



(19) 대한민국특허청(KR)  
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2017-0018113  
(43) 공개일자 2017년02월15일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)  
H01L 21/027 (2006.01) G03B 27/42 (2006.01)  
G03F 7/20 (2006.01)  
(52) CPC특허분류  
H01L 21/0274 (2013.01)  
G03B 27/42 (2013.01)  
(21) 출원번호 10-2017-7003484(분할)  
(22) 출원일자(국제) 2004년03월30일  
심사청구일자 없음  
(62) 원출원 특허 10-2015-7005285  
원출원일자(국제) 2004년03월30일  
심사청구일자 2015년03월25일  
(85) 번역문제출일자 2017년02월08일  
(86) 국제출원번호 PCT/JP2004/004522  
(87) 국제공개번호 WO 2004/090952  
국제공개일자 2004년10월21일  
(30) 우선권주장  
JP-P-2003-105920 2003년04월09일 일본(JP)  
(뒷면에 계속)

(71) 출원인  
가부시키가이샤 니콘  
일본국 도쿄도 미나토구 고난 2초메 15반 3고  
(72) 발명자  
구도 다케히토  
일본 도쿄도 지요다쿠 마루노우치 3초메 2방 3고  
가부시키가이샤 니콘 지테크자이산부 나이  
히루카와 시게루  
일본 도쿄도 지요다쿠 마루노우치 3초메 2방 3고  
가부시키가이샤 니콘 지테크자이산부 나이  
(74) 대리인  
특허법인코리아나

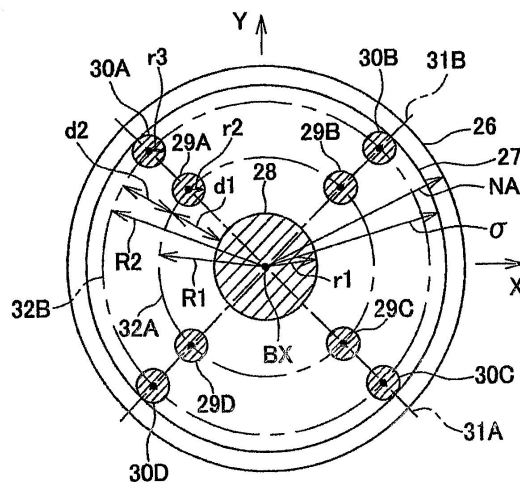
전체 청구항 수 : 총 1 항

(54) 발명의 명칭 노광 방법 및 장치, 그리고 디바이스 제조 방법

(57) 요약

여러 피치의 패턴을 동시에 각각 고해상도로 전사할 수 있는 노광 방법 및 장치이다. 조명 광학계의 동공면 상에서의 광량 분포를, 광축(BX)을 포함하는 제 1 영역(28)과, 이 제 1 영역(28)을 둘러싸는 제 1 원주(32A)를 따라 배치되어 각각 그 제 1 영역보다 작은 4개의 제 2 영역(29A~29D)과, 제 1 원주(32A)를 둘러싸는 제 2 원주(32B)를 따라 배치되어 각각 그 제 1 영역보다 작은 4개의 제 3 영역(30A~30D)으로 이루어지는 9개의 영역에서 거의 일정 광량이 되고, 그 이외의 영역에서 그보다 작아지도록 설정한다. 이 광량 분포는 회절 광학 소자 또는 개구 조리개 등에 의해 설정한다.

대표도 - 도3



(52) CPC특허분류

*G03F 7/2006* (2013.01)  
*G03F 7/70091* (2013.01)  
*G03F 7/701* (2013.01)  
*G03F 7/70108* (2013.01)  
*G03F 7/70158* (2013.01)  
*G03F 7/70191* (2013.01)  
*G03F 7/70566* (2013.01)

(30) 우선권주장

JP-P-2003-299628	2003년08월25일	일본(JP)
JP-P-2003-307806	2003년08월29일	일본(JP)
JP-P-2003-329194	2003년09월19일	일본(JP)
JP-P-2003-329309	2003년09월22일	일본(JP)

## 명세서

### 청구범위

#### 청구항 1

본원 발명의 설명에 기재된 발명.

### 발명의 설명

#### 기술 분야

- [0001] 본 발명은 예를 들어 반도체 소자, 액정 표시 소자, 또는 박막 자기 헤드 등의 각종 디바이스를 제조하기 위한 리소그래피 공정에서 마스크 패턴을 웨이퍼 등의 기판 상에 전사하기 위해서 사용되는 노광 기술에 관한 것으로, 더욱 상세하게는 이른바 변형 조명에 관련된 조명 기술을 사용하는 노광 기술에 관한 것이다. 또한 본 발명은 그 노광 기술을 사용하는 디바이스 제조 기술에 관한 것이다.

#### 배경 기술

- [0002] 반도체 소자 (또는 액정 표시 소자 등) 를 제조하기 위한 리소그래피 공정에서, 마스크로서의 레티클 (또는 포토마스크 등) 의 패턴을 피노광 기판으로서의 웨이퍼 (또는 유리 플레이트 등) 상에 전사하기 위해서, 스텝 앤드 리피트 방식과 같은 일괄 노광 방식, 또는 스텝 앤드 스캔 방식과 같은 주사 노광 방식의 투영 노광 장치가 사용되고 있다. 이 종류의 투영 노광 장치에서는 여러 패턴을 각각 고해상도로 웨이퍼 상에 전사하는 것이 요망되고 있다.
- [0003] 전사 대상의 패턴 중, 특히 미세하고 높은 해상도가 요구되는 패턴이 이른바 컨택트 홀이다. 컨택트 홀에는 소정 형상의 복수의 개구가 소정 미세한 피치로 배열된 밀집 컨택트 홀과, 실질적으로 단독 개구로 이루어지는 고립 컨택트 홀이 있다. 전자의 밀집 컨택트 홀의 패턴을 고해상도로 웨이퍼 상에 전사하기 위해서는, 조명계의 동공면 (瞳面) 에 있어서, 광축에 대하여 편심된 1개 또는 복수의 영역 (특히 4개의 영역) 에서 조명광의 광량을 크게 하는 이른바 변형 조명 방식 (변형 광원 방식) 이 유효하다 (예를 들어, 일본 공개특허공보 평5-67558호 (대응하는 미국특허 제6,094,305호) 및 일본 공개특허공보 2001-176766호 (대응하는 미국특허 제 6,563,567호) 참조).
- [0004] 한편, 후자의 고립 컨택트 홀의 패턴을 고해상도로 웨이퍼 상에 전사하기 위해서는, 조명계의 동공면에 있어서, 광축을 중심으로 하는 하나의 비교적 작은 원형 영역에서 조명광의 광량을 크게 하는 조명 방식, 즉 조명계의 코히어런스 팩터인  $\sigma$  값을 비교적 작게 하는 조명 방식 (이하, 설명의 편의상, 「소 $\sigma$  조명 방식」 이라고 부른다.) 이 유효하다고 알려져 있다.

### 발명의 내용

#### 해결하려는 과제

- [0005] 상기 기술한 바와 같이, 미세 피치의 밀집 컨택트 홀 및 고립 컨택트 홀의 패턴은 각각 변형 조명 방식 및 소 $\sigma$  조명 방식에 의해서 고해상도로 웨이퍼 상에 전사할 수 있다. 이에 관해서, 최근, 예를 들어 반도체 소자의 제조에 있어서는 실질적으로 고립 컨택트 홀이라고 간주할 수 있는 큰 피치로 배열된 컨택트 홀부터 미세 피치의 밀집 컨택트 홀까지를 포함하는 여러 피치의 컨택트 홀의 패턴이 형성된 1장의 레티클 패턴을, 1회의 노광으로 웨이퍼 상에 전사하는 것도 요구되고 있다.
- [0006] 그러나, 이를 위하여 변형 조명 방식을 사용한 경우에는 큰 피치의 컨택트 홀의 해상도가 충분하지 않고, 반대로 소 $\sigma$  조명 방식을 사용한 경우에는 미세 피치의 밀집 컨택트 홀의 해상도가 충분하지 않다는 문제가 생긴다.
- [0007] 또한, 최근, 예를 들어 반도체 소자의 제조에 있어서는, 일 방향으로 미세 피치로 배치됨과 함께 그것에 직교하는 방향으로 실질적으로 고립 패턴이라고 간주할 수 있는 이른바 일 방향 밀집 컨택트 홀의 패턴을 웨이퍼 상에 고해상도로 전사하는 것도 요구되고 있다.
- [0008] 그러나, 이를 위하여 종래의 변형 조명 방식을 사용한 경우에는 고립 패턴이라고 간주할 수 있는 방향의 해상도

가 충분하지 않고, 반대로 소  $\sigma$  조명 방식을 사용한 경우에는 미세 피치로 배열된 방향의 해상도가 충분하지 않다는 문제가 생긴다.

[0009] 본 발명은 이러한 점을 감안하여, 여러 피치의 패턴을 동시에 각각 고해상도로 전사할 수 있는 노광 기술을 제공하는 것을 제 1 목적으로 한다.

[0010] 또한, 본 발명은 일 방향으로 주기적으로 배열되어, 그것에 직교하는 방향으로 실질적으로 고립적인 패턴 (일 방향 밀집 패턴) 을 고해상도로 전사할 수 있는 노광 기술을 제공하는 것을 제 2 목적으로 한다.

[0011] 또한, 본 발명은 그 노광 기술을 사용하여, 여러 패턴을 포함하는 디바이스, 또는 일 방향 밀집 패턴을 포함하는 디바이스를 고정밀도 또한 높은 스루풋으로 제조할 수 있는 디바이스 제조 기술을 제공하는 것을 제 3 목적으로 한다.

### 과제의 해결 수단

[0012] 본 발명에 의한 제 1 노광 방법은 조명계 (12) 로부터의 광속 (光束) 으로 마스크 (R) 를 조명하고, 그 광속으로 그 마스크 및 투영계 (PL) 를 통해 기관 (W) 을 노광하는 노광 방법에 있어서, 그 조명계에 관한 소정 면 (Q1; Q3) 에 있어서의 그 광속의 광량 분포를, 외측의 윤곽이 그 조명계의 광축 (BX) 을 포함하는 제 1 영역 (28; 28R) 과, 이 제 1 영역을 둘러싸도록 배치됨과 함께 각각 그 제 1 영역보다 작은 8개의 영역 (29A~29D, 30A~30D) 을 포함하는 9개의 영역에서의 광량이 그 이외의 영역에서의 광량보다 커지도록 설정한 것이다.

[0013] 이러한 본 발명에 의하면, 그 제 1 영역을 통과하는 광속에 의해서, 피치가 크고 실질적으로 고립 컨택트 홀이라고 간주할 수 있는 패턴이 고해상도로 전사되어, 그것을 둘러싸는 8개의 영역을 통과하는 광속에 의해서, 중간 정도 피치의 패턴으로부터 밀집 컨택트 홀과 같은 미세한 피치의 패턴을 포함하는 패턴이 고해상도로 전사된다. 따라서, 여러 피치의 패턴을 동시에 각각 고해상도로 전사할 수 있다.

[0014] 이 경우, 그 중심의 제 1 영역은 고리띠 (輪帶) 형상의 영역 (28R) 인 것이 바람직하다. 이와 같이 제 1 영역에서 고리띠 형상의 조명을 행함으로써, 해상도 및 초점 심도를 더욱 개선할 수 있는 경우가 있다. 또한, 그 중심의 제 1 영역과, 그것을 둘러싸는 주변의 영역에서 광량 (예를 들어 단위 면적당 강도) 을 상이하게 해도 된다.

[0015] 또한, 일례로서, 그 소정 면은 그 조명계의 동공면 (Q1) 이고, 그 소정 면에서의 광량이 그 이외의 영역에서의 광량보다 큰 9개의 영역은, 그 제 1 영역 (28) 과, 이 제 1 영역을 둘러싸는 제 1 원주 (32A) 를 따라 배치되어 각각 그 제 1 영역보다 작은 4개의 제 2 영역 (29A~29D) 과, 그 제 1 원주를 둘러싸는 제 2 원주 (32B) 를 따라 배치되어 각각 그 제 1 영역보다 작은 4개의 제 3 영역 (30A~30D) 으로 이루어지는 것이다.

[0016] 이 구성에 의하면, 그 제 2 영역을 통과하는 광속에 의해서 중간 정도 피치의 패턴이 고해상도로 전사되고, 그 제 3 영역을 통과하는 광속에 의해서 미세한 피치의 패턴이 고해상도로 전사된다.

[0017] 또한, 그 제 1 영역 (28), 2개의 그 제 2 영역 (29A, 29C), 및 2개의 그 제 3 영역 (30A, 30C) 이 그 조명계의 광축 (BX) 을 지나는 제 1 직선 (31A) 을 따라 배치되고, 그 제 1 영역, 다른 2개의 그 제 2 영역 (29B, 29D), 및 다른 2개의 그 제 3 영역 (30B, 30D) 이 그 조명계의 광축을 지나서 그 제 1 직선에 직교하는 제 2 직선 (31B) 을 따라 배치되는 것이 바람직하다.

[0018] 통상의 전사 대상의 패턴은 직교하는 2방향 (이 일방을 「패턴의 배치 방향」 이라고 부른다) 을 따라 2차원적으로 배치되어 있다. 그래서, 그 제 1 직선 (또는 그 제 2 직선) 의 방향을 그 패턴의 배치 방향에 대하여 교차시킴 (바람직하게는 45° 로 교차시킨다) 으으로써, 그 2차원적으로 배치된 여러 피치의 패턴을 각각 고해상으로 전사할 수 있다.

