내측 반사면과 상기 외측 반사면 사이가 광 투과 부재로 구성되어 있는 것을 특징으로 하는 광학 소자.

#### 청구항 15

제12항에 있어서,

상기 내측 반사면과 상기 외측 반사면 사이가 공간으로 구성되어 있는 것을 특징으로 하는 광학 소자.

### 발명의 설명

### 기술 분야

[0001] 본 발명은 조명 광학계, 노광 장치, 디바이스의 제조 방법 및 광학 소자에 관한 것이다.

### 배경 기술

[0002] 반도체 디바이스나 액정 표시 장치 등의 제조 공정인 리소그래피 공정에서는, 마스크(레티클)의 패턴을, 투영 광학계를 통하여 기판(표면에 레지스트(감광제)층이 형성된 웨이퍼나 유리 플레이트)에 전사하는 노광 장치가 사용되고 있다.

[0003] 예를 들면, 액정 표시 장치의 리소그래피 공정에서는, 마스크 상의 면적이 보다 큰 패턴을 기판에 일괄 노광하는 노광 장치가 요구되고 있다. 이러한 요구에 대응하기 위해서, 고해상력이 얻어지고, 또한, 대형 화면을 노광할 수 있는 스텝 앤드 스캔 방식의 주사형 노광 장치가 일본 특허 공개 제2001-358071호 공보에 제안되어 있다. 주사형 노광 장치는, 슬릿 형상의 광(슬릿광)에 의해 조명된 패턴을, 투영 광학계를 통하여 마스크와 기판을 주사(스캔)하면서, 기판에 전사한다.

[0004] 일본 특허 공개 제2001-358071호 공보에는, 원호 형상의 노광 영역을 스캔시켜 기판을 일괄 노광하는 노광 장치가 개시되어 있다. 일본 특허 공개 제2001-358071호 공보에서는, 투영 광학계를 미러로 구성하고 있기 때문에, 색수차가 발생하지 않는다. 따라서, 서로 다른 복수의 광의 광을 사용하여 기판을 노광하는 경우라도, 양호한 광학 성능을 달성하는 것이 가능하다.

[0005] 여기서, 노광 장치의 해상력 RP는, 노광광의 광장(노광 광장)  $\lambda$ , 투영 광학계의 개구수 NA를 사용하여, 이하의 수학식 1로 나타내어지는 레일리의 식에 의해 제공된다. 단,  $k_1$ 은 현상 프로세스 등에 의해 정해지는 상수(프로세스 상수)이며, 해상의 난이도를 나타내는 무차원량이다.

### 수학식 1

$$RP = k_1 \times (\lambda / NA)$$

[0007] 수학식 1을 참조하건대, 해상력 RP가 작을수록, 미세한 노광이 가능해진다. 또한, 해상력 RP를 작게 하기 위해서는, 투영 광학계의 개구수 NA를 크게 하면 되는 것을 알 수 있다.

[0008] 한편, 노광 장치의 초점 심도 DOF는 이하의 수학식 2로 나타내어진다. 단,  $k_2$ 는 레지스트의 재료의 종류나 마스크를 조명하는 광의 입사 각도 분포(이하, 「유효 광원」이라 칭함) 등에 따라서 변화하는 상수이며,  $k_1$ 과 마찬가지로 무차원량이다.

### 수학식 2

$$DOF = k_2 \times (\lambda / NA^2)$$

[0010] 수학식 2를 참조하건대, 투영 광학계의 개구수 NA를 크게 하면, 상술한 바와 같이, 해상력 RP는 작아지지만, 초점 심도 DOF도 작아진다. 노광 장치에 있어서의 스테이지의 평탄도, 기판의 평탄도, 레지스트의 도포 분포의 균일도, 광학계의 상면 만곡 등의 정밀도를 향상시킴으로써, 초점 심도 DOF의 확대를 도모하고 있지만, 이들의 향상은 한계에 이르렀기 때문에, 대폭적인 개선은 기대할 수 없다.

[0011] 따라서, 초점 심도 DOF를 확대하기 위해서, 마스크의 패턴에 따라서, 최적의 조명 조건, 즉, 유효 광원을 사용하는 변형 조명 기술이 일본 특허 공개 제2001-358071호 공보나 국제 공개 제99/25009호에 제안되어 있다.

[0012] 그러나, 일본 특허 공개 제2001-358071호 공보에 개시된 조명 광학계에서 사용되고 있는 유효 광원에 있어서는, 중심으로부터 직경 방향을 향하여, 장소에 따라서 광량 분포가 불균일해진다. 이와 같은 광량 분포의 불균일성

은, 동일 사양의 노광 장치간에서 변동되는 것이 예상되고, 또한, 광원에 따라 다르다. 예를 들면, 소모품인 고압 수은 램프 등을 광원으로 사용하는 경우, 램프를 교환할 때마다, 광량 분포의 불균일성, 즉, 유효 광원이 변화되어 버린다. 유효 광원의 변화는 노광 장치의 결상 성능에 영향을 주기 때문에, 유효 광원에 있어서의 광량 분포에는 균일하고 안정되어 있을 것이 요구된다.

[0013] 한편, 국제 공개 제99/25009호에는, 반사경을 사용한 조명 광학계가 개시되어 있다. 이러한 조명 광학계에서는, 반사경을 사용한 인터그레이터에 의해 광을 균일화하고 있지만, 국제 공개 제99/25009호에 개시된 인터그레이터 중, 원형 형상의 인터그레이터에서는 광량 분포가 균일화되지 않고, 실제로는 중심으로부터 외측을 향하여 불균일한 분포로 되어 버린다. 또한, 사각 형상의 인터그레이터에서는, 광량 분포는 균일화되지만, 광 효율이 저하되기 때문에, 마스크를 조명하는 조도도 저하되어, 생산성이 떨어져 버린다.

### 발명의 내용

#### 해결하려는 과제

[0014] 본 발명은, 광원으로부터의 광을 사용하여, 효율적으로, 또한, 균일하게 피조명면을 조명하는 데 유리한 조명 광학계를 제공한다.

#### 과제의 해결 수단

[0015] 본 발명의 일측면으로서의 조명 광학계는, 광원으로부터의 광으로 피조명면을 조명하는 조명 광학계이며, 입사면과 사출면 사이에 배치되며, 내측 반사면과, 상기 내측 반사면을 둘러싸는 외측 반사면을 포함하고, 상기 입사면으로부터 상기 내측 반사면과 상기 외측 반사면 사이에 입사한 광을 상기 내측 반사면과 상기 외측 반사면에 의해 반사시키면서 상기 사출면으로 유도하는 광학 소자를 갖고, 상기 광학 소자의 광축에 수직인 상기 광학 소자의 단면에 있어서, 상기 내측 반사면에 의해 형성되는 형상과 상기 외측 반사면에 의해 형성되는 형상이 상이한 것을 특징으로 한다.

[0016] 본 발명의 또 다른 목적 또는 그 밖의 측면은, 이하, 첨부 도면을 참조하여 설명되는 바람직한 실시 형태에 의해 명백하게 될 것이다.

#### 도면의 간단한 설명

[0017] 도 1은 본 발명의 제1 실시 형태에 있어서의 조명 광학계의 구성을 도시하는 개략도.

도 2는 도 1에 도시한 조명 광학계의 원추 프리즘의 입사면 및 사출면의 각각에 있어서의 광량 분포를 도시하는 개략도.

도 3의 (a) 및 도 3의 (b)는 도 1에 도시한 조명 광학계의 옵티컬 로드의 구성의 일례를 도시하는 개략도.

도 4의 (a) 및 도 4의 (b)는 도 3의 (a) 및 도 3의 (b)에 도시한 옵티컬 로드의 입사면 및 사출면의 각각에 있어서의 광량 분포를 도시하는 도면.

도 5는 도 1에 도시한 조명 광학계의 플라이 아이 광학계의 구성을 도시하는 도면.

도 6은 도 1에 도시한 조명 광학계의 슬릿의 구성을 도시하는 개략도.

도 7의 (a) 내지 도 7의 (f)는 도 1에 도시한 조명 광학계의 옵티컬 로드의 설계예를 도시하는 도면.

도 8의 (a) 내지 도 8의 (d)는 도 7의 (a) 내지 도 7의 (f)에 도시한 옵티컬 로드의 입사면 및 사출면의 각각에 있어서의 광량 분포를 도시하는 도면.

도 9는 본 발명의 제2 실시 형태에 있어서의 조명 광학계의 구성을 도시하는 개략도.

도 10은 도 9에 도시한 조명 광학계의 슬릿의 구성을 도시하는 개략도.

도 11의 (a) 내지 도 11의 (c)는 도 9에 도시한 조명 광학계의 개구 조리개의 구성을 도시하는 개략도.

도 12의 (a) 내지 도 12의 (d)는 도 9에 도시한 조명 광학계의 옵티컬 로드의 설계예를 도시하는 도면.

도 13의 (a) 내지 도 13의 (c)는 도 12의 (a) 내지 도 12의 (d)에 도시한 옵티컬 로드의 입사면 및 사출면의 각각에 있어서의 광량 분포를 도시하는 도면.

도 14는 복수의 광 투과 부재를 조합하여 구성된 옵티컬 로드를 도시하는 도면.

도 15의 (a) 내지 도 15의 (e)는 도 1 및 도 9에 도시한 조명 광학계에 적용 가능한 옵티컬 파이프의 구성을 도시하는 개략도.

도 16은 본 발명의 제4 실시 형태에 있어서의 노광 장치의 구성을 도시하는 개략도.

도 17은 본 발명의 제4 실시 형태에 있어서의 조명 광학계의 구성을 도시하는 개략도.

도 18의 (a) 및 도 18의 (b)는 도 17에 도시한 조명 광학계의 복수의 옵티컬 로드의 구성을 도시하는 개략도.

도 19의 (a) 및 도 19의 (b)는 도 17에 도시한 조명 광학계의 복수의 개구 조리개의 구성을 도시하는 개략도.