[0019] 또한, 그 제 1 영역을 원형으로 하였을 때의 반경 (r1), 그리고 그 제 2 영역 및 그 제 3 영역을 원형으로 하였을 때의 반경 (r2, r3) 은 그 조명계의 최대  $\sigma$  값 (이것을  $\sigma$  로 한다) 을 기준으로 하여 다음 범위로 설정되는 것이 바람직하다. 또, 그 제 1 영역, 제 2 영역, 제 3 영역을 정사각형, 정육각형, 또는 원형의 4분의 1의 형상 등, 원형과 상이한 형상으로 설정한 경우에도, 그 면적은 그 원형의 경우의 면적과 같은 것이 바람직하다. 또, 그 제 1 영역이 고리띠 형상인 경우에는 그 외측의 반경 (r1) 이 (1) 식의 범위로 설정되는 것이 바람직하다.

[0020]  $0.2\sigma \leq r1 \leq 0.4\sigma \quad \dots(1)$

- [0021]  $0.75\sigma \leq r2 \leq 0.2\sigma \quad \dots(2)$
- [0022]  $0.75\sigma \leq r3 \leq 0.2\sigma \quad \dots(3)$
- [0023] 각 영역이 (1) 식, (2) 식, (3) 식의 하한치보다 작아지면, 여러 피치의 패턴 중에 해상도가 저하되는 것이 생길 우려가 있다. 한편, 각 영역이 (1) 식, (2) 식, (3) 식의 상한치보다 커지면, 통상의 조명 방식에 가까워지기 때문에, 미세한 피치의 패턴에 대한 해상도가 저하될 우려가 있다.
- [0024] 다음으로, 본 발명에 의한 제 2 노광 방법은 조명계 (12)로부터의 광속으로 마스크 (R)를 조명하고, 그 광속으로 그 마스크 및 투영계 (PL)를 통해 기관 (W)을 노광하는 노광 방법에 있어서, 그 조명계에 관한 소정 면 (Q1; Q3)에 있어서의 그 광속의 광량 분포를, 외측의 윤곽이 그 조명계의 광축 (BX)을 포함하는 고리띠 형상의 제 1 영역 (33R)과, 이 제 1 영역을 둘러싸도록 배치됨과 함께 각각 그 제 1 영역보다 작은 4개의 영역 (34A~34D)을 포함하는 5개의 영역에서의 광량이 그 이외의 영역에서의 광량보다 커지도록 설정한 것이다.
- [0025] 이러한 본 발명에 의하면, 그 고리띠 형상의 제 1 영역을 통과하는 광속에 의해서, 피치가 크고 실질적으로 고립 컨택트 홀이라고 간주할 수 있는 패턴이 고해상도로 전사되어, 그것을 둘러싸는 4개의 영역을 통과하는 광속에 의해서, 밀집 컨택트 홀과 같은 미세 피치의 패턴이 고해상도로 전사된다. 따라서, 여러 피치의 패턴을 동시에 각각 고해상도로 전사할 수 있다.
- [0026] 또한, 일례로서, 그 소정 면은 그 조명계의 동공면 (Q1)이고, 그 소정 면에서의 광량이 그 이외의 영역에서의 광량보다 큰 5개의 영역은, 그 제 1 영역 (33R)과, 이 제 1 영역을 둘러싸는 원주 (35)를 따라 실질적으로 90° 간격으로 배치되어 각각 그 제 1 영역보다 작은 4개의 제 2 영역 (34A~34D)으로 이루어지는 것이다.
- [0027] 이 구성에 의하면, 그 제 2 영역을 통과하는 광속에 의해서 미세 피치의 패턴이 고해상도로 전사된다. 통상의 전사 대상의 패턴은 직교하는 2방향 (이 일방을 「패턴의 배치 방향」이라고 부른다)을 따라 2차원적으로 배치되어 있다. 그래서, 그 제 2 영역이 배열되어 있는 방향을 그 패턴의 배치 방향에 대하여 교차시킴 (바람직하게는 45°로 교차시킨다)으로써, 그 2차원적으로 배치된 여러 피치의 패턴을 각각 고해상도로 전사할 수 있다.
- [0028] 또한, 그 제 1 영역을 윤곽이 원형인 고리띠 형상으로 하였을 때의 외측의 반경 (r1), 및 그 제 2 영역을 원형으로 하였을 때의 반경 (r2)은 그 조명계의 최대  $\sigma$  값 (이것을  $\sigma$ 로 한다)을 기준으로 하여, 상기 (1) 식 및 (2) 식의 범위 내로 설정되는 것이 바람직하다. 그럼으로써, 여러 피치의 패턴을 고해상도로 전사할 수 있다.
- [0029] 이들의 본 발명에 있어서, 그 소정 면 상에서 그 조명계의 광축 외에 배치되는 그 광량이 큰 각 영역에서 발생하는 광속은 직선 편광이어도 된다. 이 경우, 그 소정 면 상에 있어서의 그 광속의 편광 방향은 실질적으로 접선 방향과 일치하고 있어도 된다 (즉, 그 광속은 S 편광이어도 된다).
- [0030] 다음으로, 본 발명에 의한 제 3 노광 방법은 조명계 (12)로부터의 광속으로 마스크 (R1)를 조명하고, 그 광속으로 그 마스크 및 투영계 (PL)를 통해 기관 (W)을 노광하는 노광 방법에 있어서, 그 조명계에 관한 소정 면 (Q1; Q3)에 있어서의 그 광속의 광량 분포를, 서로 떨어진 3개의 영역 (54, 55A, 55B; 62, 63A, 63B)에 있어서의 광량이 그 이외의 영역에서의 광량보다 커지도록 설정한 것이다.
- [0031] 이러한 본 발명에 의하면, 그 마스크에 일 방향 밀집 패턴 (52, 53)이 형성되어 있는 경우, 그 3개의 영역의 중앙 영역을 통과하는 광속에 의해서, 그 패턴이 독립적인 방향으로 고해상도로 전사되어, 그 중앙 영역을 사이에 두는 2개의 영역을 통과하는 광속에 의해서, 그 패턴이 주기적으로 배열되어 있는 방향으로 고해상도로 전사된다.
- [0032] 이 경우, 그 광량이 큰 3개의 영역은 그 조명계의 광축 근방의 제 1 영역 (54; 62)과, 그 광축을 지나가는 직선을 따라 그 제 1 영역을 사이에 두도록 배치된 제 2 영역 (55A; 63A) 및 제 3 영역 (55B; 63B)을 포함하는 것이 바람직하다. 또는 그 광량이 큰 3개의 영역은 그 조명계의 광축 근방의 제 1 영역 (54; 62)과, 그 광축으로부터 거의 등거리에 배치되는 제 2 및 제 3 영역 (55A, 55B; 63A, 63B)을 포함하는 것이어도 된다.
- [0033] 이들의 구성에 있어서, 그 3개의 영역이 배열되어 있는 방향을 그 일 방향 밀집 패턴이 주기적으로 배열되어 있는 방향에 대응시킴 (평행하게 한다)으로써, 그 일 방향 밀집 패턴을 독립적인 방향 및 주기적인 방향의 2방향으로 고해상도로 전사할 수 있다.
- [0034] 바꿔 말하면, 그 마스크에 형성된 패턴이, 소정 제 1 축 (X축)을 따라 주기적으로 배치됨과 함께 그 제 1 축에

직교하는 제 2 축 (Y축) 방향으로 실질적으로 고립되어 있는 일 방향 밀집 패턴 (52, 53) 을 포함하는 경우, 그 광량이 큰 3개의 영역은 그 제 1 축에 평행한 방향으로 떨어져 배치되는 것이 바람직하다. 그럼으로써, 그 일 방향 밀집 패턴을 그 제 1 축 및 제 2 축을 따른 방향으로 각각 고해상도로 전사할 수 있다. 또한, 그 광량이 큰 3개의 영역은 그 조명계의 광축을 지나서 그 제 1 축에 평행한 직선을 따라 배치되는 것이 보다 바람직하다.

[0035] 또한, 그 광량이 큰 3개의 영역 중 중앙 영역은, 그 중앙부에서의 광량이 다른 부분에 있어서의 광량보다 작게 설정되는 것이 바람직하다. 그럼으로써, 그 패턴이 고립적인 방향의 해상도를 높일 수 있고, 초점 심도도 넓어진다.

[0036] 이 경우, 그 중앙 영역은 일례로서 대략 고리띠 형상의 영역 (54) 이다. 또한, 그 중앙 영역은 별도의 예로서 서로 떨어진 복수의 영역 (54A1, 54A2) 으로 이루어지는 것이다. 그 중앙 영역에서 서로 떨어진 복수의 영역은 일례로서 그 소정 면 상에서 그 조명계의 광축을 지나는 소정 직선을 따라 배치된다. 그리고, 그 중앙 영역에서 서로 떨어진 복수의 영역은 별도의 예로서 그 중앙 영역의 크기에 따라서 그 배열 방향이 결정된다.

[0037] 또한, 그 3개의 영역은 일례로서 윤곽이 서로 거의 같은 크기의 영역이다. 또한, 그 광량이 큰 3개의 영역의 크기는 각각 그 조명계의 최대  $\sigma$  값의 0.1배로부터 0.2배에 상당하는 것이 바람직하다. 그럼으로써, 본 발명자의 시뮬레이션에 의하면 깊은 초점 심도가 얻어진다.

[0038] 또한, 그 광량이 큰 3개의 영역 중 그 제 1 축에 평행한 방향에 관해서 양단에 배치되는 2개의 영역 (63A, 63B) 은 각각 길이 방향이 그 제 2 축에 평행한 방향과 거의 일치하고 있는 형상이어도 된다. 그럼으로써, 일 방향 밀집 패턴에 대한 해상도를 높임과 함께, 광량의 저하를 억제할 수 있다.

[0039] 또, 그 광량이 큰 3개의 영역 중 중앙 영역 (62A) 은 길이 방향이 그 제 1 축에 평행한 방향과 거의 일치하는 형상이어도 된다.

[0040] 또한, 그 광량이 큰 3개의 영역 중 중앙 영역에서 발생하는 광속은, 편광 방향이 그 제 2 축에 평행한 방향과 거의 일치하는 직선 편광이어도 된다.

[0041] 또한, 그 광량이 큰 3개의 영역 중 중앙 영역에서 발생하는 광속과 다른 2개의 영역에서 발생하는 광속은, 서로 편광 상태가 상이해도 된다. 이 경우, 그 중앙 영역 (62A) 에서 발생하는 광속과 그 2개의 영역 (63A, 63B) 에서 발생하는 광속은, 편광 방향이 거의 직교하고 있다.

[0042] 또한, 그 광량이 큰 3개의 영역 중 중앙 영역과 다른 2개의 영역은, 서로 크기가 상이해도 된다.

[0043] 또한, 그 광량이 큰 3개의 영역 중 중앙 영역을 제외한 다른 2개의 영역에서 발생하는 광속은 각각 직선 편광이어도 된다. 이 경우, 일례로서, 그 소정 면 상에서 다른 2개의 영역에 분포하는 광속은 각각 편광 방향이 접선 방향과 거의 일치하고 있다 (즉, 그 광속은 S 편광이다).

[0044] 또한, 그 소정 면은 일례로서 그 조명계의 동공면이다. 그리고, 그 소정 면의 다른 예는 그 조명계 중의 그 동공면에 대한 공역면 (共役面), 또는 투영계의 동공면 (또는 이 공역면) 이다. 이들의 경우에, 가장 높은 해상도가 얻어진다.

[0045] 다음으로, 본 발명에 의한 제 1 노광 장치는 광속으로 마스크 (R) 를 조명하는 조명계 (12) 와, 그 마스크로부터의 그 광속으로 기관 (W) 을 노광하는 투영계 (PL) 를 갖는 노광 장치에 있어서, 그 조명계에 관한 소정 면 (Q1; Q3) 에 있어서의 그 광속의 광량 분포를, 외측의 윤곽이 그 조명계의 광축 (BX) 을 포함하는 제 1 영역 (28; 28R) 과, 이 제 1 영역을 둘러싸도록 배치됨과 함께 각각 그 제 1 영역보다 작은 8개의 영역 (29A~29D, 30A~30D) 을 포함하는 9개의 영역에서의 광량이 그 이외의 영역에서의 광량보다 커지도록 설정하는 광학 부재 (21; 42) 를 갖는 것이다.

[0046] 이러한 본 발명에 의하면, 그 광학 부재에 의해서, 여러 피치의 패턴을 동시에 각각 고해상도로 전사할 수 있다.

[0047] 이 경우, 더욱 해상도 및 초점 심도를 개선하기 위해서는 그 중심의 제 1 영역은 고리띠 형상의 영역 (28R) 인 것이 바람직하다.

[0048] 또한, 일례로서, 그 소정 면은 그 조명계의 동공면 (Q1) 이고, 그 소정 면에서의 광량이 그 이외의 영역에서의 광량보다 큰 9개의 영역은, 그 제 1 영역 (29) 과, 이 제 1 영역을 둘러싸는 제 1 원주 (32A) 를 따라 배치되어



각각 그 제 1 영역보다 작은 4개의 제 2 영역 (29A~29D) 과, 그 제 1 원주를 둘러싸는 제 2 원주 (32B) 를 따라 배치되어 각각 그 제 1 영역보다 작은 4개의 제 3 영역 (30A~30D) 으로 이루어지는 것이다.