### 발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0018]

이하, 첨부 도면을 참조하여, 본 발명의 적합한 실시 형태에 대하여 설명한다. 또한, 각 도면에 있어서, 동일한 부재에 대해서는 동일한 참조 번호를 붙이고, 중복되는 설명은 생략한다.

[0019]

<제1 실시 형태>

[0020]

도 1은 본 발명의 제1 실시 형태에 있어서의 조명 광학계(100)의 구성을 도시하는 개략도이다. 조명 광학계(100)는 광원으로부터의 광으로 피조명면을 조명하는 광학계이다. 조명 광학계(100)는, 예를 들면 노광 장치에 적용되며, 광원으로부터의 광을, 기판에 전사해야 할 패턴이 형성된 마스크(피조명면)로 유도하는 조명 광학계로서 적합하다.

[0021]

조명 광학계(100)는, 광원부(150)로부터의 광으로 마스크 M을 조명하고, 본 실시 형태에서는, 제1 광학계(103)와, 원추 프리즘(104)과, 옵티컬 로드(105)와, 플라이 아이 광학계(106)와, 제2 광학계(107)와, 제3 광학계(109)와, 슬릿(21)을 갖는다.

[0022]

광원부(150)는 광원(101)과, 타원 미러(102)를 포함한다. 광원(101)은, 본 실시 형태에서는, 고압 수은 램프로 구성되어 있지만, 크세논 램프나 엑시머 레이저 등으로 구성해도 된다. 타원 미러(102)는 광원(101)으로부터의 광을 집광한다. 타원 미러(102)는, 타원의 일부분에 상당하는 형상을 갖고, 이러한 타원의 2개의 초점 중 한쪽 초점의 위치와 광원(101)의 위치가 일치하도록 배치되어 있다.

[0023]

광원(101)으로부터 사출되어, 타원 미러(102)에 의해 반사된 광은, 타원의 2개의 초점 중 다른 쪽 초점의 위치(151)에 집광한다. 위치(151)를 통과한 광은, 제1 광학계(103)를 통하여 원추 프리즘(104)의 입사면(152)으로 유도된다. 제1 광학계(103)는, 원추 프리즘(104)의 입사면(152)이 초점의 위치(151)의 광학적으로 공액인 면으로 되도록 배치되어 있다. 원추 프리즘(104)의 입사면(152)에 있어서의 광량 분포는, 광학적으로 공액인 위치인 초점의 위치(151)에 있어서의 광량 분포와 거의 동일하다.

[0024]

초점의 위치(151)는 타원 미러(102)의 초점의 하나이기 때문에, 초점의 위치(151) 및 원추 프리즘(104)의 입사면(152)에는, 실질적으로 광원(101)의 휘도 분포가 형성된다. 원추 프리즘(104)을 통과한 광은, 옵티컬 로드(105)의 입사면(153)에 입사한다.

[0025]

도 2는 원추 프리즘(104)의 입사면(152)에 있어서의 광량 분포 및 원추 프리즘(104)의 사출면에 있어서의 광량 분포를 도시하는 개략도이다. 도 2에 도시한 바와 같이, 원추 프리즘(104)의 입사면(152)에 있어서의 원형 형상의 광량 분포 LD1은, 원추 프리즘(104)의 사출면에 있어서, 윤대 형상의 광량 분포 LD2로 변환된다.

[0026]

옵티컬 로드(105)는, 입사면(153)과 사출면(154) 사이에 배치되며, 내측 반사면과, 내측 반사면을 둘러싸는 외측 반사면을 포함하고, 입사면(153)에 입사한 광을 내측 반사면과 외측 반사면에 의해 반사시키면서 사출면(154)으로 유도하는 광학 소자이다. 여기서, 내측 반사면과 외측 반사면은 대향하고 있고, 입사면(153)으로부터의 광은 내측 반사면과 외측 반사면 사이에 입사한다. 또한, 옵티컬 로드(105)는, 입사면(153)과 사출면(154) 사이의 단면에 있어서, 내측 반사면에 의해 형성되는 형상과 외측 반사면에 의해 형성되는 형상이 상이하다. 여기서, 내측 반사면에 의해 형성되는 형상과 외측 반사면에 의해 형성되는 형상이 상이하다란, 그 형상의 크기가 상이한 것(즉, 상사형)을 의미하는 것이 아니고, 그 형상이 기하학적으로 상이한 것을 의미한다. 예를 들면, 내측 반사면에 의해 형성되는 형상이 원형 형상이고, 외측 반사면에 의해 형성되는 형상이 다각형 형상인 경우에는, 내측 반사면의 단면 형상과 외측 반사면의 단면 형상이 상이하게 된다.

[0027]

옵티컬 로드(105)는, 예를 들면 도 3의 (a) 및 도 3의 (b)에 도시한 바와 같이, 육각 기둥의 광 투과 부재로 구성되고, 중심선 CL(광학 소자의 광축)을 중심으로 하여 내측 반사면(122)에 의해 둘러싸인 원기둥 형상의 중공

부 HL을 포함한다. 또한, 도 3의 (b)에 도시한 바와 같이 옵티컬 로드(105)의 중심선 CL에 대하여 수직인 단면에 있어서, 외측 반사면(121)의 단면 형상은 육각형 형상이고, 내측 반사면(122)의 단면 형상은 원형 형상이다. 여기서, 도 3의 (a)는 옵티컬 로드(105)의 구성의 일례를 도시하는 개략 사시도이고, 도 3의 (b)는 도 3의 (a)에 도시한 옵티컬 로드(105)의 개략 단면도이다.

[0028] 원추 프리즘(104)에 의해 윤대 형상의 광량 분포로 변환되어 옵티컬 로드(105)의 입사면(153)에 입사한 광은, 옵티컬 로드(105)의 외측 반사면(121) 및 내측 반사면(122)에서 복수회 반사하면서 옵티컬 로드(105)의 사출면(154)으로 유도된다.

[0029] 도 4의 (a)는 옵티컬 로드(105)의 입사면(153)에 입사한 광의 광량 분포를 도시하는 도면이다. 도 4의 (a)에서 는, 입사면(153)에 있어서의 중심선 CL로부터의 거리  $r$ 에 대한 광의 강도  $I$ 를 1차원으로 나타내고 있지만, 실제로는, 도 4의 (a)에 도시한 그래프를 원점을 중심으로 하여 회전시킨 분포로 된다. 도 4의 (a)에 도시한 바와 같이, 옵티컬 로드(105)의 입사면(153)에 입사한 광의 광량 분포는  $r$  방향으로 균일하지 않다. 단, 옵티컬 로드(105)를 통과할 때 내측 반사면(122)과 외측 반사면(121) 사이에서 반사됨으로써, 옵티컬 로드(105)의 사출면(154)에서는, 도 4의 (b)에 도시한 바와 같이,  $r$  방향으로 균일한 광량 분포가 얻어진다. 옵티컬 로드(105)의 사출면(154)으로부터의 광은 플라이 아이 광학계(106)에 입사한다.

[0030] 도 5는 플라이 아이 광학계(106)의 구성을 도시하는 개략도이다. 플라이 아이 광학계(106)는, 도 5에 도시한 바와 같이, 2개의 렌즈군(130, 131)으로 구성되어 있다. 렌즈군(130, 131)의 각각은, 다수의 평볼록 렌즈를 평면 형상으로 배열시켜 구성되어 있다. 렌즈군(130, 131)은, 각각을 구성하는 각 평볼록 렌즈의 초점 위치에, 쌍으로 되는 평볼록 렌즈가 위치하도록 곡률면을 대향시켜 배치되어 있다. 따라서, 플라이 아이 광학계(106)의 사출면(155)에는, 광원(101)과 등가의 다수의 2차 광원 분포가 형성된다.

[0031] 플라이 아이 광학계(106)의 사출면(155)으로부터 사출된 광은, 제2 광학계(107)를 통하여 슬릿면(108)으로 유도된다. 제2 광학계(107)는, 슬릿면(108)이, 실질적으로 플라이 아이 광학계(106)의 사출면(155)의 푸리에 변환면으로 되도록 배치된다. 플라이 아이 광학계(106)의 사출면(155)의 위치에는, 다수의 2차 광원 분포가 형성되어 있기 때문에, 슬릿면(108)에는 균일한 광 강도 분포가 형성된다.

[0032] 도 6은 슬릿면(108)에 배치되는 슬릿(21)의 구성을 도시하는 개략도이다. 슬릿(21)은, 도 6에 도시한 바와 같이, 원호 형상의 개구(23)를 갖고, 개구(23) 이외의 영역에 입사하는 광을 차광한다. 슬릿(21)(의 개구(23))을 통과한 원호 형상의 광은, 제3 광학계(109)를 통하여, 마스크 M을 균일하게 조명한다. 이때, 마스크 M에 입사하는 광의 각도 분포는, 도 4의 (b)에 도시한 옵티컬 로드(105)의 사출면(154)에 있어서의 광량 분포와 거의 동일해진다.

[0033] 본 실시 형태의 조명 광학계(100)에 의하면, 윤대 형상의 광량 분포를 갖는 광을, 중공부 HL을 포함하는 옵티컬 로드(105)에 의해 균일화하고 있다. 윤대 형상의 광량 분포를 갖는 광은, 옵티컬 로드(105)의 내측 반사면과 외측 반사면 사이에 입사한다. 이에 의해, 윤대 형상의 광을 차광하지 않고 옵티컬 로드(105)에 의해 균일화할 수 있다. 따라서, 조명 광학계(100)는, 광원부(150)로부터의 광을 차광하지 않고, 효율적으로, 또한, 균일한 윤대 형상의 광량 분포를 갖는 광에 의해 마스크 M을 조명할 수 있다.

[0034] 이하, 제1 실시 형태에 있어서의 조명 광학계(100)에 적용 가능한 옵티컬 로드(105)의 구체적인 설계예를 설명한다.