[0049] 또한, 그 제 1 영역 (28), 2개의 그 제 2 영역 (29A, 29C), 및 2개의 그 제 3 영역 (30A, 30C) 이 그 조명계의 광축 (BX) 을 지나는 제 1 직선 (31A) 을 따라 배치되고, 그 제 1 영역, 다른 2개의 그 제 2 영역 (29B, 29D), 및 다른 2개의 그 제 3 영역 (30B, 30D) 이 그 조명계의 광축을 지나서 그 제 1 직선에 직교하는 제 2 직선 (31B) 을 따라 배치되는 것이 바람직하다.

[0050] 이 경우의 각 영역의 크기도 (1) 식~(3) 식의 조건을 만족하는 것이 바람직하다.

[0051] 다음으로, 본 발명의 제 2 노광 장치는 광속으로 마스크 (R) 를 조명하는 조명계 (12) 와, 그 마스크로부터의 그 광속으로 기관 (W) 을 노광하는 투영계 (PL) 를 갖는 노광 장치에 있어서, 그 조명계에 관한 소정 면 (Q1; Q3) 에 있어서의 그 광속의 광량 분포를, 외측의 윤곽이 그 조명계의 광축 (BX) 을 포함하는 고리띠 형상의 제 1 영역 (33R) 과, 이 제 1 영역을 둘러싸도록 배치됨과 함께 각각 그 제 1 영역보다 작은 4개의 영역 (34A~34D) 을 포함하는 5개의 영역에서의 광량이 그 이외의 영역에서의 광량보다 커지도록 설정하는 광학 부재 (21; 42) 를 갖는 것이다.

[0052] 이러한 본 발명에 의하면, 그 광학 부재에 의해서, 여러 피치의 패턴을 동시에 각각 고해상도로 전사할 수 있다.

[0053] 또한, 일례로서, 그 소정 면은 그 조명계의 동공면 (Q1) 이고, 그 소정 면에서의 광량이 그 이외의 영역에서의 광량보다 큰 5개의 영역은, 그 제 1 영역 (33R) 과, 이 제 1 영역을 둘러싸는 원주 (35) 를 따라 배치되어 각각 그 제 1 영역보다 작은 4개의 제 2 영역 (34A~34D) 으로 이루어지는 것이다.

[0054] 이 경우의 각 영역의 크기도 (1) 식, (2) 식의 조건을 만족하는 것이 바람직하다.

[0055] 또한, 일례로서, 그 조명계는 그 광속이 조사되는 그 마스크 상의 조명 영역 내에서의 조도를 거의 균일하게 하는 옵티컬·인테그레이터 (5) 를 포함하고, 그 광학 부재는 그 조명계 내에서 그 옵티컬·인테그레이터의 입사면측에 배치됨과 함께, 그 광속을 복수 방향으로 회절하는 회절 광학 소자 (21) 이다. 특히 위상형의 회절 광학 소자를 사용함으로써, 광속에 대하여 높은 이용 효율이 얻어진다.

[0056] 또한, 별도의 예로서, 그 조명계는 그 광속이 조사되는 그 마스크 상의 조명 영역 내에서의 조도를 거의 균일하게 하는 옵티컬·인테그레이터 (5) 를 포함하고, 그 광학 부재는 그 소정 면 또는 그 공액면에 배치됨과 함께, 그 소정 면 상에서 광량이 높아지는 영역을 규정하는 개구 조리개 (42) 를 포함하는 것이다. 개구 조리개는 구조가 간단하여 용이하게 원하는 광량 분포를 설정할 수 있다.

[0057] 또한, 그 광학 부재는 그 복수의 영역에서 광량이 높아지는 광량 분포를 포함하는 서로 다른 복수의 광량 분포를 설정할 수 있는 것이 바람직하다. 그럼으로써, 여러 패턴을 각각 최적의 조명 조건으로 노광할 수 있다.

[0058] 본 발명의 노광 장치에 있어서도, 그 소정 면 상에서 그 조명계의 광축 외에 배치되는 그 광량이 큰 각 영역에서 발생하는 광속은 직선 편광이어도 된다. 이 경우, 그 소정 면 상에 있어서의 그 광속의 편광 방향은 실질적으로 접선 방향과 일치하고 있어도 된다 (즉, 그 광속은 S 편광이어도 된다).

[0059] 또한, 일례로서, 그 광학 부재는 그 소정 면 상의 상이한 영역에 각각 분포하는 광속을 생성하는 편향 부재를 포함하고, 그 조명계 내에서 그 편향 부재로부터 발생하는 광속의 편광 상태를 설정하는 편광 설정 부재를 추가로 구비해도 된다.

[0060] 그 편향 부재의 일례는 그 조명계의 광로 상에서 복수 방향으로 회절광을 발생하는 회절 광학 소자 (21) 이다.

[0061] 또한, 그 광학 부재는 그 편향 부재의 사출측에 배치되어, 그 소정 면 상에 있어서의 그 광축 외의 각 영역과 그 조명계의 광축과의 위치 관계를 가변으로 하는 가동 부재 (71, 72) 를 포함하고, 그 편광 설정 부재는 그 편향 부재와 그 가동 부재 사이에 배치되어도 된다.

[0062] 또한, 그 가동 부재는 그 소정 면 상에서 그 제 1 영역을 제외하는 그 광축 외의 복수의 영역을 포함하는 소정 영역에 분포하는 광속을 지나는 사면 (71b) 을 갖고, 그 조명계의 광축을 따라 이동하는 1개 이상의 가동 프리즘 (71) 을 포함하는 것이어도 된다.

[0063] 또한, 그 광학 부재는 그 제 1 영역을 둘러싸는 그 광량이 그 이외의 영역에서의 광량보다 커지는 복수의 영역의 위치를 가변으로 하는 1개 이상의 가동 프리즘 (71, 72) 을 포함하는 것이어도 된다. 그 가동 프리즘은

일례로서 그 소정 면 상에서 그 제 1 영역을 제외하는 그 광축 외의 복수의 영역을 포함하는 소정 영역에 분포하는 광속을 지나는 사면 (71b) 을 가짐과 함께, 그 조명계의 광축을 따라 이동하는 것이다. 또한, 그 가동 프리즘은 별도의 예로서 그 소정 면 상에서 그 제 1 영역에 분포하는 광속을 지나고 또한 그 조명계의 광축과 거의 직교하는 평면 (71a) 을 갖는 것이다.

[0064] 다음으로, 본 발명의 제 3 노광 장치는 마스크 (R) 를 광속으로 조명하는 조명계 (12) 와, 그 마스크로부터의 그 광속으로 기관 (W) 을 노광하는 투영계 (PL) 를 갖는 노광 장치에 있어서, 그 조명계에 관한 소정 면 (Q1; Q3) 에 있어서의 그 광속의 광량 분포를, 그 조명계의 광축을 실질적으로 포함하는 제 1 영역 (28; 28R) 과, 그 제 1 영역의 외측에 배치되는 복수의 영역에서의 광량이 그 이외의 영역에서의 광량보다 커지도록 설정하는 광학 부재를 갖고, 그 광학 부재는 그 소정 면 상의 상이한 영역에 각각 분포하는 광속을 생성하는 편향 부재 (21) 와, 그 소정 면 상에 있어서의 그 광축 외의 각 영역과 그 조명계의 광축과의 위치 관계를 가변으로 하기 위해서, 그 편향 부재로부터 발생하여 그 소정 면 상에서 그 제 1 영역에 분포하는 광속을 지나서 그 조명계의 광축과 거의 직교하는 평면과, 그 제 1 영역을 제외하는 그 광축 외의 복수의 영역을 포함하는 소정 영역에 분포하는 광속을 지나는 사면을 갖는 1개 이상의 가동 프리즘 (71) 을 포함하는 것이다.

[0065] 이러한 본 발명에 의하면, 그 편향 부재에 의해서, 여러 피치의 패턴을 동시에 각각 고해상도로 전사할 수 있다. 또, 그 가동 프리즘에 의해서, 전사하는 패턴의 종류 등에 따라 결상 특성을 조정할 수 있다.

[0066] 본 발명에 있어서, 일례로서 그 조명계는 그 광속이 조사되는 그 마스크 상의 조명 영역 내에서의 조도를 거의 균일하게 하는 옵티컬 · 인테그레이터 (5) 를 포함하고, 그 가동 프리즘은 그 조명계 내에서 그 옵티컬 · 인테그레이터의 입사측에 배치되어 그 광축을 따라 이동하는 것이다.

[0067] 또한, 그 제 1 영역의 외측에 배치되는 복수의 영역에서 발생하는 광속은 각각 그 소정 면 상에서 편광 방향이 실질적으로 접선 방향과 일치하는 직선 편광 (S 편광) 이어도 된다.

[0068] 또한, 그 광학 부재는 그 제 1 영역을 포함하는 복수의 영역에서 각각 광량이 높아지는 광량 분포를 포함하는 서로 다른 복수의 광량 분포를 설정할 수 있는 것이 바람직하다.

[0069] 다음으로, 본 발명에 의한 제 4 노광 장치는 광속으로 마스크 (R) 를 조명하는 조명계 (12) 와, 그 마스크로부터의 그 광속으로 기관 (W) 을 노광하는 투영계 (PL) 를 갖는 노광 장치에 있어서, 그 조명계에 관한 소정 면에서의 그 광속의 광량 분포를, 서로 떨어진 3개의 영역 (54, 55A, 55B; 62, 63A, 63B) 에 있어서의 광량이 그 이외의 영역에서의 광량보다 커지도록 설정하는 광학 부재 (22A, 22B; 42A, 42B) 를 갖는 것이다.

[0070] 이러한 본 발명에 의하면, 그 광학 부재를 사용함으로써, 일 방향 밀집 패턴을 주기적으로 배열된 방향 및 고립적인 방향으로 각각 고해상도로 전사할 수 있다.

[0071] 이 경우, 그 광량이 큰 3개의 영역은 그 조명계의 광축 근방의 제 1 영역 (54; 62) 과, 그 광축을 지나는 직선을 따라 그 제 1 영역을 사이에 두도록 배치된 제 2 영역 (55A; 63A) 및 제 3 영역 (55B; 63B) 을 포함하는 것이 바람직하다. 또는 그 광량이 큰 3개의 영역은 그 조명계의 광축 근방의 제 1 영역 (54; 62) 과, 그 광축으로부터 거의 등거리에 배치되는 제 2 및 제 3 영역 (55A, 55B; 63A, 63B) 을 포함하는 것이어도 된다.

[0072] 이들의 구성에 있어서, 그 마스크에 형성된 패턴이, 소정 제 1 축 (X축) 을 따라 주기적으로 배치됨과 함께 그 제 1 축에 직교하는 제 2 축 (Y축) 방향으로 실질적으로 고립되어 있는 일 방향 밀집 패턴 (52, 53) 을 포함하는 경우, 그 광량이 큰 3개의 영역은 그 제 1 축에 평행한 방향으로 떨어져 배치되는 것이 바람직하다. 그럼으로써, 그 일 방향 밀집 패턴을 그 제 1 축 및 제 2 축을 따른 방향으로 각각 고해상도로 전사할 수 있다.

또, 그 광량이 큰 3개의 영역은 그 조명계의 광축을 지나서 그 제 1 축에 평행한 직선을 따라 배치되는 것이 보다 바람직하다.

[0073] 또한, 그 광량이 큰 3개의 영역 중 중앙 영역은 그 중앙부에서의 광량이 다른 부분에 있어서의 광량보다 작게 설정되는 것이 바람직하다. 그럼으로써, 그 패턴이 고립적인 방향의 해상도를 높일 수 있고, 초점 심도도 넓어진다.

[0074] 이 경우, 그 중앙 영역은 일례로서 대략 고리띠 형상의 영역 (54) 이다. 또한, 그 중앙 영역은 별도의 예로서 서로 떨어진 복수의 영역 (54A1, 54A2) 으로 이루어지는 것이다. 그 중앙 영역에서 서로 떨어진 복수의 영역은 일례로서 그 소정 면 상에서 그 조명계의 광축을 지나는 소정 직선을 따라 배치된다.

[0075] 그리고, 그 중앙 영역에서 서로 떨어진 복수의 영역은 별도의 예로서 그 중앙 영역의 크기에 따라 그 배열 방향



이 결정된다.