[0035] (설계예 1)

[0036] 도 7의 (a)는 육각 기둥의 광 투과 부재로 구성되고, 내측 반사면(122A)으로 둘러싸인 원기둥 형상의 중공부 HLA를 포함하는 옵티컬 로드(105A)를 도시하는 개략 사시도이다. 도 7의 (b)는 도 7의 (a)에 도시한 옵티컬 로드(105A)의 개략 단면도이다. 옵티컬 로드(105A)의 중심선에 대하여 수직인 단면에 있어서, 외측 반사면(121A)의 단면 형상은 육각형 형상이며, 내측 반사면(122A)의 단면 형상은 원형 형상이다.

[0037] 도 7의 (b)에 도시한 좌표계에 있어서, 옵티컬 로드(105A)의 광 투과 부재의 영역은, 이하의 수학식 3으로 나타내는 부등식에 의해 나타낼 수 있다. 또한, 옵티컬 로드(105A)의 길이는 400mm이다.

### 수학식 3

$$|y| \leq 35 \quad [\text{mm}]$$

$$\sqrt{3|x| + |y|} \leq 70 \quad [\text{mm}]$$

$$x^2 + y^2 \geq (35/2)^2 \quad [\text{mm}]$$

[0038]

[0039] 옵티컬 로드(105A)의 입사면에 있어서의 광량 분포를 도 8의 (a)에 도시하고, 옵티컬 로드(105A)의 사출면에 있어서의 광량 분포를 도 8의 (b)에 도시한다.

[0040]

(설계예 2)

[0041] 도 7의 (c)는 팔각 기둥의 광 투과 부재로 구성되며, 내측 반사면(122B)으로 둘러싸인 원기둥 형상의 중공부 HLB를 포함하는 옵티컬 로드(105B)를 도시하는 개략 사시도이다. 도 7의 (d)는 도 7의 (c)에 도시한 옵티컬 로드(105B)의 개략 단면도이다. 옵티컬 로드(105B)의 중심선에 대하여 수직인 단면에 있어서, 외측 반사면(121B)의 단면 형상은 팔각형 형상이고, 내측 반사면(122B)의 단면 형상은 원형 형상이다.

[0042]

도 7의 (d)에 도시한 좌표계에 있어서, 옵티컬 로드(105B)의 광 투과 부재의 영역은 이하의 수학식 4로 나타내는 부등식에 의해 나타낼 수 있다. 또한, 옵티컬 로드(105B)의 길이는 600mm이다.

### 수학식 4

$$|x| \leq 35 \quad [\text{mm}], \quad |y| \leq 35 \quad [\text{mm}]$$

$$|x| + |y| \leq 35\sqrt{2} \quad [\text{mm}]$$

$$x^2 + y^2 \geq (35/2)^2 \quad [\text{mm}]$$

[0043]

[0044] 옵티컬 로드(105B)의 입사면에 있어서의 광량 분포를 도 8의 (a)에 도시하고, 옵티컬 로드(105B)의 사출면에 있어서의 광량 분포를 도 8의 (c)에 도시한다.

[0045]

(설계예 3)

[0046] 도 7의 (e)는 사각 기둥의 광 투과 부재로 구성되고, 내측 반사면(122C)으로 둘러싸인 원기둥 형상의 중공부 HLC를 포함하는 옵티컬 로드(105C)를 도시하는 개략 사시도이다. 도 7의 (f)는 도 7의 (e)에 도시한 옵티컬 로드(105C)의 개략 단면도이다. 옵티컬 로드(105C)의 중심선에 대하여 수직인 단면에 있어서, 외측 반사면(121C)의 단면 형상은 사각형 형상이고, 내측 반사면(122C)의 단면 형상은 원형 형상이다.

[0047]

도 7의 (f)에 도시한 좌표계에 있어서, 옵티컬 로드(105C)의 광 투과 부재의 영역은 이하의 수학식 5로 나타내는 부등식에 의해 나타낼 수 있다. 또한, 옵티컬 로드(105C)의 길이는 400mm이다.

### 수학식 5

$$|x| \leq 35 \quad [\text{mm}], \quad |y| \leq 35 \quad [\text{mm}]$$

$$x^2 + y^2 \geq (35/2)^2 \quad [\text{mm}]$$

[0048]

[0049] 옵티컬 로드(105C)의 입사면에 있어서의 광량 분포를 도 8의 (a)에 도시하고, 옵티컬 로드(105C)의 사출면에 있어서의 광량 분포를 도 8의 (d)에 도시한다.

[0050]

&lt;제2 실시 형태&gt;

[0051] 도 9는 본 발명의 제2 실시 형태에 있어서의 조명 광학계(200)의 구성을 도시하는 개략도이다. 조명 광학계(200)는 복수의 광원으로부터의 광으로 피조명면을 조명하는 광학계이다. 조명 광학계(200)는, 예를 들면 노광 장치에 적용되고, 광원으로부터의 광을, 기판에 전사해야 할 패턴이 형성된 마스크(피조명면)로 유도하는 조명

광학계로서 적합하다.

- [0052] 조명 광학계(200)는 2개의 광원부(150)로부터의 광으로 마스크 M을 조명하는 광학계이다. 조명 광학계(200)는, 제1 광학계(201)와, 제1 옵티컬 로드(202)와, 제2 옵티컬 로드(203)와, 제2 광학계(204)와, 합성 미러(205)와, 제3 광학계(207)를 갖는다. 또한, 조명 광학계(200)는, 플라이 아이 광학계(106)와, 개구 조리개(208)와, 제4 광학계(209)와, 슬릿(210)과, 제5 광학계(211)를 갖는다.
- [0053] 광원(101)으로부터 사출되어, 타원 미러(102)에 의해 반사된 광은, 타원의 2개의 초점 중 다른 쪽 초점의 위치(151)에 집광한다. 위치(151)를 통과한 광은, 제1 광학계(201)를 통하여 제1 옵티컬 로드(202) 또는 제2 옵티컬 로드(203)(의 입사면)로 유도된다. 제1 광학계(201)는, 제1 옵티컬 로드(202) 또는 제2 옵티컬 로드(203)의 입사면이 초점의 위치(151)의 광학적으로 공액인 면으로 되도록 배치되어 있다.
- [0054] 제1 옵티컬 로드(202) 또는 제2 옵티컬 로드(203)를 통과한 광은, 제2 광학계(204) 및 합성 미러(205)를 통하여 합성면(206)으로 유도된다. 제2 광학계(204)는, 합성면(206)이 제1 옵티컬 로드(202) 및 제2 옵티컬 로드(203)의 각각의 사출면에 대하여 광학적으로 푸리에 변환면으로 되도록 배치되어 있다.
- [0055] 합성면(206)에 있어서 합성된 광은, 제3 광학계(207)를 통하여, 플라이 아이 광학계(106)로 유도된다. 제3 광학계(207)는, 플라이 아이 광학계(106)의 입사면이 합성면(206)에 대하여 광학적으로 푸리에 변환면으로 되도록 배치되어 있다.
- [0056] 개구 조리개(208)는 플라이 아이 광학계(106)의 사출면의 근방에 배치되어 있다. 개구 조리개(208)를 통과한 광은, 제4 광학계(209)를 통하여, 슬릿(210)으로 유도된다. 제4 광학계(209)는, 슬릿(210)이 개구 조리개(208)에 대하여 광학적으로 푸리에 변환면으로 되도록 배치되어 있다.
- [0057] 도 10은 슬릿(210)의 구성을 도시하는 개략도이다. 슬릿(210)은, 도 10에 도시한 바와 같이, 직사각형 형상의 개구(216)를 갖고, 개구(216) 이외의 영역에 입사하는 광을 차광한다. 슬릿(210)(의 개구(216))을 통과한 직사각형 형상의 광은, 제5 광학계(211)를 통하여, 마스크 M을 균일하게 조명한다.
- [0058] 제2 실시 형태에 있어서의 조명 광학계(200)의 효과 등에 대해서는, 이하에 나타내는 설계예를 통하여 설명한다.
- [0059] (설계예 4)
- [0060] 제1 옵티컬 로드(202) 및 제2 옵티컬 로드(203)에는, 도 7의 (a) 내지 도 7의 (e)에서 도시한 옵티컬 로드(105A 내지 105C)를 사용할 수 있다. 예를 들면, 본 실시 형태에서는, 제1 옵티컬 로드(202) 및 제2 옵티컬 로드(203)로서, 옵티컬 로드(105A)를 사용하고 있다. 단, 제1 옵티컬 로드(202)와 제2 옵티컬 로드(203)에서, 동일 종류의 옵티컬 로드를 사용할 필요는 없다.
- [0061] 제1 옵티컬 로드(202) 및 제2 옵티컬 로드(203)로서 옵티컬 로드(105A)를 사용하는 경우, 도 11의 (a)에 도시한 바와 같이, 윤대 형상의 개구(85)를 갖는 개구 조리개(208A)를 개구 조리개(208)로서 사용한다.
- [0062] 조명 광학계(200)는, 제1 옵티컬 로드(202) 및 제2 옵티컬 로드(203)로서 옵티컬 로드(105A)를 사용함으로써, 개구 조리개(208A)의 개구(85)를 효율적으로, 또한, 균일하게 조명할 수 있다.
- [0063] (설계예 5)
- [0064] 제1 옵티컬 로드(202) 및 제2 옵티컬 로드(203)로서 사용되는 옵티컬 로드(105D)를 도 12의 (a) 및 도 12의 (b)에 도시한다. 도 12의 (a)는 원기둥의 광 투과 부재로 구성되며, 내측 반사면(122D)으로 둘러싸인 사각 기둥 형상의 중공부 HLD를 포함하는 옵티컬 로드(105D)를 도시하는 개략 사시도이다. 도 12의 (b)는 도 12의 (a)에 도시한 옵티컬 로드(105D)의 개략 단면도이다. 옵티컬 로드(105D)의 중심선에 대하여 수직인 단면에 있어서, 외측 반사면(121D)의 단면 형상은 원형 형상이며, 내측 반사면(122D)의 단면 형상은 사각형 형상이다.
- [0065] 도 12의 (b)에 도시한 좌표계에 있어서, 옵티컬 로드(105D)의 광 투과 부재의 영역은, 이하의 수학식 6으로 나타내는 부등식에 의해 나타낼 수 있다. 또한, 옵티컬 로드(105D)의 길이는 100mm이다.

## 수학식 6

$$|x| \geq 35/2 \quad [\text{mm}], \quad |y| \geq 35/2$$

$$x^2 + y^2 \leq 35^2 \quad [\text{mm}]$$

[0066] 옵티컬 로드(105D)의 입사면에 있어서의 광량 분포를 도 13의 (a)에 도시하고, 옵티컬 로드(105D)의 사출면에 있어서의 광량 분포를 도 13의 (b)에 도시한다.

[0067] 또한, 제1 옵티컬 로드(202) 및 제2 옵티컬 로드(203)로서 옵티컬 로드(105D)를 사용하는 경우, 도 11의 (b)에 도시한 바와 같이, 사중극 위치에 개구(86)를 갖는 개구 조리개(208B)를 개구 조리개(208)로서 사용한다. 옵티컬 로드(105D)는, 개구 조리개(208B)의 개구(86)를 균일하게 조명할 수 있다. 옵티컬 로드(105D)를 통과한 광은, 개구 조리개(208B)의 개구(86)(사중극 위치)에 집중되기 때문에, 광 이용 효율을 약 3배 향상시킬 수 있다. 이와 같이, 옵티컬 로드(105D)와 개구 조리개(208B)의 조합은 사중극 조명에 유효하다.

[0068] 또한, 옵티컬 로드(105D)는, 도 14에 도시한 바와 같이, 복수의 광 투과 부재(105Da, 105Db, 105Dc, 105Dd)를 조합하여 구성해도 된다. 이와 같이, 복수의 광 투과 부재(105Da 내지 105Dd)를 조합하여 옵티컬 로드(105D)를 구성해도, 그 효과는 변함이 없다.

[0069] (설계예 6)

[0070] 제1 옵티컬 로드(202) 및 제2 옵티컬 로드(203)로서 사용되는 옵티컬 로드(105E)를 도 12의 (c) 및 도 12의 (d)에 도시한다. 도 12의 (c)는 원기둥의 광 투과 부재로 구성되며, 내측 반사면(122E)으로 둘러싸인 타원 기둥 형상의 중공부 HLE를 포함하는 옵티컬 로드(105E)를 도시하는 개략 사시도이다. 도 12의 (d)는 도 12의 (c)에 도시한 옵티컬 로드(105E)의 개략 단면도이다. 옵티컬 로드(105E)의 중심선에 대하여 수직인 단면에 있어서, 외측 반사면(121E)의 단면 형상은 원형 형상이며, 내측 반사면(122E)의 단면 형상은 타원 형상이다.

[0071] 도 12의 (d)에 도시한 좌표계에 있어서, 옵티컬 로드(105E)의 광 투과 부재의 영역은, 이하의 수학식 7로 나타내는 부등식에 의해 나타낼 수 있다. 또한, 옵티컬 로드(105E)의 길이는 100mm이다.

## 수학식 7

$$x^2 + y^2 \leq (35/2)^2 \quad [\text{mm}]$$

$$(x/12.5)^2 + (y/25)^2 \geq 1 \quad [\text{mm}]$$

[0072] 옵티컬 로드(105E)의 입사면에 있어서의 광량 분포를 도 13의 (a)에 도시하고, 옵티컬 로드(105E)의 사출면에 있어서의 광량 분포를 도 13의 (c)에 도시한다.

[0073] 또한, 제1 옵티컬 로드(202) 및 제2 옵티컬 로드(203)로서 옵티컬 로드(105E)를 사용하는 경우, 도 11의 (c)에 도시한 바와 같이, 이중극 위치에 개구(87)를 갖는 개구 조리개(208C)를 개구 조리개(208)로서 사용한다. 옵티컬 로드(105E)는, 개구 조리개(208C)의 개구(87)를 균일하게 조명할 수 있다. 옵티컬 로드(105E)를 통과한 광은, 개구 조리개(208C)의 개구(87)(이중극 위치)에 집중되기 때문에, 광 이용 효율을 약 3배 향상시킬 수 있다. 이와 같이, 옵티컬 로드(105E)와 개구 조리개(208C)의 조합은 이중극 조명에 유효하다.

[0074] <제3 실시 형태>

[0075] 설계예 1 내지 설계예 6에 나타내는 옵티컬 로드(105A 내지 105E)는, 각각, 도 15의 (a) 내지 도 15의 (e)에 도시한 바와 같은 옵티컬 파이프(505A 내지 505E)로 치환할 수 있다. 옵티컬 파이프(505A 내지 505E)는, 내측 반사면과 외측 반사면 사이가 공간으로 구성된(즉, 반사면으로 둘러싸인) 반사형 인터그레이터이다. 단, 옵티컬 파이프는 반사 부재를 사용하기 때문에, 옵티컬 파이프를 통과하는 광의 반사 횟수가 많아져, 옵티컬 로드보다도 광량의 손실이 커질 가능성이 있다.

[0076] 옵티컬 파이프(505A)는, 도 15의 (a)에 도시한 바와 같이, 외벽이 반사 부재(미러)로 구성된 원기둥의 부재와, 이러한 부재를 둘러싸는 6장의 반사 부재(평면 미러)를 포함하고 있다. 또한, 내측 반사면(522A)과 외측 반사면(521A)은 대향하고 있고, 그 사이가 공간으로 구성되어 있다. 옵티컬 파이프(505A)의 중심선에 대하여 수직

인 단면에 있어서, 외측 반사면(521A)의 단면 형상은 육각형 형상이고, 내측 반사면(522A)의 단면 형상은 원형 형상이다.

[0079] 옵티컬 파이프(505B)는, 도 15의 (b)에 도시한 바와 같이, 외벽이 반사 부재(미러)로 구성된 원기둥의 부재와, 이러한 부재를 둘러싸는 8장의 반사 부재(평면 미러)를 포함하고 있다. 또한, 내측 반사면(522B)과 외측 반사면(521B)은 대향하고 있고, 그 사이가 공간으로 구성되어 있다. 옵티컬 파이프(505B)의 중심선에 대하여 수직인 단면에 있어서, 외측 반사면(521B)의 단면 형상은 팔각형 형상이고, 내측 반사면(522A)의 단면 형상은 원형 형상이다.

[0080] 옵티컬 파이프(505C)는, 도 15의 (c)에 도시한 바와 같이, 외벽이 반사 부재(미러)로 구성된 원기둥의 부재와, 이러한 부재를 둘러싸는 4장의 반사 부재(평면 미러)를 포함하고 있다. 또한, 내측 반사면(522C)과 외측 반사면(521C)은 대향하고 있고, 그 사이가 공간으로 구성되어 있다. 옵티컬 파이프(505C)의 중심선에 대하여 수직인 단면에 있어서, 외측 반사면(521C)의 단면 형상은 사각형 형상이고, 내측 반사면(522C)의 단면 형상은 원형 형상이다.

[0081] 옵티컬 파이프(505D)는, 도 15의 (d)에 도시한 바와 같이, 외벽이 반사 부재(미러)로 구성된 사각 기둥의 부재와, 이러한 부재를 둘러싸는 반사 부재(곡면 미러)를 포함하고 있다. 또한, 내측 반사면(522D)과 외측 반사면(521D)은 대향하고 있고, 그 사이가 공간으로 구성되어 있다. 옵티컬 파이프(505D)의 중심선에 대하여 수직인 단면에 있어서, 외측 반사면(521D)의 단면 형상은 원형 형상이고, 내측 반사면(522D)의 단면 형상은 사각형 형상이다.

[0082] 옵티컬 파이프(505E)는, 도 15의 (e)에 도시한 바와 같이, 외벽이 반사 부재(미러)로 구성된 타원 기둥의 부재와, 이러한 부재를 둘러싸는 반사 부재(곡면 미러)를 포함하고 있다. 내측 반사면(522E)과 외측 반사면(521E)은 대향하고 있고, 그 사이가 공간으로 구성되어 있다. 옵티컬 파이프(505E)의 중심선에 대하여 수직인 단면에 있어서, 외측 반사면(521E)의 단면 형상은 원형 형상이고, 내측 반사면(522E)의 단면 형상은 타원 형상이다.

[0083] <제4 실시 형태>

[0084] 도 16은 본 발명의 제4 실시 형태에 있어서의 노광 장치(90)의 구성을 도시하는 개략도이다. 노광 장치(90)는 상술한 실시 형태에서 설명한 조명 광학계를 채용하고, 기판을 노광하는 리소그래피 장치이다.

[0085] 노광 장치의 노광 방식에는, 렌즈 또는 미러를 사용하여 마스크(레티클)의 패턴을 기판에 투영하는 프로젝션 방식과, 마스크와 기판 사이에 미소한 간극을 형성하여 마스크의 패턴을 기판에 전사하는 프록시미티 방식이 있다. 프로젝션 방식은, 프록시미티 방식과 비교하여, 일반적으로 패턴의 해상 성능이나 기판의 배율 보정 등의 정밀도가 높아, 반도체 디바이스의 제조에 적합하다. 따라서, 본 실시 형태에서는, 노광 장치(90)로서, 유리 기판에 대하여 반사형 투영 광학계를 사용한 프로젝션 방식의 노광 장치를 설명한다.

[0086] 노광 장치(90)는, 마스크 M에 형성된 패턴(예를 들면, TFT 회로)을, 레지스트(감광제)가 도포된 기판 P에 전사한다. 노광 장치(90)는, 광원(91)으로부터의 광으로 마스크 M을 조명하는 조명 광학계(99)와, 마스크 M을 유지하여 이동하는 마스크 스테이지(94)와, 투영 광학계(95)와, 기판 P를 유지하여 이동하는 기판 스테이지(96)와, 제어부(98)를 갖는다. 또한, 조명 광학계(99)는, 광원(91)으로부터의 광을 도입하는 제1 광학계(92)와, 제1 광학계(92)로부터의 광을 마스크 M으로 유도하는 제2 광학계(93)를 포함한다.