- [0076] 또한, 그 광량이 큰 3개의 영역의 크기는 각각 그 조명계의 최대  $\sigma$  값의 0.1배로부터 0.2배에 상당하는 것이 바람직하다.      그럼으로써, 깊은 초점 심도가 얻어진다.
- [0077] 또한, 본 발명에 있어서, 그 광량이 큰 3개의 영역 중 그 제 1 축에 평행한 방향에 관해서 양단에 배치되는 2개의 영역 (63A, 63B) 은 각각 길이 방향이 그 제 2 축에 평행한 방향과 거의 일치하는 형상이어도 된다.
- [0078] 또한, 그 광량이 큰 3개의 영역 중 중앙 영역 (62A) 은 길이 방향이 그 제 1 축에 평행한 방향과 거의 일치하는 형상이어도 된다.
- [0079] 또한, 그 광량이 큰 3개의 영역 중 중앙 영역에서 발생하는 광속은 편광 방향이 그 제 2 축에 평행한 방향과 거의 일치하는 직선 편광이어도 된다.
- [0080] 또한, 그 광량이 큰 3개의 영역 중 중앙 영역에서 발생하는 광속과 다른 2개의 영역에서 발생하는 광속은, 서로 편광 상태가 상이해도 된다.      이 경우, 일례로서, 그 중앙 영역에서 발생하는 광속과 그 2개의 영역에서 발생하는 광속은, 편광 방향이 거의 직교하는 것이다.
- [0081] 또한, 그 광량이 큰 3개의 영역 중 중앙 영역과 다른 2개의 영역은, 서로 크기가 상이해도 된다.
- [0082] 또한, 그 광량이 큰 3개의 영역 중 중앙 영역을 제외한 다른 2개의 영역에서 발생하는 광속은 각각 직선 편광이어도 된다.      이 경우, 일례로서 그 소정 면 상에서 다른 2개의 영역에 분포하는 광속은 각각 편광 방향이 접선 방향과 거의 일치하는 것 (S 편광) 이다.
- [0083] 또한, 일례로서, 그 광학 부재는 그 소정 면 상의 상이한 영역에 각각 분포하는 광속을 생성하는 편향 부재 (22A, 22B) 를 포함하고, 그 조명계 내에서 그 편향 부재로부터 발생하는 광속의 편광 상태를 설정하는 편광 설정 부재를 추가로 구비하는 것이다.      이 경우, 나아가 그 광학 부재는 그 편향 부재의 사출측에 배치되어, 그 광량이 큰 3개의 영역 중 중앙 영역을 제외한 다른 2개의 영역과 그 조명계의 광축과의 위치 관계를 가변으로 하는 가동 부재 (71, 72) 를 포함하고, 그 편광 설정 부재는 그 편향 부재와 그 가동 부재 사이에 배치되는 것이어도 된다.
- [0084] 또한, 그 가동 부재는 그 소정 면 상에서 그 중앙 영역을 제외한 다른 2개의 영역을 포함하는 소정 영역에 분포하는 광속을 지나는 사면을 갖고, 그 조명계의 광축을 따라 이동하는 1개 이상의 가동 프리즘 (72) 을 포함하는 것이어도 된다.
- [0085] 또한, 본 발명에 있어서, 그 광학 부재는 그 광량이 큰 3개의 영역 중 중앙 영역을 제외한 다른 2개의 영역의 위치를 가변으로 하는 1개 이상의 가동 프리즘 (71, 72) 을 포함하는 것이어도 된다.      이 경우, 일례로서, 그 가동 프리즘은 그 소정 면 상에서 그 중앙 영역을 제외한 다른 2개의 영역을 포함하는 소정 영역에 분포하는 광속을 지나는 사면 (71b) 을 가짐과 함께, 그 조명계의 광축을 따라 이동하는 것이다.
- [0086] 또한, 그 가동 프리즘은 그 소정 면 상에서 그 중앙 영역에 분포하는 광속을 지나고 또한 그 조명계의 광축과 거의 직교하는 평면 (71a) 을 가져도 된다.      또, 일례로서, 그 조명계는 그 광속이 조사되는 그 마스크 상의 조명 영역 내에서의 조도를 거의 균일하게 하는 옵티컬 · 인테그레이터 (4) 를 포함하고, 그 가동 프리즘은 그 조명계 내에서 그 옵티컬 · 인테그레이터의 입사측에 배치된다.
- [0087] 또한, 그 소정 면은 일례로서 그 조명계의 동공면 (Q1) 이다.      이 경우, 일례로서 그 조명계는 그 광속이 조사되는 그 마스크 상의 조명 영역 내에서의 조도를 거의 균일하게 하는 옵티컬 · 인테그레이터 (5) 를 포함하고, 그 광학 부재 (22A, 22B) 는 그 옵티컬 · 인테그레이터의 입사면측에 배치되는 회절 광학 소자를 포함하는 것이다.      이 구성에서는 높은 조명 효율이 얻어진다.
- [0088] 또한, 그 소정 면이, 그 조명계의 동공면 (Q1) 인 경우의 별도의 구성예로서, 그 조명계는 그 광속이 조사되는 그 마스크 상의 조명 영역 내에서의 조도를 거의 균일하게 하는 옵티컬 · 인테그레이터 (5) 를 포함하고, 그 광학 부재는 그 소정 면 또는 그 공액면에 배치됨과 함께, 그 3개의 영역을 규정하는 개구 조리개 (42A; 42B) 를 포함하는 것이다.      이 구성에서는 그 소정 면에서의 광량 분포를 용이하게 원하는 분포로 할 수 있다.
- [0089] 또한, 그 광학 부재는 그 3개의 영역에서 광량이 높아지는 광량 분포를 포함하는 서로 다른 복수의 광량 분포를 설정할 수 있는 것이 바람직하다.      그럼으로써, 여러 패턴을 각각 고해상도로 전사할 수 있다.
- [0090] 다음으로, 본 발명의 디바이스 제조 방법은 리소그래피 공정을 포함하는 디바이스 제조 방법으로서, 그 리소그

래피 공정에서 본 발명의 노광 방법 또는 노광 장치를 사용하여 패턴 (R) 을 감광체 (W) 에 전사하는 것이다.

본 발명의 노광 방법 또는 노광 장치를 사용함으로써, 여러 피치의 패턴을 포함하는 디바이스, 또는 일 방향 밀집 패턴을 포함하는 디바이스를 고정밀도로 양산할 수 있다.

### 발명의 효과

- [0091] 본 발명에 있어서, 조명계에 관한 소정 면에서의 광량 분포를, 소정 9개 또는 5개의 영역에서 광량이 커지도록 설정할 때에는, 여러 피치의 패턴을 동시에 각각 고해상도로 전사할 수 있다.
- [0092] 또한, 중심의 제 1 영역을 고리띠 형상으로 함으로써, 더욱 해상도 및 초점 심도를 개선할 수 있다. 또한, 광속의 편광 상태를 제어함으로써, 더욱 해상도 등을 개선할 수 있는 경우가 있다.
- [0093] 또한, 본 발명에 있어서, 조명계에 관한 소정 면에서의 광량 분포를, 소정 3개의 영역에서 광량이 커지도록 설정할 때에는 일 방향 밀집 패턴을 고해상도로 전사할 수 있다.
- [0094] 또한, 마스크에 형성된 패턴이, 소정 제 1 축을 따라 주기적으로 배치됨과 함께 그 제 1 축에 직교하는 제 2 축 방향으로서는 실질적으로 고립되어 있는 일 방향 밀집 패턴을 포함하는 경우에, 그 광량이 큰 3개의 영역을, 그 제 1 축에 평행한 방향으로 떨어지게 배치함으로써, 그 일 방향 밀집 패턴을 주기적으로 배열된 방향 및 고립적인 방향의 양 방향으로 고해상도로 전사할 수 있다. 또, 본 발명에 있어서, 그 광량이 큰 3개의 영역에서 발생하는 광속의 편광 상태를 소정 상태로 설정한 경우에는 소정 패턴에 대하여 해상도 등이 향상하는 경우가 있다.

### 도면의 간단한 설명

- [0095] 도 1(a) 는 본 발명의 제 1 실시형태의 투영 노광 장치를 나타내는 구성도, 도 1(b) 는 도 1(a) 중의 프리즘 (71, 72) 을 나타내는 확대 사시도, 도 1(c) 는 프리즘 (71, 72) 의 별도의 구성예를 나타내는 도면이다.
- 도 2 는 도 1 의 레티클 (R) 의 패턴의 일례를 나타내는 평면도이다.
- 도 3 은 도 1 의 회절 광학 소자 (21) 에 의해서 플라이아이 렌즈 (5) 의 사출면 (동공면) 에 설정되는 9개의 영역을 포함하는 광량 분포를 나타내는 도면이다.
- 도 4 는 플라이아이 렌즈 (5) 의 사출면 (동공면) 상의 5개의 영역에서 광량이 커지는 광량 분포를 나타내는 도면이다.
- 도 5 는 도 3 및 도 4 의 광량 분포로 노광한 경우의 전사 이미지의 시뮬레이션에 의한 평가 결과를 나타내는 도면이다.
- 도 6(a) 는 도 3 의 광량 분포에 있어서, 중심 영역을 고리띠 형상으로 한 변형예를 나타내는 도면, 도 6(b) 는 도 3 의 광량 분포의 별도의 변형예를 나타내는 도면이다.
- 도 7(a) 는 도 1 의 회절 광학 소자 (22) 에 의해서 플라이아이 렌즈 (5) 의 사출면 (동공면) 에 설정되는 중심의 고리띠 형상을 포함하는 5개의 영역에서 광량이 커지는 광량 분포를 나타내는 도면, 도 7(b) 는 도 7(a) 의 광량 분포의 변형예를 나타내는 도면이다.
- 도 8 은 도 7(a) 의 광량 분포로 노광한 경우의 전사 이미지의 시뮬레이션에 의한 평가 결과를 나타내는 도면이다.
- 도 9 는 도 3 의 광량 분포에 대한 변형예를 나타내는 도면이다.
- 도 10 은 도 1(a) 중의 프리즘 (71, 72) 의 변형예를 나타내는 사시도이다.
- 도 11(a) 는 본 발명의 제 2 실시형태에서 노광 대상이 되는 레티클 (R1) 의 패턴의 일례를 나타내는 평면도, 도 11(b) 는 레티클 (R1) 의 패턴의 다른 예를 나타내는 도면이다.
- 도 12 는 본 발명의 제 2 실시형태에 있어서, 도 1(a) 의 회절 광학 소자 (22A) 에 의해서 플라이아이 렌즈 (5) 의 사출면 (동공면) 에 설정되는 광량 분포를 나타내는 도면이다.
- 도 13(a) 는 도 11(a)의 패턴 (52) 에 의해서 Y 방향으로 회절되는 광속을 나타내는 도면, 도 13(b) 는 도 11(a) 의 패턴 (52) 에 의해서 X 방향으로 회절되는 광속을 나타내는 도면이다.
- 도 14 는 도 12 의 광량 분포로 노광한 경우의 전사 이미지의 시뮬레이션에 의한 초점 심도 (DOF) 의 평가 결과

를 나타내는 도면이다.

도 15(A), 도 15(B), 및 도 15(C) 는 각각 도 12 의 광량 분포에 대한 변형예를 나타내는 도면이다.

도 16(a) 는 도 1(a) 의 회절 광학 소자 (22B) 에 의해서 플라이아이 렌즈 (5) 의 사출면 (동공면) 에 설정되는 광량 분포를 나타내는 도면, 도 16(b) 는 도 16(a) 의 광량 분포의 변형예를 나타내는 도면이다.

도 17 은 도 16(a) 의 광량 분포로 노광한 경우의 전자 이미지의 시뮬레이션에 의한 초점 심도 (DOF) 의 평가 결과를 나타내는 도면이다.

도 18 은 본 발명의 제 3 실시형태의 투영 노광 장치를 나타내는 구성도이다.

도 19 는 도 18 중의 개구 조리개 (42) 의 패턴을 나타내는 도면이다.

도 20 은 도 6 의 광량 분포에 대응하는 개구 조리개의 패턴을 나타내는 도면이다.

도 21 은 도 7(a) 의 광량 분포에 대응하는 개구 조리개의 패턴을 나타내는 도면이다.

도 22(a) 및 도 22(b) 는 각각 본 발명의 제 4 실시형태에 있어서, 도 18 중의 개구 조리개 (42A 및 42B) 의 패턴을 나타내는 도면이다.

도 23 은 본 발명의 제 5 실시형태의 조명 광학계의 요부를 나타내는 도면이다.

도 24는 본 발명의 실시형태의 투영 노광 장치를 사용하여 반도체 디바이스를 제조하는 공정의 일례를 나타내는 도면이다.

### 발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[제 1 실시형태]

이하, 본 발명의 바람직한 제 1 실시형태에 관하여 도 1~도 9 를 참조하여 설명한다. 본 예는 옵티컬·인테그레이터 (유니포마이저 또는 호모지나이저) 로서의 플라이아이 렌즈를 구비하는 조명계를 사용하는 투영 노광 장치로 노광하는 경우에 본 발명을 적용한 것이다.

도 1(a) 는 본 예의 주사 노광형의 투영 노광 장치의 구성을 나타내고, 이 도 1(a) 에 있어서, 노광 광원 (1) 으로서는 KrF 엑시머레이저 광원 (파장 248nm) 이 사용되고 있다. 또, 노광 광원 (1) 으로서는 ArF 엑시머레이저 광원 (파장 193nm), F<sub>2</sub> 레이저 광원 (파장 157nm), Kr<sub>2</sub> 레이저 광원 (파장 146nm), 또는 Ar<sub>2</sub> 레이저 광원 (파장 126nm) 등의 레이저 광원, 또는 YAG 레이저의 고조파 발생 광원이나 고체 레이저 (예를 들어 반도체 레이저 등) 등의 고조파 발생 장치 등도 사용할 수 있다.

노광 광원 (1) 으로부터 사출된 노광용 광속 (노광 빔) 으로서의 자외 펄스광으로 이루어지는 조명광 (IL) 은 빔 익스팬더 (2) 에 의해 광속의 단면 형상이 원하는 형상으로 변환된 후, 광로 절곡용 미러 (3) 를 통해 1 회절 광학 소자 (21) 에 입사하여, 후술하는 바와 같이 소정 면 (예를 들어, 조명 광학계의 동공면) 에서 소정 광량 분포가 얻어지도록 복수의 방향으로 회절하는 광속 (DL) 으로 변환된다. 광량 분포를 설정하기 위한 광학 부재의 일부로서의 회절 광학 소자 (21) 는 리볼버 (24) 에 장착되어 있고, 리볼버 (24) 에는 다른 회절 특성을 갖는 제 2 회절 광학 소자 (22), 및 또 다른 회절 특성을 갖는 회절 광학 소자 (도시하지 않음) 도 장착되어 있다. 본 예에서는 장치 전체의 동작을 통할 (統轄) 제어하는 주제어계 (17) 가, 구동부 (23) 를 통해 리볼버 (24) 의 회전각을 제어하고, 조명광 (IL) 의 광로 상에 회절 광학 소자 (21, 22) 들 중 어느 하나를 설치함으로써, 조명 조건을 전환할 수 있도록 구성되어 있다.