[0087] 노광 장치(90)에 있어서, 조명 광학계(99), 상세하게는, 제1 광학계(92)에는, 상술한 실시 형태에서 설명한 조명 광학계(100 또는 200)가 채용된다. 제2 광학계(93)는, 제1 광학계(92)의 피조명면과 마스크 M(의 표면)을 대략 공액인 관계로 유지하는 광학계이다. 따라서, 제1 광학계(92)가 피조명면을 균일하게 조명함으로써, 제2 광학계(93)를 통하여, 마스크 M을 균일하게, 또한, 제1 광학계(92)에 의한 조명 형상과 동일한 형상으로 조명할 수 있다.

[0088] 마스크 스테이지(94)는, 마스크 M을 유지하면서 XY 방향으로 이동 가능한 스테이지 장치이다. 투영 광학계(95)는, 광의 편광 특성을 변화시키는 반사 미러(97)를 포함하고, 마스크 M의 피조명 영역에 형성된 패턴으로부터의 광을 기판 P에 결상시킨다. 기판 스테이지(96)는, 기판 P를 유지하면서 XYZ의 3차원 방향으로 이동 가능한 스테이지 장치이다. 제어부(98)는 CPU나 메모리 등을 포함하고, 노광 장치(90)의 전체(동작)를 제어한다.

[0089] 노광에 있어서, 광원(91)으로부터의 광은 조명 광학계(99)(제1 광학계(92) 및 제2 광학계(93))를 통하여 마스크 M을 조명한다. 마스크 M의 패턴은, 투영 광학계(95)를 통하여 기판 P에 투영된다. 본 실시 형태의 노광 장치(90)에 있어서는, 상술한 바와 같이, 광원(91)으로부터의 광을 사용하여, 효율적으로, 또한, 균일하게 마스크 M

을 조명하는 데 유리한 조명 광학계(99)(조명 광학계(100 또는 200))를 채용하고 있다. 따라서, 노광 장치(90)는, 안정된 노광 성능을 실현하여, 높은 스루풋으로 경제성 좋게 고품위의 디바이스(반도체 디바이스, 액정 표시 디바이스, 플랫 패널 디스플레이(FPD) 등)를 제공할 수 있다.

[0090] 또한, 조명 광학계(99), 상세하게는, 제1 광학계(92)에는, 도 17에 도시한 바와 같은 조명 광학계(300)를 채용해도 된다. 도 17은 본 발명의 제4 실시 형태에 있어서의 조명 광학계(300)의 구성을 도시하는 개략도이다.

[0091] 조명 광학계(300)는 광원부(150)로부터의 광으로 마스크 M을 조명한다. 조명 광학계(300)는, 제1 광학계(103)와, 원추 브리즘(104)과, 복수의 옵티컬 로드(110, 111)와, 플라이 아이 광학계(106)와, 복수의 개구 조리개(112, 113)와, 제2 광학계(107)와, 제3 광학계(109)와, 슬릿(21)을 갖는다.

[0092] 옵티컬 로드(110)와 옵티컬 로드(111)는, 조명 광학계(300)의 광로에 대하여 전환 가능하게 배치된다. 예를 들면, 옵티컬 로드(110)는, 도 18의 (a)에 도시한 바와 같이, 육각 기둥의 광 투과 부재로 구성되고, 옵티컬 로드(111)는, 도 18의 (b)에 도시한 바와 같이, 옵티컬 로드(105)(도 3의 (a) 및 도 3의 (b))와 마찬가지로 구성된다.

[0093] 개구 조리개(112)와 개구 조리개(113)는, 조명 광학계(300)의 광로에 대하여 전환 가능하게 배치된다. 개구 조리개(112)는, 옵티컬 로드(110)에 대응하여(즉, 옵티컬 로드(110)가 조명 광학계(300)의 광로에 배치된 경우에) 조명 광학계(300)의 광로에 배치된다. 개구 조리개(112)는, 도 19의 (a)에 도시한 바와 같이, 원형 형상의 개구(114)를 갖고, 개구(114) 이외의 영역에 입사하는 광을 차광한다. 개구 조리개(113)는, 옵티컬 로드(111)에 대응하여(즉, 옵티컬 로드(111)가 조명 광학계(300)의 광로에 배치된 경우에) 조명 광학계(300)의 광로에 배치된다. 개구 조리개(113)는, 도 19의 (b)에 도시한 바와 같이, 윤대 형상의 개구(115)를 갖고, 개구(115) 이외의 영역에 입사하는 광을 차광한다.

[0094] 노광 장치(90)에 있어서는, 예를 들면 초기 상태에서는, 옵티컬 로드(110)와 개구 조리개(112)가 조명 광학계(300)의 광로에 배치되어 있다. 그리고, 유효 광원의 형상을 윤대 형상으로 할 때 옵티컬 로드(110)를 옵티컬 로드(111)로 전환하고, 개구 조리개(112)를 개구 조리개(113)로 전환한다. 이와 같은 옵티컬 로드나 개구 조리개의 전환은 제어부(98)에 의해 제어된다.

[0095] 조명 광학계(300)에 의하면, 마스크 M의 패턴에 따라서, 조명 광학계(300)에 있어서의 옵티컬 로드 및 개구 조리개를 전환할 수 있기 때문에, 마스크 M에 적합한 유효 광원에 의해 효율적으로, 또한, 균일하게 마스크 M을 조명할 수 있다. 또한, 옵티컬 로드 및 개구 조리개의 수는 2개로 한정되는 것은 아니고, 3개 이상의 옵티컬 로드 및 개구 조리개를 전환 가능한 구성으로 해도 된다.

[0096] 또한, 상술한 실시 형태에서 설명된 옵티컬 로드(105A 내지 105E)나 옵티컬 파이프(505A 내지 505E) 등을 전환 가능하게 구성해도 된다. 바꾸어 말하면, 외측 반사면에 의해 형성되는 형상과 내측 반사면에 의해 형성되는 형상의 조합이 서로 다른 복수의 옵티컬 로드(또는 옵티컬 파이프)와, 그들의 각각에 대응하는 복수의 개구 조리개를 전환 가능하게 구성해도 된다. 이때, 제어부(98)는, 마스크 M의 패턴에 따라서, 복수의 옵티컬 로드(또는 옵티컬 파이프) 및 복수의 개구 조리개로부터, 조명 광학계의 광로에 배치하는 옵티컬 로드(또는 옵티컬 파이프) 및 개구 조리개를 선택하는 선택부로서 기능한다.

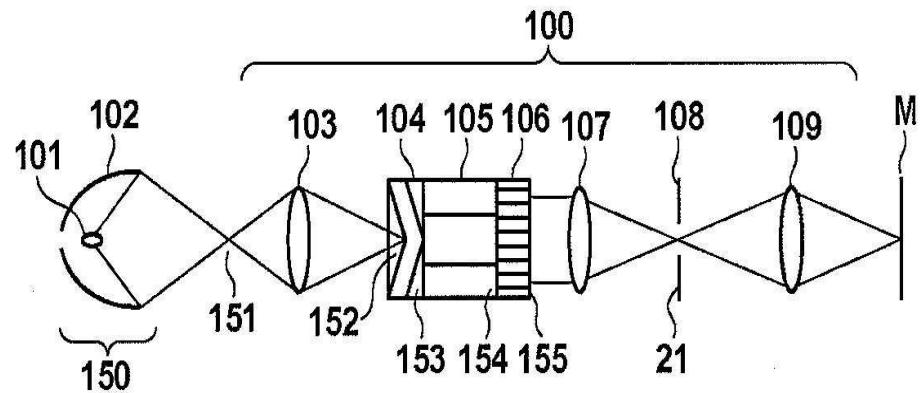
[0097] <제5 실시 형태>

[0098] 본 실시 형태에 관한 디바이스의 제조 방법은, 예를 들면 반도체 디바이스, 액정 표시 디바이스, 플랫 패널 디스플레이(FPD) 등을 제조하는 데 적합하다. 이러한 디바이스의 제조 방법은, 노광 장치(90)를 사용하여 레지스트(감광제)가 도포된 기판(웨이퍼, 유리 플레이트 등)을 노광하는 공정과, 노광된 기판을 현상하는 공정과, 그밖의 주지의 공정을 거친으로써 제조된다. 본 실시 형태의 디바이스의 제조 방법은, 종래의 방법에 비해, 디바이스의 성능·품질·생산성·생산 비용 중 적어도 하나에 있어서 유리하다.

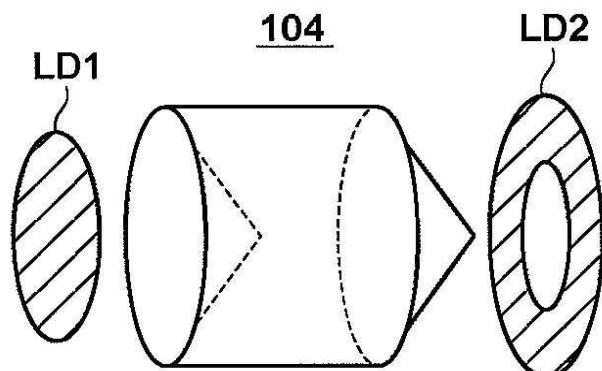
[0099] 본 발명이 예시적인 실시 형태에 관련하여 설명되었지만, 본 발명은 개시된 예시적인 실시 형태에 한정되지 않는 것이 이해되어야 한다. 계속되는 청구 범위에는, 구성 및 기능의 모든 변형 및 균등물이 포함되도록, 가장 넓은 해석이 부여되어야 한다.

도면

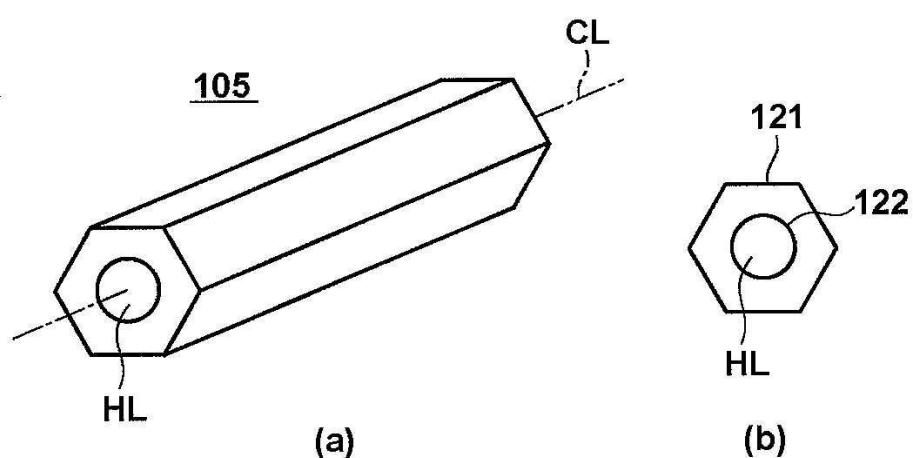
도면1



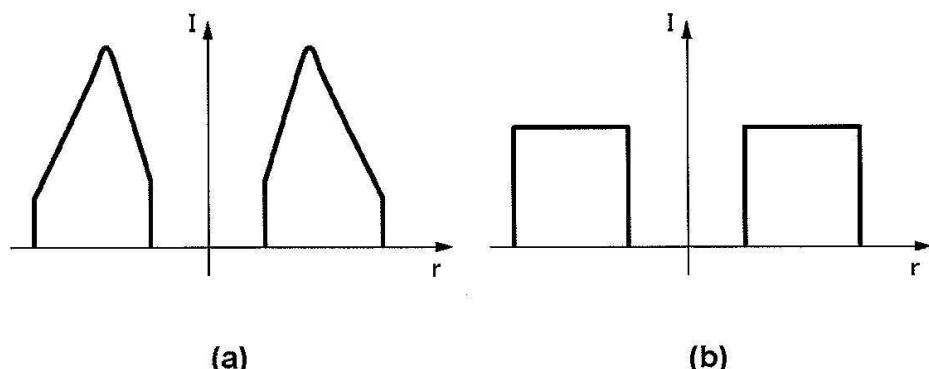
도면2



도면3

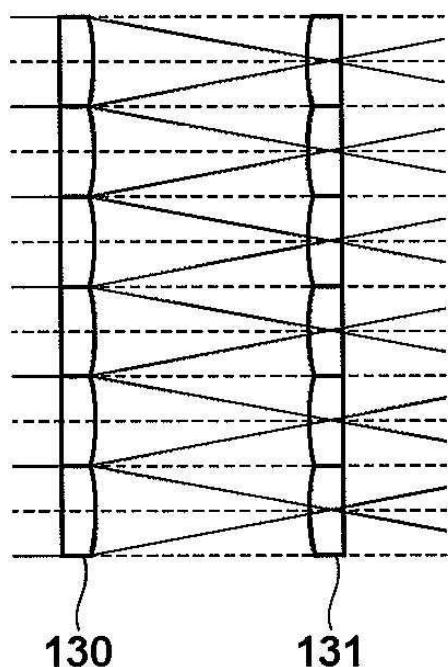


도면4

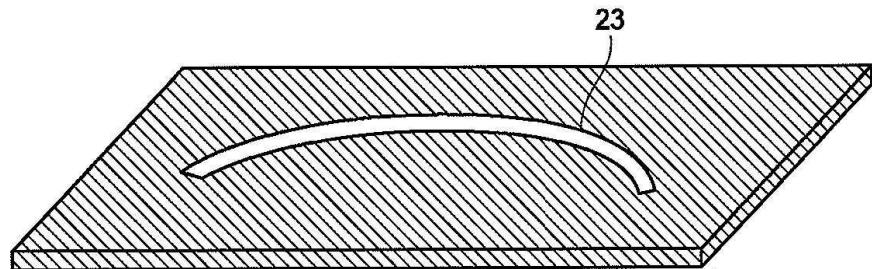


도면5

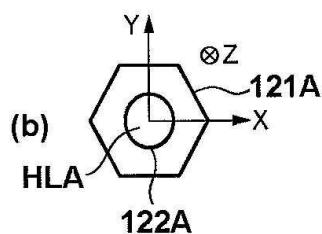
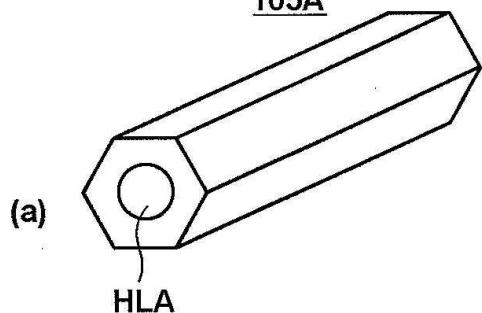
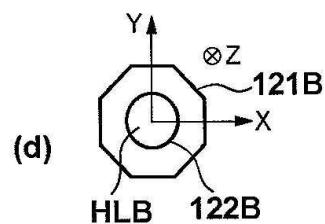
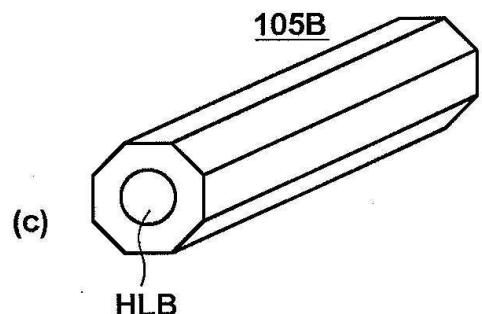
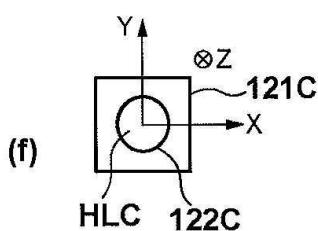
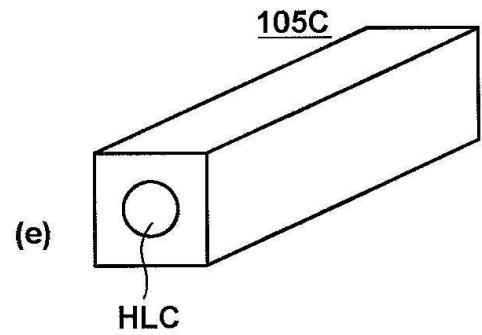
106