도 1(a) 에 있어서, 회절 광학 소자 (21) 에 의해 회절된 광속 (DL) 은 릴레이 렌즈 (4) 에 의해 집광되어, 제 1 프리즘 (71) 및 제 2 프리즘 (72; 가동 프리즘) 을 지나서 옵티컬·인테그레이터로서의 플라이아이 렌즈 (5) 의 입사면에 집광된다. 이 경우, 회절 광학 소자 (21) 는 릴레이 렌즈 (4) 의 전측 초점보다 미소하게 노광 광원 (1) 측으로 벗어난 위치에 배치되고, 플라이아이 렌즈 (5) 의 입사면은 대략 릴레이 렌즈 (4) 의 후측 초점의 위치에 배치되어 있다. 그리고, 회절 광학 소자 (21) 로부터 서로 다른 방향으로 회절된 복수의 광속은 플라이아이 렌즈 (5) 의 입사면 상에서 서로 다른 영역에 집광되어 있고, 플라이아이 렌즈 (5) 의 사출면 (Q1; 사출측 초점면) 에는 거의 그 입사면의 광량 분포에 대응하는 분포의 면광원 (본 실시형태에서는 다수의 광원상으로 이루어지는 2차 광원) 이 형성된다. 릴레이 렌즈 (4) 와 플라이아이 렌즈 (5) 로 이루어지는 합성 렌즈계에 의해서, 회절 광학 소자 (21) 의 사출면과 플라이아이 렌즈 (5) 의 사출면 (Q1) 은 대략 공액 (결

상 관계) 으로 되어 있다.

- [0101] 본 예에서는 회절 광학 소자 (21), 제 1 프리즘 (71), 및 제 2 프리즘 (72) 이 소정 광량 분포를 설정하기 위한 광학 부재에 대응하고 있다. 도 1(b) 에 나타내는 바와 같이, 제 1 프리즘 (71) 은 조명 광학계의 광축 (BX; 후술) 을 중심으로 하는 원형 영역에서 평행 평면판 (71a) 이 되고, 그 주변부에서 오목한 원추체 (71b) 가 되는 부재이고, 제 2 프리즘 (72) 은 제 1 프리즘 (71) 에 대하여 요철이 반대로 됨과 함께, 제 1 프리즘 (71) 과 합쳤을 때에 전체적으로 평행 평면판을 구성하는 부재이다. 또, 제 1 및 제 2 프리즘 (71, 72) 의 중심의 원형 영역을 지나는 (즉, 제 1 및 제 2 프리즘 (71, 72) 내를 광축 (BX) 을 따라 직진하는) 광속은 플라이아이 렌즈 (5) 의 사출면 (Q1) 상에서의 광량 분포의 중심에서 광량이 높아지는 영역에 분포하고, 제 1 및 제 2 프리즘 (71, 72) 의 주변의 원추부 (사면) 를 지나는 광속은, 그 광량 분포의 주변에서 광량이 높아지는 복수의 영역 (또는 그 복수의 영역을 포함하는 소정 영역) 에 분포한다.
- [0102] 또한, 제 1 및 제 2 프리즘 (71, 72) 의 적어도 일방, 예를 들어 본 예에서는 제 2 프리즘 (72) 만이 광축 (BX) 을 따라 도시하지 않은 구동 기구에 의해서 변위 자유롭게 지지되어 있고, 제 2 프리즘 (72) 을 광축 (BX) 을 따라 변위시켜, 제 1 프리즘 (71) 과 제 2 프리즘 (72) 의 간격을 바꿈으로써, 플라이아이 렌즈 (5) 의 사출면 (Q1) 에 있어서의 광량 분포를, 중심의 분포 (후술하는 영역 (28, 33) 등의 위치) 를 바꾸지 않고, 주변의 광량이 큰 복수의 영역의 위치를 반경 방향으로 조정할 수 있도록 (즉, X 방향, Y 방향에 관한 복수의 영역의 위치 (광축 (BX) 과의 거리) 를 가변으로 한다) 구성되어 있다.
- [0103] 또, 프리즘 (71 및 72) 대신에, 원추체 부분이 각추체 (또는 피라미드형) 로 된 프리즘을 사용해도 된다. 또, 2개의 프리즘 (71, 72) 을 사용하지 않고, 제 1 프리즘 (71) 만을 사용하여 이 위치를 광축 (BX) 을 따라 가변으로 해도 된다. 또, 가동 프리즘으로서도 도 1(c) 에 나타내는 바와 같이, 일 방향으로 굴절력이 있고 그것에 직교하는 방향으로 굴절력이 없는 1쌍의 V 자형의 간격 가변의 프리즘 (71A, 71B) 을 사용해도 된다. 또, 프리즘 (71A, 71B) 은 각각 중심의 직사각형 영역 (본 예에서는 평행 평면판) 이 광축 (BX) 과 거의 직교하고, 또한 주변부의 2개의 사면이 광축 (BX) 을 포함하여 도 1(c) 의 지면과 직교하는 면에 관하여 거의 대칭이 되도록 배치된다.
- [0104] 이 구성에서는 프리즘 (71A, 71B) 의 간격 가변에 의해서, 도 1(c) 의 지면 내 상하 방향 (예를 들어, 조명 광학계 (12) 의 동공면에서의 조명광의 광량 분포가 나타나는 도 3 에서는 Y 방향에 대응) 에 관한 주변의 광량이 큰 영역의 위치 (광축 (BX) 과의 거리) 가 변화한다. 그래서, 그것에 직교하는 방향 (도 1(c) 의 지면과 수직인 방향에서, 도 3 에서는 X 방향에 대응) 에 관한 주변의 광량이 큰 영역의 위치 (광축 (BX) 과의 거리) 를 조정하기 위해서, 1쌍의 프리즘 (71A, 71B) 을 광축 (BX) 의 둘레로 90° 회전한 구성의 별도의 1쌍의 프리즘 (71C, 71D) 을 배치해도 된다. 그럼으로써, 서로 직교하는 두 방향의 주변의 광량이 큰 영역의 위치 (광축 (BX) 과의 거리) 를 독립적으로 조정할 수 있다.
- [0105] 또, 전술한 사면이 원추, 각추 또는 V 자의 프리즘은 각각 광축 (BX) 과 직교하는 중심의 평면부가 평행 평면판인 것으로 하였지만, 그 중심부의 적어도 일부를 절취하여 개구부 (중공부) 로 해도 되고, 또는 복수의 부분을 따로따로 가공하여 일체로 고정시킨 것이어도 된다. 특히 후자에서는 중심의 평면부를 제외하는 주변의 사면부만을 복수로 분할하여 일체로 고정한 것이어도 된다.
- [0106] 단, 도 1(a) 에 있어서, 플라이아이 렌즈 (5) 의 사출면 (Q1) 에 있어서의 주변의 광량이 큰 복수의 영역의 위치를 반경 방향으로 변화시킬 필요가 없는 경우에는 제 1 프리즘 (71) 및 제 2 프리즘 (72) 은 생략할 수도 있다.
- [0107] 또, 플라이아이 렌즈 (5) 는 일례로서 중형의 폭이 수mm 정도인 직사각형의 단면 형상을 갖는 다수의 렌즈 엘리먼트를 묶음으로 한 것이고, 각 렌즈 엘리먼트의 단면 형상은 레티클 상의 가늘고 긴 조명 영역과 거의 서로 비슷하다. 단, 플라이아이 렌즈 (5) 로서는 단면 형상이 폭 수십  $\mu\text{m}$  정도인 사각형 또는 직경이 수십  $\mu\text{m}$  정도인 원형의 다수의 미소 렌즈를 묶음으로 한 구성의 마이크로·플라이아이 렌즈를 사용할 수도 있다.
- [0108] 플라이아이 렌즈 (5) 로부터 사출된 광속으로 이루어지는 조명광 (IL) 은 콘덴서 렌즈계 (6) 에 의해서 면 (Q2) 상에 한번 집광된다. 면 (Q2) 의 미소하게 앞쪽에, 피조명체로서의 레티클 (R) 상의 조명 영역을 주사 방향에 직교하는 비주사 방향으로 가늘고 긴 형상으로 규정하기 위한 고정 시야 조리개 (7; 고정 블라인드) 가 배치되고, 면 (Q2) 상에 가동 시야 조리개 (8; 가동 블라인드) 가 배치되어 있다. 가동 시야 조리개 (8) 는 주사 노광의 전후에서 그 조명 영역의 주사 방향의 폭을 제어하여 불필요한 노광을 방지함과 함께, 주사 노광 중의 그 조명 영역의 비주사 방향의 폭을 규정하기 위해서 사용된다. 일례로서, 후술하는 레티클 스테이지



구동계 (16) 가, 레티클 스테이지의 동작과 동기하여 구동부 (13) 를 통해 가동 시야 조리개 (8) 의 개폐 동작을 제어한다.

[0109] 시야 조리개 (7 및 8) 를 통과한 조명광 (IL) 은 결상용 렌즈계 (9), 광로 절곡용 미러 (10), 및 주콘덴서 렌즈계 (11) 를 통해, 마스크로서의 레티클 (R) 의 패턴면 (이하, 「레티클면」 이라고 한다) 의 회로 패턴 영역 상의 가늘고 긴 조명 영역을 똑같은 강도 분포로 조명한다. 노광 광원 (1), 빔 익스펜더 (2), 미러 (3), 회절 광학 소자 (21; 또는 다른 회절 광학 소자), 릴레이 렌즈 (4), 플라이아이 렌즈 (5), 콘덴서 렌즈계 (6), 시야 조리개 (7, 8), 결상용 렌즈계 (9), 미러 (10), 및 주콘덴서 렌즈계 (11) 로 조명 광학계 (12) 가 구성되어 있다. 조명계로서의 조명 광학계 (12) 의 광축을 광축 BX 라고 한다. 이 경우, 플라이아이 렌즈 (5) 의 사출면 (Q1) 은 조명 광학계 (12) 의 동공면, 즉 레티클면에 대하여 광학적인 푸리에 변환면과 실질적으로 일치하고 있고, 가동 시야 조리개 (8) 가 배치되어 있는 면 (Q2) 은 그 레티클면의 공액면이다. 또, 고정 시야 조리개 (7) 는 예를 들어 레티클면의 근방에 배치해도 된다.

[0110] 조명광 (IL) 하에서, 레티클 (R) 의 조명 영역 내의 회로 패턴의 이미지가, 투영계로서의 투영 광학계 (PL) 를 통해 소정 축소 배율 ( $\beta$ ; 예를 들어,  $\beta$  는 1/4, 1/5 등) 로, 투영 광학계 (PL) 의 결상면에 배치된 기관으로서의 웨이퍼 (W) 상의 복수의 쇼트 영역 중 하나의 쇼트 영역의 레지스트층에 전사된다. 또, 레티클 (R) 및 웨이퍼 (W) 는 각각 제 1 물체 및 제 2 물체라고도 간주할 수 있다. 또한, 피노광용 기관으로서의 웨이퍼 (W) 는 예를 들어, 반도체 (규소 등) 또는 SOI (silicon on insulator) 등의 직경이 200mm 또는 300mm 등의 원판형 기관이다.

[0111] 투영 광학계 (PL) 의 광축 (AX) 은 레티클 (R) 상에서 조명 광학계 (12) 의 광축 (BX) 과 합치하고 있다. 또한, 투영 광학계 (PL) 의 동공면 (Q3; 레티클면에 대한 광학적인 푸리에 변환면) 은 플라이아이 렌즈 (5) 의 사출면 (Q1; 조명 광학계 (12) 의 동공면) 과 공액이다. 본 예의 투영 광학계 (PL) 로서는 굴절계 외에, 예를 들어 일본 공개특허공보 2000-47114호 (대응하는 미국특허 제6,496,306호) 에 개시되어 있는 바와 같이, 서로 교차하는 광축을 갖는 복수의 광학계를 갖는 반사 굴절 투영 광학계, 또는 예를 들어 국제공개 (WO) 01/065296호 팜플렛 (대응하는 미국공개 2003/0011755A1) 에 개시되어 있는 바와 같이, 레티클에서 웨이퍼로 향하는 광축을 갖는 광학계와, 그 광축에 대하여 거의 직교하는 광축을 갖는 반사 굴절계를 갖고, 내부에서 중간 이미지를 2회 형성하는 반사 굴절 투영 광학계 등을 사용할 수 있다. 이하, 투영 광학계 (PL) 의 광축 (AX) 에 평행하게 Z축을 취하고, Z축에 수직인 평면 내에서 레티클 (R) 및 웨이퍼 (W) 의 주사 방향에 직교하는 비주사 방향 (여기서는 도 1(a) 의 지면에 평행한 방향) 에 X축을 취하고, 그 주사 방향 (여기서는 도 1(a) 의 지면에 수직인 방향) 에 Y축을 취하여 설명한다.

[0112] 먼저 레티클 (R) 는 레티클 스테이지 (14) 상에 흡착 유지되고, 레티클 스테이지 (14) 는 레티클 베이스 (15) 상에 Y 방향으로 등속 이동할 수 있음과 함께, X 방향, Y 방향, 및 Z축 둘레의 회전 방향으로 미동 (微動) 할 수 있도록 탑재되어 있다. 레티클 스테이지 (14) 의 위치는 레티클 스테이지 구동계 (16) 내의 레이저 간섭계에 의해서 계측되어 있다. 레티클 스테이지 구동계 (16) 는 그 계측 정보 및 주제어계 (17) 로부터의 제어 정보에 기초하여, 도시하지 않은 구동 기구를 통해 레티클 스테이지 (14) 의 위치 및 속도를 제어한다.