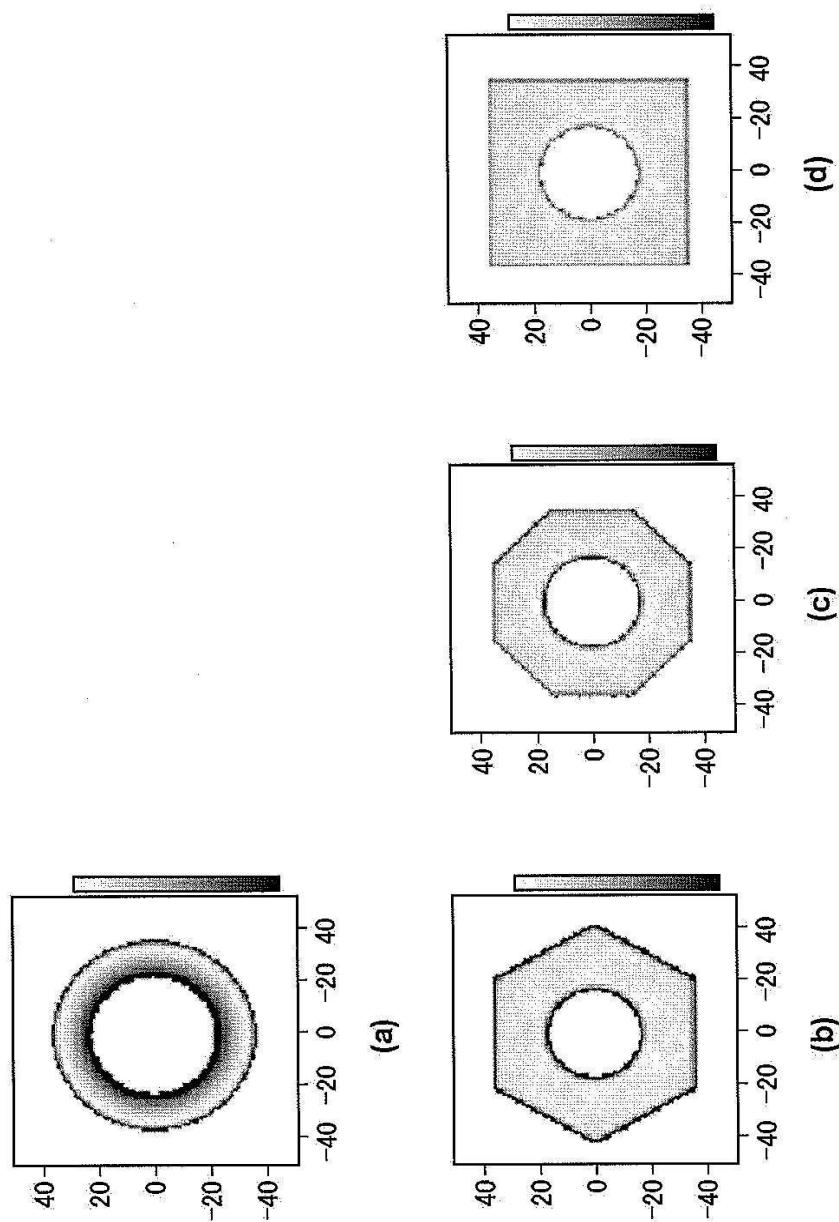
도면6

21

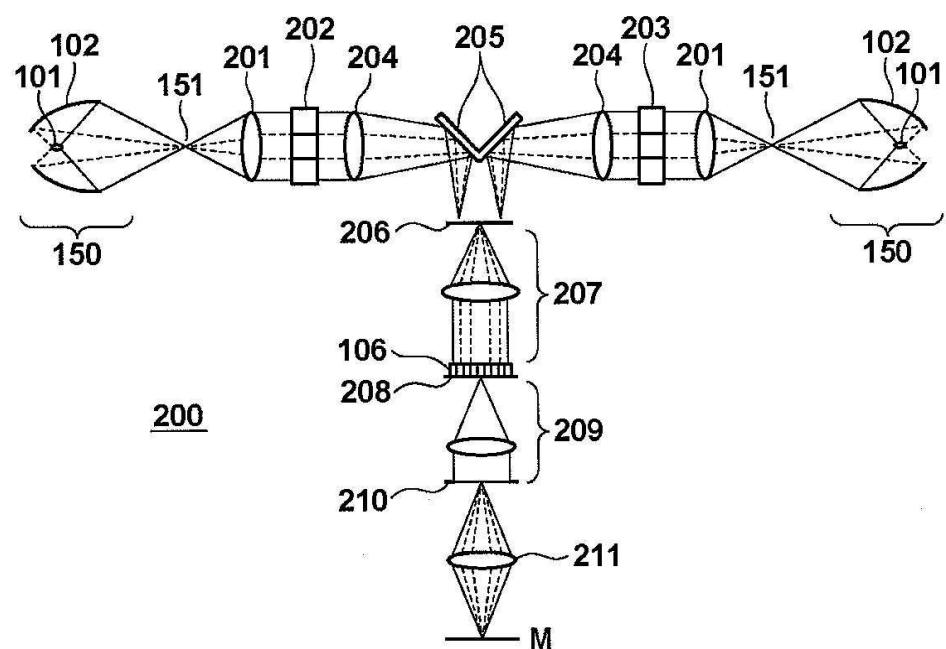
도면7

105A105B105C

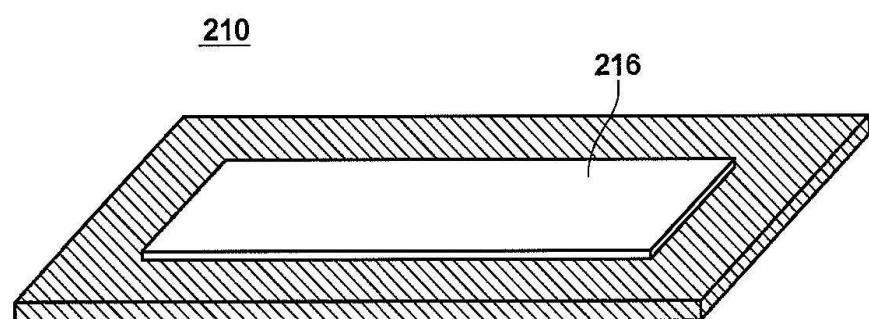
도면8



도면9

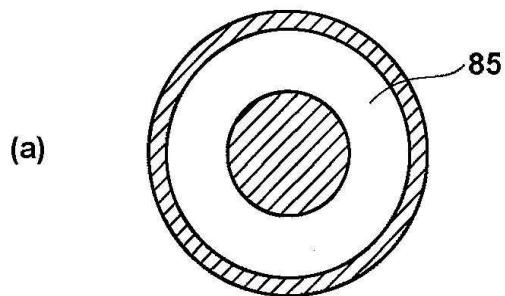


도면10

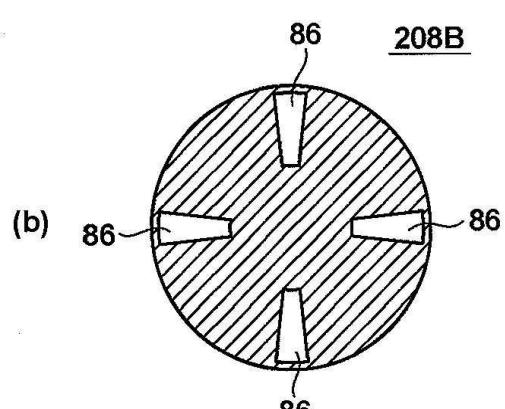


도면11

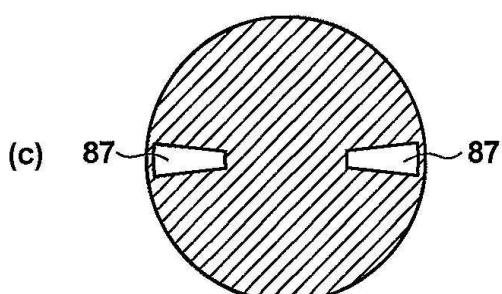
208A



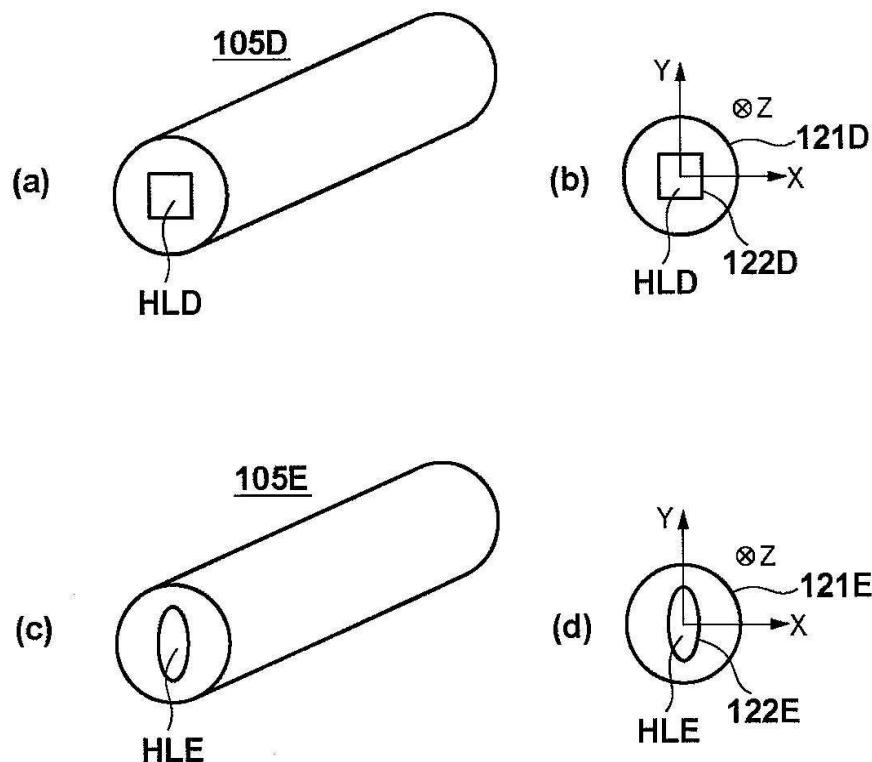
208B



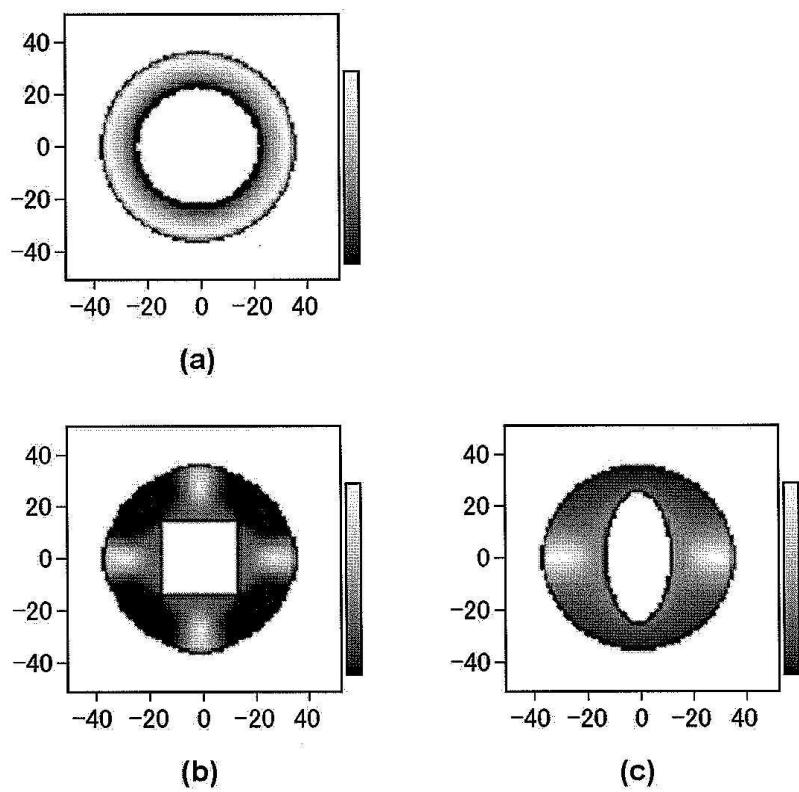
208C



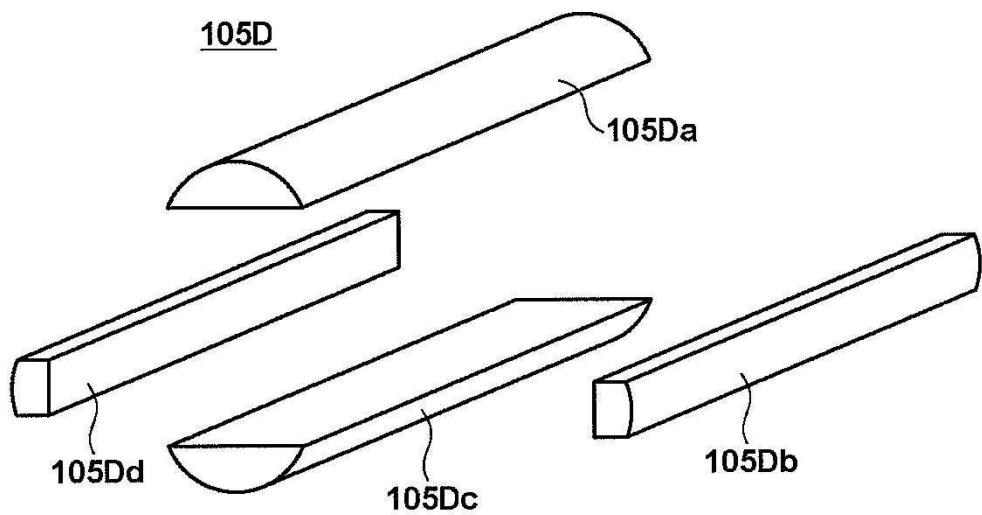
도면12



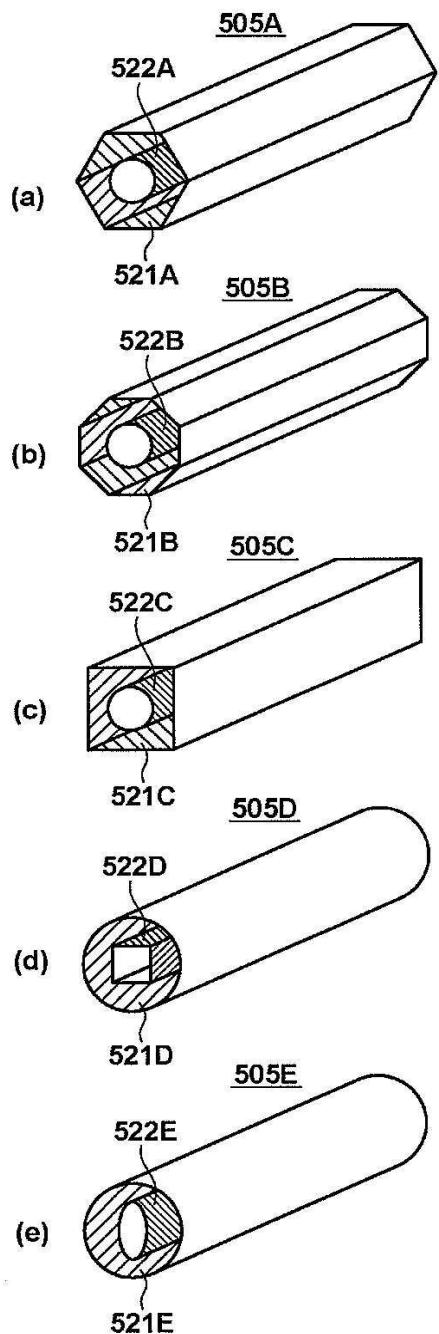
도면13



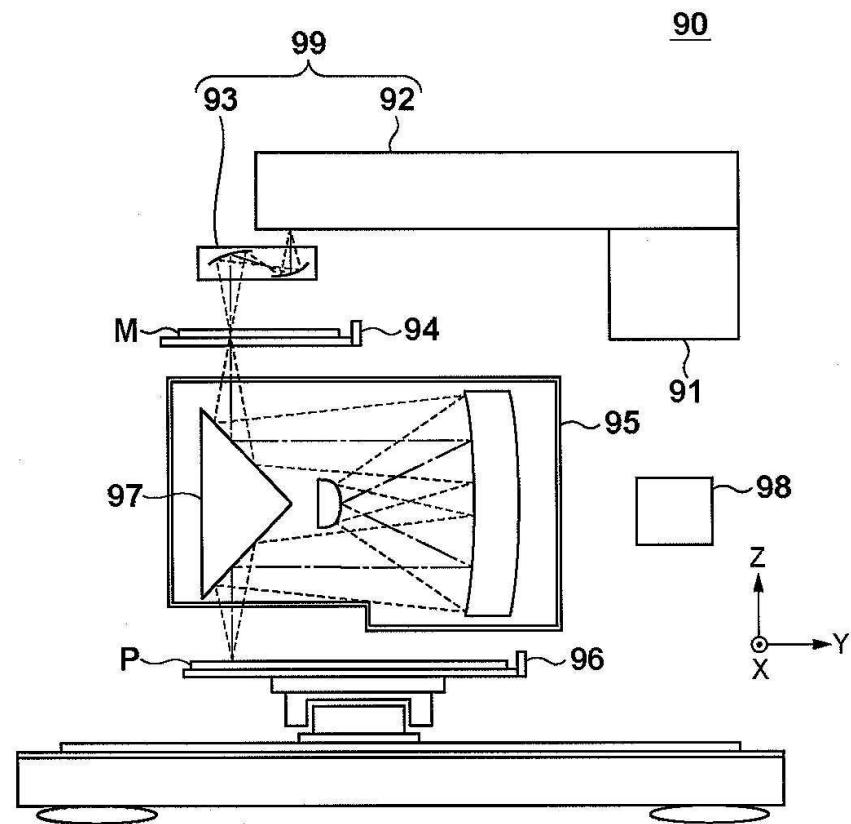
도면14



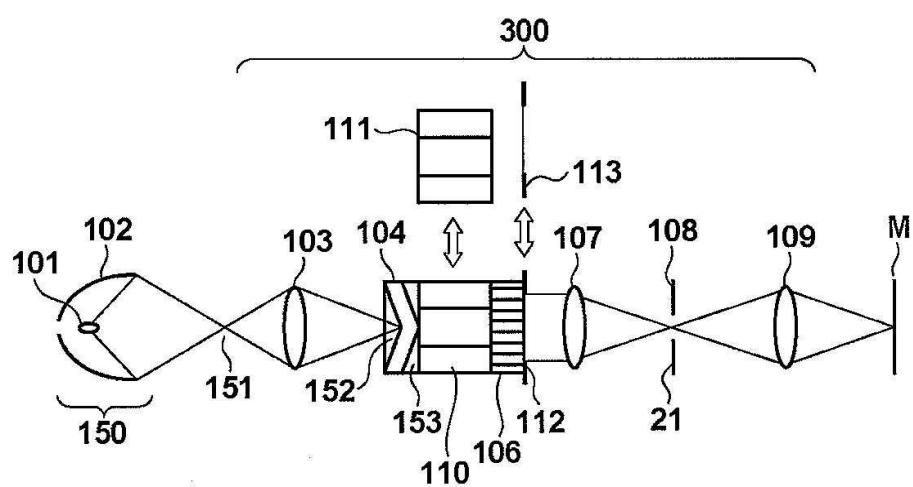
도면15



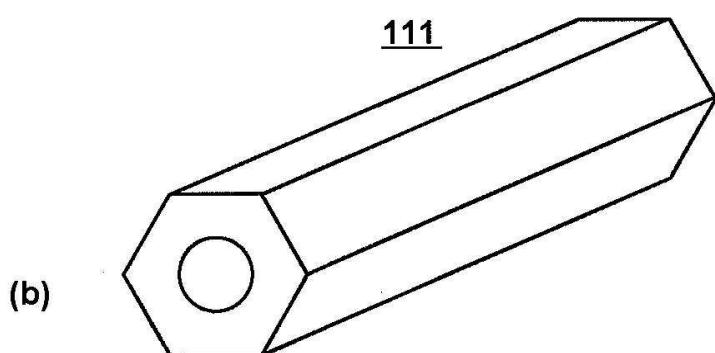
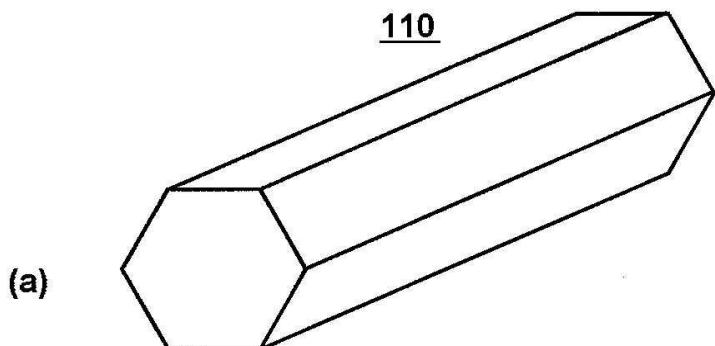
## 도면16



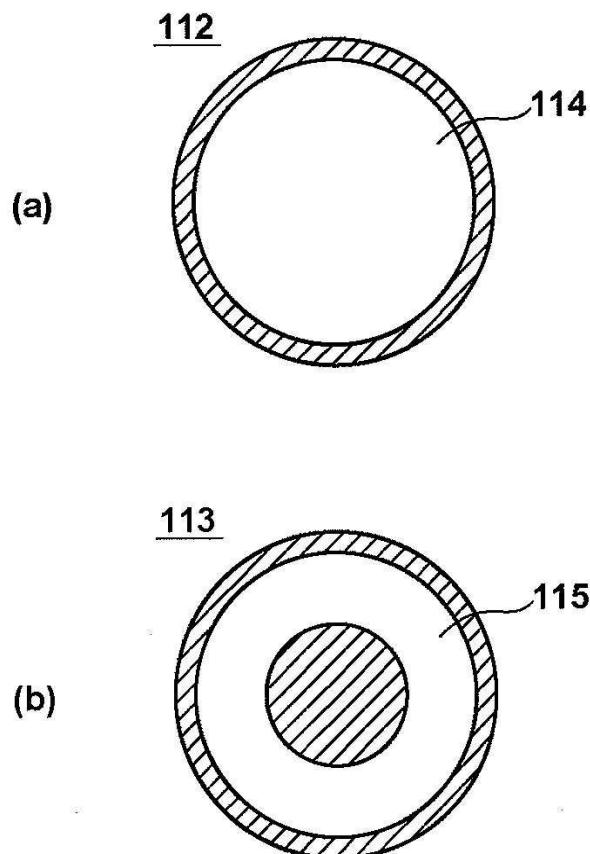
### 도면17



도면18



도면19



【심사관 직권보정사항】

【직권보정 1】

【보정항목】 청구범위

【보정세부항목】 제8항

【변경전】

제1항 내지 제7항 중 어느 한 항

【변경후】

제1항 내지 제3항, 제5항, 및 제7항 중 어느 한 항