[0113] 한편, 웨이퍼 (W) 는 도시하지 않은 웨이퍼 홀더를 통해 웨이퍼 스테이지 (18) 상에 흡착 유지되고, 웨이퍼 스테이지 (18) 는 웨이퍼 베이스 (19) 상에 X 방향, Y 방향으로 이동 자유롭게 탑재되어 있다. 웨이퍼 스테이지 (18) 의 위치는 웨이퍼 스테이지 구동계 (20) 내의 레이저 간섭계에 의해서 계측되고 있다. 웨이퍼 스테이지 구동계 (20) 는 그 계측 정보 및 주제어계 (17) 로부터의 제어 정보에 기초하여, 도시하지 않은 구동 기구를 통해 웨이퍼 스테이지 (18) 의 위치 및 속도를 제어한다. 또한, 웨이퍼 스테이지 (18) 에는, 도시하지 않은 오토 포커스 센서의 계측 정보에 기초하여, 주사 노광 중에 웨이퍼 (W) 의 표면을 투영 광학계 (PL) 의 결상면에 맞추기 위한 초점 맞춤 기구가 내장되어 있다.

[0114] 주사 노광시에는, 주제어계 (17), 레티클 스테이지 구동계 (16), 및 웨이퍼 스테이지 구동계 (20) 의 제어 하에서, 레티클 스테이지 (14) 를 통해 레티클 (R) 을 조명광 (IL) 이 조사되는 조명 영역에 대하여 Y 방향으로 속도 (VR) 로 주사하는 데에 동기하여, 웨이퍼 스테이지 (18) 를 통해 가늘고 긴 노광 영역 (투영 광학계 (PL) 에 관해서 조명 영역과 공액 (共役) 인 조명광 (IL) 의 조사 영역) 에 대하여 웨이퍼 (W) 상의 하나의 쇼트 영역을 대응하는 방향 (+Y 방향 또는 -Y 방향) 으로 속도 ( $\beta \cdot VR$ ;  $\beta$  는 투영 배율) 로 주사하는 동작과, 웨이퍼 스테이지 (18) 를 통해 웨이퍼 (W) 를 X 방향, Y 방향으로 단계 이동하는 동작이 반복된다. 이 스텝 앤드 스캔 동작에 의해서, 웨이퍼 (W) 상의 전 쇼트 영역에 레티클 (R) 의 회로 패턴의 이미지가 전사된다.

[0115] 다음으로, 본 예의 조명 광학계 및 조명 방법에 관하여 상세히 설명한다.



- [0116] 도 2 는 도 1(a) 중의 레티클 (R) 에 형성된 전사용의 패턴 (원판 패턴) 의 일례를 나타내고, 이 도 2 에 있어서, 레티클 (R) 의 패턴 영역 (PA) 내에는 각각 X 방향, Y 방향으로 피치 (P1, P2 및 P3) 로 거의 정사각형의 패턴 (25A, 25B 및 25C) 을 배치하여 이루어지는 3종류의 컨택트 홀의 2차원 패턴이 형성되어 있다. 각 패턴 (25A, 25B, 25C) 은 각각 차광막 중에 형성된 투과 패턴이어도 되고, 반대로 투과부 중에 형성된 차광 패턴이어도 된다. 또한, 각 패턴 (25A, 25B, 25C) 의 폭은 각각 대응하는 피치 (P1, P2, P3) 의 1/2 정도, 또는 이보다 작은 값이지만, 보다 피치가 큰 쪽의 패턴 (25B, 25C) 의 폭이 가장 미세한 피치의 패턴 (25A) 의 폭과 같은 정도가 되는 경우도 있다. 이 경우, 피치 (P1, P2, P3) 는 다음과 같이 점차로 수배가 되도록 설정되어 있다.
- [0117]  $P1 < P2 < P3 \quad \cdots(4)$
- [0118] 도 1(a) 의 투영 광학계 (PL) 의 투영 배율 ( $\beta$ ) 을 1/4배로 하였을 때, 레티클면 상에서의 피치 (P1, P2, P3) 는 각각 일례로서 300nm, 600nm, 900nm 정도로 설정된다. 즉, 레티클 (R) 의 원판 패턴은 미세 피치의 밀집 컨택트 홀용의 제 1 패턴과, 중간 정도 피치의 밀집 컨택트 홀용의 제 2 패턴과, 실질적으로 고립 컨택트 홀이라고 간주할 수 있는 큰 피치로 배열된 컨택트 홀용의 제 3 패턴을 포함하고 있다. 이러한 원판 패턴의 이미지를 한번에 고정밀도로 웨이퍼 상에 전사하기 위해서, 본 예에서는 도 1(a) 에 나타내는 바와 같이, 조명광 (IL) 의 광로 상에 회절 광학 소자 (21) 를 배치하여, 소정 면으로서의 플라이아이 렌즈 (5) 의 사출면 (Q1; 동공면) 에 있어서의 조명광 (IL) 의 광량 분포 (강도 분포) 를 소정 분포로 설정하고 있다.
- [0119] 도 3 은 본 예의 도 1(a) 의 플라이아이 렌즈 (5) 의 사출면 (Q1; 조명 광학계 (12) 의 동공면) 에 있어서의 조명광 (IL) 의 광량 분포를 나타내고, 이 도 3 에 있어서, 도 2 의 레티클 (R) 상의 X 방향 및 Y 방향 (즉, 전사용 패턴의 배열 방향) 에 대응하는 사출면 (Q1) 상의 방향을 각각 X 방향 및 Y 방향으로 하고 있다. 여기서, 도 1(a) 의 투영 광학계 (PL) 의 물체측 (레티클측) 의 개구수를 NA, 이미지측 (웨이퍼측) 의 개구수를  $NA_{PL}$  로 하면, 투영 배율 ( $\beta$ ) 을 사용하여 다음 관계가 있다.
- [0120]  $NA = \beta \cdot NA_{PL} \quad \cdots(5)$
- [0121] 또한, 조명 광학계 (12) 로부터 레티클 (R) 에 입사하는 조명광 (IL) 의 개구수 중의 최대치를  $NA_{IL}$  로 하고, 본 예에서는 그 최대 개구수 ( $NA_{IL}$ ) 의 투영 광학계 (PL) 의 개구수 (NA) 에 대한 비의 값 (코히어런스 팩터) 을 최대  $\sigma$  값이라고 부르고, 최대  $\sigma$  값을  $\sigma$  로 하다. 즉, 최대  $\sigma$  값의 조명광이란, 조명광 (IL) 중에서 가장 큰 입사각으로 레티클 (R) 에 입사하는 빛이고, 최대  $\sigma$  값 ( $\sigma$ ) 은 다음과 같이 나타낼 수 있다.
- [0122]  $\sigma = NA_{IL} / NA = NA_{IL} / (\beta \cdot NA_{PL}) \quad \cdots(6)$
- [0123] 도 3 에 나타내는 조명 광학계의 동공면에서, 최외주 (最外周) 의 원주 (26) 는 투영 광학계 (PL) 의 입사측의 개구수 (NA) 와 같은 개구수를 갖는 가상적인 광속이 통과하는 영역의 외주를 나타내고, 그 내측의 원주 (27) 는 최대  $\sigma$  값 ( $\sigma$ ) 의 개구수를 갖는 조명광이 통과하는 영역에 접하는 원주를 나타내고 있고, 모든 조명광은 원주 (27) 의 내부를 통과한다. 본 예의 조명광 (IL) 은 도 3 에 있어서, 조명 광학계 (12) 의 광축 (BX) 을 중심으로 하는 반경 ( $r1$ ) 의 원형의 영역 (28) 과, 그 영역 (28) 을 둘러싸는 반경 (R1) 의 제 1 원주 (32A) 를 따라 중심이 배치된 4개의 반경 ( $r2$ ) 의 원형의 영역 (29A, 29B, 29C, 29D) 과, 그 영역 (29A~29D) 을 둘러싸는 반경 (R2) 의 제 2 원주 (32B) 를 따라 중심이 배치된 4개의 반경 ( $r3$ ) 의 원형의 영역 (30A, 30B, 30C, 30D) 을 포함하는 서로 떨어진 9개의 영역에서 거의 일정한 광량을 갖고, 그 이외의 영역에서는 그 일정한 광량보다 낮은 광량 (본 예에서는 대략 0) 이 되는 광량 분포를 갖고 있다. 또, 영역 (28), 영역 (29A~29D), 및 영역 (30A~30D) 의 윤곽 부근에서는, 광량은 외측으로 향하여 점차로 감소하는 분포를 갖고 있어도 된다. 중심 영역 (28) 이 제 1 영역에 대응하고, 그것을 둘러싸는 4개의 영역 (29A~29D) 이 제 2 영역에 대응하고, 또한 그것을 둘러싸는 4개의 영역 (30A~30D) 이 제 3 영역에 대응하고 있다. 이하에서는 그 반경 ( $r1 \sim r3$ ) 및 반경 (R1, R2) 은 각각 최대  $\sigma$  값 ( $\sigma$ ) 에 상응하는 길이 (최대  $\sigma$  값의 광속이 통과하는 점과 광축 (BX) 의 간격) 를 단위로서 나타내는 것으로 한다.
- [0124] 먼저, 중심 영역 (28) 은 그 이외의 8개의 영역 (29A~29D 및 30A~30D) 보다 크게 설정되어 있다 ( $r1 > r2$ ,  $r1 > r3$ ). 또한, 본 예에서는 전사 대상의 2차원 패턴의 배열 방향이 X 방향, Y 방향이기 때문에, X 방향으로 시계 방향으로 45° 로 교차하는 직선을 제 1 직선 (31A) 이라고 하고, 제 1 직선 (31A) 에 직교하는 직선 (X 방향으로 반시계 방향으로 45° 로 교차하는 직선) 을 제 2 직선 (31B) 이라고 한다. 그리고, 중심 영역 (28), 중간의 2개의 영역 (29A 및 29C), 그리고 최외주의 2개의 영역 (30A 및 30C) 의 중심을 제 1 직선 (31A) 상에

배치하고, 중심 영역 (28), 중간 영역 (29B 및 29D), 및 최외주의 다른 2개의 영역 (30B 및 30D)의 중심을 제 2 직선 (31B) 상에 배치한다. 즉, 중심 영역 (28) 을 둘러싸는 8개의 영역 (29A~29D 및 30A~30D) 은 전사 대상의 패턴의 직교하는 2개의 배열 방향을 45° 회전한 2개의 직교하는 방향을 따라 배열되어 있다.

[0125] 또한, 일례로서, 영역 (28) 의 반경 ( $r_1$ ), 영역 (29A~29D) 의 반경 ( $r_2$ ), 영역 (30A~30D) 의 반경 ( $r_3$ ) 은 각각 다음과 같이 최대  $\sigma$  값 ( $\sigma$ ) (여기서는 원주 (27) 의 반경, 이하 동일) 의 0.3배, 0.1배, 및 0.1배로 설정되어 있다.

[0126]  $r_1 = 0.3 \sigma \quad \dots(7)$

[0127]  $r_2 = r_3 = 0.1 \sigma \quad \dots(8)$

[0128] 또한, 제 1 원주 (32A) 의 반경 ( $R_1$ ) 및 제 2 원주 (32B) 의 반경 ( $R_2$ ) 은 각각 다음과 같이 최대  $\sigma$  값 ( $\sigma$ ) 의 0.55배 및 0.9배로 설정되어 있다.

[0129]  $R_1 = 0.55 \sigma \quad \dots(9)$

[0130]  $R_2 = 0.9 \sigma \quad \dots(10)$

[0131] 이 경우, 영역 (28) 의 외주와 제 1 원주 (32A) 의 반경 방향의 간격 ( $d_1$ ) 과, 제 1 원주 (32A) 와 제 2 원주 (32B) 의 반경 방향의 간격 ( $D_2$ ) 은 다음과 같다.

[0132]  $d_1 = 0.25 \sigma, d_2 = 0.35 \sigma \quad \dots(11)$

[0133] 이 경우, (7) 식~(10) 식의 조건을 만족하는 도 3 의 동공면 상의 영역 (28), 영역 (29A~29D), 및 영역 (30A~30D) 에서 광량이 거의 일정해지고, 그 이외의 영역에서 광량이 거의 0 가 되는 광량 분포가 얻어지도록, 도 1(a) 의 회절 광학 소자 (21) 의 회절 특성이 설정되어 있다. 이를 위해서는, 회절 광학 소자 (21) 는 일례로서, 광투과성의 기판 상에 거의 도 3 의 직선 (31A) 을 따른 방향으로 규칙성을 갖는 요철의 격자와, 거의 직선 (31B) 을 따른 방향으로 규칙성을 갖는 요철의 격자를 형성함으로써 제조할 수 있다. 또한, 회절 광학 소자 (21) 는 복수개의 위상형의 회절 격자를 조합한 것이어도 된다. 이들의 경우, 회절 광학 소자 (21) 는 위상형이기 때문에, 빛의 이용 효율이 높다는 이점이 있다. 또, 회절 광학 소자 (21) 로서는 굴절률 분포를 회절 격자형의 분포로 변화시킨 광학 소자를 사용할 수도 있다. 또, 특정한 회절 특성을 갖는 회절 광학 소자의 구조 및 제조 방법에 관해서는 예를 들어, 본 출원인에 의한 일본 공개특허공보 2001-176766호 (대응하는 미국특허 제6,563,567호) 에 상세히 개시되어 있다.

[0134] 또, 회절 광학 소자 (21) 에 의해서 얻어지는 광량 분포를, 도 3 의 영역 (28), 영역 (29A~29D), 및 영역 (30A~30D) 을 포함하는 영역에서 거의 일정한 광량이 되도록 해 두고, 도 3 의 영역 (28), 영역 (29A~29D), 및 영역 (30A~30D) 에 대응하는 부분에 개구가 형성된 개구 조리개를, 도 1(a) 의 플라이아이 렌즈 (5) 의 사출면 (Q1; 동공면) 또는 그 공액면에 배치해도 된다. 이 경우에도, 조명광 (IL) 의 이용 효율이 높다는 이점은 얻어지고 있다.

[0135] 본 예에 관해서, 본 발명자는 (7) 식~(10) 식의 조건을 만족하는 도 3 의 동공면 상의 영역 (28), 영역 (29A~29D), 및 영역 (30A~30D) 으로 이루어지는 9개의 영역에서 광량이 일정해지고, 그 이외의 영역에서 광량이 0 가 되는 광량 분포의 아래에서, 레티클면에 여러 피치의 컨택트 홀의 패턴을 배치하여, 그 패턴의 축소 이미지를 투영 광학계 (PL) 를 통해 웨이퍼 (W) 상에 전사한 경우에 얻어지는 CD (critical dimension) 의 평가를 컴퓨터의 시뮬레이션으로 행하였다. 본 예의 CD 는 전사되는 패턴의 선폭이다. 또, 이 시뮬레이션에 있어서는 다음과 같이 도 1(a) 의 투영 광학계 (PL) 의 이미지측 (웨이퍼측) 의 개구수 ( $NA_{PL}$ ) 를 0.82, 투영 배율 ( $\beta$ ) 을 1/4배로 하고, 최대  $\sigma$  값 ( $\sigma$ ) 을 0.9 로 하였다.

[0136]  $NA = 0.82, \beta = 1/4, \sigma = 0.9 \quad \dots(12)$

[0137] 도 5 의 곡선 (36) 은 그 동공면 상의 9개의 영역에서 광량이 일정해지는 경우의 CD값의 시뮬레이션 결과를 나타내고, 도 5 의 가로축은 레티클면 상의 전사되는 패턴의 피치 (nm), 세로축은 그 피치에 대응하는 CD값 (nm) 이다. 도 5 의 피치 280~1120nm 는 웨이퍼측에서는 70~280nm 에 상당하고 있다. 곡선 (36) 으로 알 수 있는 바와 같이, 본 예의 광량 분포를 사용함으로써, 레티클면 상에서 피치가 280~1120nm 의 넓은 범위의 컨택트 홀의 패턴에 대하여 거의 일정하고 양호한 CD값이 얻어진다.

[0138] 따라서, 본 예의 도 3 의 동공면 상의 광량 분포를 사용함으로써, 도 2 의 3종류의 피치의 패턴을 포함하는 레

티클 (R) 의 패턴은 한번에 고정밀도로 웨이퍼 (W) 상에 전사할 수 있다.

- [0139] 또, 도 3 의 동공면 상의 광량 분포는 (7) 식~(10) 식의 조건을 반드시 만족할 필요는 없고, 영역 (28) 의 반경 ( $r_1$ ), 영역 (29A~29D) 의 반경 ( $r_2$ ), 영역 (30A~30D) 의 반경 ( $r_3$ ) 은 각각 다음과 같은 범위에 있으면 된다.
- [0140]  $0.2\sigma \leq r_1 \leq 0.4\sigma \quad \cdots(13)$
- [0141]  $0.75\sigma \leq r_2 \leq 0.2\sigma \quad \cdots(14)$
- [0142]  $0.75\sigma \leq r_3 \leq 0.2\sigma \quad \cdots(15)$
- [0143] 또한, 제 1 원주 (32A) 의 반경 (R1) 및 제 2 원주 (32B) 의 반경 (R2) 은 각각 (9) 식 및 (10) 식에 대하여  $\pm 10\%$  정도 변화해도 된다. 또, 투영 광학계 (PL) 의 이미지의 개구수  $NA_{PL}$ , 투영 배율 ( $\beta$ ), 및 최대  $\sigma$  값 ( $\sigma$ ) 은 상기 값에 한정되지 않고 임의의 값을 취할 수 있다. 예를 들어, 최대  $\sigma$  값 ( $\sigma$ ) 을 제어하기 위해서는 도 1(a) 의 프리즘 (71 및 72) 의 간격을 변화시켜, 도 3 의 광량 분포 중 주변의 광량이 큰 영역 (29A~29D) 및 영역 (30A~30D) 의 반경 방향의 위치 (X 방향, Y 방향에 관한 광축 (BX) 과의 거리) 를 변화시키면 된다. 또한, 도 1(c) 에 나타내는 바와 같이 2쌍의 프리즘 (71A, 71B 및 71C, 71D) 을 사용하고, 도 3 의 광량 분포 중, 주변의 광량이 큰 영역 (29A~29D) 및 영역 (30A~30D) 의 위치 (광축 (BX) 과의 거리) 를 X 방향과 Y 방향에서 각각 독립적으로 제어해도 된다.
- [0144] 또, 도 3 의 광량 분포에 있어서, 중심 영역 (28) 의 광량 (예를 들어 단위 면적당 강도) 과 주변의 8개의 영역 (29A~29D, 30A~30D) 의 광량을 상이하게 해도 된다. 또한, 주변의 제 1 원주 (32A) 를 따른 4개의 영역 (29A~29D) 의 광량과 제 2 원주 (32B) 를 따른 4개의 영역 (30A~30D) 의 광량을 상이하게 해도 된다. 이들의 광량의 상대적인 크기는 예를 들어, 전사하는 패턴마다 최적의 해상도가 얻어지도록 조정해도 된다.
- [0145] 또, 도 3 의 광량 분포 대신에, 도 6(b) 에 나타내는 바와 같이, 도 3 의 주변의 반경 방향의 2개씩의 영역 (29A, 30A, 29B, 30B, 29C, 30C, 및 29D, 30D) 을 각각 반경 방향으로 실질적으로 연결시킨 4개의 가늘고 긴 영역 (130A, 130B, 130C, 및 130D) 과, 중심 영역 (28) 을 포함하는 5개의 영역에서 광량이 커지는 광량 분포를 사용해도 된다. 이 경우에도, 거의 동일하게 여러 피치의 패턴에 대하여 높은 해상도를 얻을 수 있다. 또, 도 6(b) 의 광량 분포로 각각 반경 방향으로 나열되는 2개의 영역의 연결부에서의 광량은 그 2개의 영역에서의 광량과 e동일한 정도이어도 되고, 또는 그 2개의 영역에서의 광량과 상이하게, 예를 들어 작게 해도 된다.
- [0146] 또, 도 3 의 광량 분포를 사용하는 경우보다 더욱 해상도 및 초점 심도를 개선하기 위해서는 제 1 영역으로서의 중앙의 원형의 영역 (28) 대신에 고리띠 형상의 영역을 사용하면 된다.
- [0147] 도 6(a) 는 그와 같이 제 1 영역을 고리띠 형상의 영역으로 한 경우의 도 1(a) 의 플라이아이 렌즈 (5) 의 사출면 (Q1; 조명 광학계 (12) 의 동공면) 에 있어서의 조명광 (IL) 의 광량 분포를 나타내고 있다. 이 도 3 에 대응하는 부분에 동일 부호를 붙인 도 6(a) 에 있어서, 광축 (BX) 을 중심으로 하는 외반경 ( $r_1$ ) 에서 내반경 ( $r_{1R}$ ) 의 고리띠 형상의 영역 (28R) 과, 그것을 둘러싸는 8개의 영역 (29A~29D 및 30A~30D) 을 포함하는 9개의 영역에서 조명광의 광량이 거의 일정해지고, 그 이외의 영역에서는 조명광의 광량은 거의 0 으로 되어 있다. 또한, 고리띠 형상의 영역 (28R) 의 외반경 ( $r_1$ ) 과 내반경 ( $r_{1R}$ ) 의 비의 값 ( $=r_{1R}/r_1$ ) 은 0 과 1 사이의 임의의 값이고, 일례로서 1/3 고리띠 형상 ( $r_{1R}/r_1=1/3$ ), 1/2 고리띠 형상 ( $r_{1R}/r_1=1/2$ ), 2/3 고리띠 형상 ( $r_{1R}/r_1=2/3$ ) 등을 사용할 수 있다. 이 밖의 조건은 도 3 의 광량 분포를 사용하는 경우와 동일하다.
- [0148] 도 6(a) 의 광량 분포를 사용하는 경우에는 도 5 의 곡선 (36) 으로 표현되는 CD값의 시뮬레이션 결과보다 더욱 안정된 CD값의 분포가 얻어진다. 또한, 보다 넓은 초점 심도로 안정된 CD값이 얻어진다.
- [0149] 또한, 본 예에 있어서, 도 6(a) 의 주변의 영역 (29A~29D 및 30A~30D) 에 분포하는 빛을 직선 편광으로 해도 된다. 이 때에, 일례로서 화살표 (AR) 로 나타내는 바와 같이, 그 주변 영역에 분포하는 빛을 편광 방향이 접선 방향 (입사면에 대하여 수직인 방향) 인 S 편광으로 해도 된다. 그럼으로써, 특정 패턴에 대한 해상도 등이 향상되는 경우가 있다. 이는 도 3 또는 도 6(b) 의 광량 분포를 사용하는 경우도 동일하다.
- [0150] 또, 광원 (1) 으로부터 발생하여 전술한 주변의 광량이 큰 8개 또는 4개의 영역에 각각 분포하는 빛이 비편광, 또는 그 편광 방향이 원주 방향과 일치하고 있지 않을 때에는 예를 들어, 회절 광학 소자 (21; 편향 부재) 와 플라이아이 렌즈 (5) 사이에서, 각 영역에 분포하는 빛이 지나는 광로 상에 1/2 파장판 또는 1/4 파장판 등의 편광 설정 부재를 배치하여, 편광 방향이 원주 방향과 거의 일치하는 직선 편광의 광속으로 변환하는 것이 바람

직하다. 이 때, 전술한 복수의 프리즘 중 광축 (BX) 을 따라 가동으로 또한 가장 상류측 (광원측) 에 배치되는 1개의 프리즘 (가동 부재) 의 입사측, 예를 들어 렌즈 (4) 와의 사이, 또는 회절 광학 소자 (21) 와 렌즈 (4) 사이에 편광 설정 부재를 형성하는 것이 바람직하다. 이 경우, 회절 광학 소자의 교환 또는 복수의 프리즘의 간격 변경 등에 의한 광축의 진행 방향 (광로) 의 변화에 따라 편광 설정 부재를 이동하거나, 또는 그 변화를 예상하여 편광 설정 부재를 크게 형성할 필요가 없다.

[0151] 또, 도 6(b) 의 광량 분포로 중심의 원형 영역 (28) 을, 도 6(a) 와 동일하게 고리띠 형상의 영역으로 해도 된다.

[0152] 또한, 본 예의 회절 광학 소자 (21) 는 소정 면으로서의 조명 광학계 (12) 의 동공면 상에서의 광량 분포를 소정 상태로 설정하고 있지만, 그 소정 면을 도 1(a) 의 투영 광학계 (PL) 의 동공면 (Q3) 으로 할 수도 있다. 이 때, 그 회절 광학 소자 (21) 에 의해서, 레티클 (R) 이 존재하지 않는 경우에, 투영 광학계 (PL) 의 동공면 (Q3) 에 있어서, 광축 (AX) 을 포함하는 제 1 영역 및 그것을 둘러싸는 8개의 영역에서 거의 일정해지고, 그 이외의 영역에서 그보다 낮은 광량이 되는 광량 분포가 설정된다.

[0153] 또, 본 예의 도 3 및 도 6(a) 의 예에서는 동공면 상에 있어 광량이 거의 일정한 영역 (28 또는 28R), 영역 (29A~29D), 및 영역 (30A~30D) 은 각각 원형 (또는 고리띠 형상) 이지만, 그 각 원형 (또는 고리띠 형상) 영역을 각각 타원형 (또는 타원형의 고리띠 형상) 의 영역으로 할 수도 있다. 또한, 각 원형 (또는 고리띠 형상) 의 영역을 다음과 같이 다각형 (또는 다각형의 테두리형) 의 영역으로 할 수도 있고, 원형 (또는 타원형) 영역과 다각형 영역을 조합할 수도 있다.

[0154] 도 9 는 그 동공면 상에서 가능한 별도의 광량 분포를 나타내고, 도 9 에 나타내는 바와 같이, 그 광량 분포는 중앙의 사각형 (정사각형 외에 정육각형 등도 가능) 의 영역 (28A), 그것을 둘러싸는 4개의 사각형 영역 (29E~29H), 및 그것을 둘러싸는 4개의 사각형의 영역 (30E~30H) 에서 거의 일정해지고, 그 이외의 영역에서 그보다 낮게 되어 있다. 이 경우, 그 사각형 영역의 위치 및 면적은 각각 도 3 의 영역 (28), 영역 (29A~29D), 및 영역 (30A~30D) 의 위치 및 면적과 거의 같으면 된다. 또, 도 6(a) 에 대응시키는 경우에는 도 9 의 중앙 영역 (28A) 대신에 테두리형의 영역을 사용하면 된다.

[0155] 다음으로, 도 1(a) 의 리볼버 (24) 에는 다른 회절 특성을 갖는 제 2 회절 광학 소자 (22) 가 형성되어 있다. 이 제 2 회절 광학 소자 (22) 를 조명광 (IL) 의 광로 상에 설치한 경우에는 플라이아이 렌즈 (5) 의 사출면 (Q1; 동공면) 의 5개의 영역에서 거의 일정한 광량이 되고, 그 이외의 영역에서 그보다 낮은 (본 예에서는 거의 0) 광량이 되는 광량 분포가 얻어진다.

[0156] 도 7(a) 는 제 2 회절 광학 소자 (22) 를 사용한 경우의 도 1(a) 의 플라이아이 렌즈 (5) 의 사출면 (Q1; 동공면) 에 있어서의 조명광 (IL) 의 광량 분포를 나타내고, 이 도 3 에 대응하는 부분에 동일 부호를 붙인 도 7(a) 의 광량 분포는 도 1(a) 의 조명 광학계 (12) 의 광축 (BX) 을 중심으로 하는 외반경 ( $r_4$ ) 에서 내반경 ( $r_{4R}$ ) 의 원형의 고리띠 형상의 영역 (33R; 제 1 영역) 과, 그 영역 (33R) 을 둘러싸는 반경 ( $R_3$ ) 의 원주 (35) 를 따라  $90^\circ$  간격으로 중심이 배치된 4개의 반경 ( $r_5$ ) 의 원형의 영역 (34A, 34B, 34C, 34D; 제 2 영역) 을 포함하는 서로 떨어진 5개의 영역에서 거의 일정 광량이 되고, 그 이외의 영역에서는 그 일정 광량보다 낮은 광량 (본 예에서는 거의 0) 으로 되어 있다. 이 경우에도, 중심 영역 (33R) 의 외측의 윤곽은 그 이외의 4개의 영역 (34A~34D) 보다 크게 설정되어 있다 ( $r_4 > r_5$ ).

[0157] 또한, 고리띠 형상의 영역 (33R) 의 외반경 ( $r_4$ ) 과 내반경 ( $r_{4R}$ ) 의 비의 값 ( $=r_{4R}/r_4$ ) 은 0 과 1 사이의 임의이고, 일례로서  $1/3$  고리띠 형상 ( $r_{4R}/r_4=1/3$ ),  $1/2$  고리띠 형상 ( $r_{4R}/r_4=1/2$ ),  $2/3$  고리띠 형상 ( $r_{4R}/r_4=2/3$ ) 등을 사용할 수 있다. 또한, 반경 ( $r_4$ ) 의 바람직한 범위는 (13) 식의 반경 ( $r_1$ ) 의 범위와 같고, 반경 ( $r_3$ ) 및 반경 ( $r_5$ ) 의 바람직한 범위는 각각 (10) 식의 반경 ( $R_2$ ), 및 (14) 식의 반경 ( $r_2$ ) 과 같다.

[0158] 또, 본 예에서는 전사 대상의 2차원 패턴의 배열 방향이 X 방향, Y 방향이기 때문에, 외주부의 4개의 영역 (34A~34D) 은 각각 광축 (BX) 을 지나서 X 방향 (또는 Y 방향) 으로  $45^\circ$  로 교차하는 직선을 따라 배치되어 있다.

[0159] 또한, 일례로서, 영역 (33R) 의 반경 ( $r_4$ ), 영역 (34A~34D) 의 반경 ( $r_5$ ), 및 원주 (35) 의 반경 ( $R_3$ ) 은 각각 다음과 같이 최대  $\sigma$  값 ( $\sigma$ ) 의 0.2배, 0.1배, 및 0.9배로 설정되어 있다.

[0160]  $r_4=0.3\sigma, r_5=0.1\sigma \quad \cdots(16)$

[0161]  $R_3=0.9\sigma \quad \cdots(17)$



- [0162] 본 발명자는 (16) 식, (17) 식의 조건을 만족하는 도 4의 동공면 상의 영역 (33), 및 영역 (34A~34D) 으로 이루어지는 5개의 영역에서 광량이 일정해지고, 그 이외의 영역에서 광량이 0 가 되는 광량 분포 하에서, 레티클 면에 여러 피치의 컨택트 홀의 패턴을 배치하여, 그 패턴의 축소 이미지를 투영 광학계 (PL) 를 통해 웨이퍼 (W) 상에 전사한 경우에 얻어지는 CD (critical dimension) 의 평가를 컴퓨터의 시뮬레이션으로 행하였다. 또, 이 시뮬레이션에 있어서, 노광 파장은 ArF 레이저광, 도 1(a) 의 투영 광학계 (PL) 의 이미지측 (웨이퍼측) 의 개구수 ( $NA_{PL}$ ) 는 0.78, 투영 배율 ( $\beta$ ) 은 1/4, 최대  $\sigma$  값 ( $\sigma$ ) 의 값은 0.9 이다.
- [0163] 도 8의 꺾은선의 곡선 (F1, F2) 은 그 동공면 상의 5개의 영역에서 광량이 일정해지는 경우의 CD값의 시뮬레이션 결과를 나타내고, 도 8의 가로축은 웨이퍼의 디포커스량 (F( $\mu m$ )), 세로축은 CD값으로서의 양호하게 전사할 수 있는 패턴의 선폭 ( $\mu m$ ) (웨이퍼 상에서의 선폭) 을 나타내고 있다. 또한, 도 8의 거의 평탄한 곡선 (F1) 은 선폭이 140nm 이고 피치 220nm 인 컨택트 홀의 패턴에 대한 시뮬레이션 결과, 산형의 곡선 (F2) 은 선폭이 140nm 인 고립 패턴에 대한 시뮬레이션 결과를 나타내고 있다. 곡선 (F1, F2) 으로 알 수 있는 바와 같이, 양방의 패턴에 대하여 디포커스량 (F) 이  $-0.2\mu m \sim 0.2\mu m$  정도인 범위에서 거의 일정한 CD값이 얻어지고 있다. 따라서, 고립 패턴으로부터 미세 피치의 컨택트 홀의 패턴까지의 여러 패턴을 고해상도로 또한 넓은 초점 심도로 전사할 수 있다.
- [0164] 또, 이 도 7(a)의 광량 분포를 사용하는 경우에도, 예를 들어 최대  $\sigma$  값 ( $\sigma$ ) 을 제어하기 위해서, 도 1(a)의 프리즘 (71 및 72)의 간격을 변화시켜, 도 7(a)의 주변의 광량이 큰 영역 (34A~34D)의 반경 방향의 위치 (X 방향, Y 방향)에 관한 광축 (BX) 과의 거리)를 변화시켜도 된다. 또한, 도 1(c)에 나타내는 바와 같이 2쌍의 프리즘 (71A, 71B 및 71C, 71D)를 사용하고, 도 7(a)의 광량 분포 중, 주변의 광량이 큰 영역 (34A~34D)의 위치 (광축 (BX) 과의 거리)를 X 방향과 Y 방향에서 각각 독립적으로 제어해도 된다.
- [0165] 또한, 도 7(a)의 광량 분포에 있어서, 중심 영역 (33R)의 광량 (예를 들어 단위 면적당 강도)와 주변의 4개의 영역 (34A~34D)의 광량을 상이하게 해도 된다. 이들 광량의 상대적인 크기는 예를 들어 전사하는 패턴마다 최적의 해상도가 얻어지도록 조정해도 된다.
- [0166] 또, 도 7(a)의 광량 분포 대신에, 도 7(b)에 나타내는 바와 같이, 도 7(a)의 주변의 4개의 영역 (34A~34D)과 중심의 고리띠 형상의 영역 (33R)을 반경 방향으로 실질적으로 연결시킨, 중심에 개구가 있는 불가사리 (starfish)형 또는 별형의 영역 (134)에서 광량이 커지는 광량 분포를 사용해도 된다. 영역 (134)의 중앙부에서는 광량이 0이 아니라, 광량이 낮아지지만 해도 된다. 이 경우에도, 거의 동일하게 여러 피치의 패턴에 대하여 높은 해상도를 얻을 수 있다.
- [0167] 또, 도 7(a)의 주변의 영역 (34A~34D)과 중심 영역 (33R)을 연결하는, 도 7(b)의 광량 분포로 반경 방향으로 연장되는 연결부에서의 광량은 그 주변 또는 중심 영역에서의 광량과 같은 정도라도 되고, 또는 그 주변 또는 중심 영역에서의 광량과 상이하게, 예를 들어 작게 해도 된다.
- [0168] 또한, 본 예에 있어서, 도 7(a)의 주변의 영역 (34A~34D)에 분포하는 빛을 직선 편광으로 해도 된다. 이 때에, 일례로서 화살표 (AR)로 나타내는 바와 같이, 그 주변 영역에 분포하는 빛을 편광 방향이 접선 방향 (입사면에 대하여 수직인 방향)인 S 편광으로 해도 된다. 그럼으로써, 특정 패턴에 대한 해상도 등이 향상되는 경우가 있다. 이것은 도 7(b)의 광량 분포를 사용하는 경우에도 마찬가지이고, 영역 (134)중 반경 방향으로 연장되는 주변의 영역, 특히 도 7(a)의 주변의 영역 (34A~34D)에 대응하는 그 일부에 분포하는 빛을, 편광 방향이 접선 방향이 되는 직선 편광으로 해도 된다. 또, 도 7(a), 도 7(b)의 광량 분포로 주변의 영역에 분포하는 빛이 비편광, 또는 그 편광 방향이 접선 방향과 일치하지 않을 때에는 상기한 바와 같이, 예를 들어 회절 광학 소자 (21)와 플라이아이 렌즈 (5) 사이에 편광 설정 부재를 형성하는 것이 바람직하다.
- [0169] 여기서 비교를 위해, 도 7(a)의 중앙의 고리띠 형상의 영역 (33R)대신에 원형의 영역에서 광량을 일정하게 한 경우의 시뮬레이션 결과를 나타낸다.
- [0170] 도 4는 그와 같이 도 7(a)의 중앙의 고리띠 형상의 영역 (33R)대신에 반경 ( $r_4$ )의 원형의 영역 (33)에서 광량을 일정하게 하고, 그것을 둘러싸는 4개의 영역 (34A~34D)에서는 도 7(a)의 경우와 같이 광량을 일정하게 한 광량 분포를 나타내고 있다.
- [0171] 도 4에 있어서, 일례로서, 영역 (33)의 반경 ( $r_4$ ), 영역 (34A~34D)의 반경 ( $r_5$ ), 및 원주 (35)의 반경 (R3)은 각각 다음과 같이 최대  $\sigma$  값 ( $\sigma$ )의 0.2배, 0.1배, 및 0.9배로 설정되어 있다.
- [0172]  $r_4=0.2\sigma$ ,  $R_5=0.1\sigma$  ... (18)



- [0173]  $R3=0.9\sigma$  ... (19)
- [0174] 본 발명자는 (18) 식, (19) 식의 조건을 만족하는 도 4의 동공면 상의 영역 (33), 및 영역 (34A~34D)으로 이루어지는 5개의 영역에서 광량이 일정해지고, 그 이외의 영역에서 광량이 0이 되는 광량 분포 하에서, 레티클면에 여러 피치의 컨택트 홀의 패턴을 배치하여, 그 패턴의 축소 이미지를 투영 광학계 (PL)를 통해 웨이퍼 (W) 상에 전사한 경우에 얻어지는 CD (critical dimension)의 평가를 컴퓨터의 시뮬레이션으로 행하였다. 또, 이 시뮬레이션에 있어서, 도 1(a)의 투영 광학계 (PL)의 이미지측 (웨이퍼측)의 개구수 ( $NA_{PL}$ ), 투영 배율 ( $\beta$ ), 최대  $\sigma$  값 ( $\sigma$ )의 값은 도 3의 경우의 (12)식과 같다.
- [0175] 도 5의 점선의 곡선 (37)은 그 동공면 상의 5개의 영역에서 광량이 일정해지는 경우의 CD값의 시뮬레이션 결과를 나타내고, 곡선 (37)으로 알 수 있는 바와 같이, 피치 500~700nm 정도로 CD값이 낮게 되어 있다.
- [0176] 따라서, 도 3의 동공면 상의 9개의 영역에서 거의 일정한 광량이 되는 광량 분포를 사용한 경우가, 도 4의 중앙의 원형의 영역을 포함하는 5개의 영역에서 거의 일정해지는 광량 분포를 사용하는 경우보다, 넓은 피치 범위에 걸쳐 고정밀도로 패턴을 전사할 수 있음을 알 수 있다.
- [0177] [제 2 실시형태]
- [0178] 다음으로, 본 발명의 제 2 실시형태에 관하여 도 10~도 17을 참조하여 설명한다. 본 예에 있어서도, 기본적으로 도 1(a)의 주사 노광형의 투영 노광 장치를 사용하여 노광하는 것으로 한다. 단, 본 예에서는 도 1(a)의 회절 광학 소자 (21) 대신에 특성이 상이한 회절 광학 소자 (22A; 상세한 내용은 후술)를 사용한다. 따라서, 회절 광학 소자 (22A), 제 1 프리즘 (71), 및 제 2 프리즘 (72)이 소정 광량 분포를 설정하기 위한 광학 부재에 대응한다. 본 예에서도, 가동 프리즘으로서 제 1 실시형태와 마찬가지로 프리즘 (71, 72; 또는 제 1 프리즘 (71)뿐이어도 된다)이 사용되고 있다.
- [0179] 또, 가동 프리즘으로서 도 10에 나타내는 바와 같이, 일 방향으로 굴절력이 있고 그것에 직교하는 방향으로 굴절력이 없는 1쌍의 V자형의 간격 가변의 프리즘 (71A, 72A)을 사용해도 된다. 또, 프리즘 (71A, 71B)은 각각 중심의 직사각형 영역 (본 예에서는 평행 평면판)이 광축 (BX)과 거의 직교하고, 또한 주변부의 2개의 사면이 광축 (BX)을 포함하여 도 1(a)의 지면과 직교하는 면에 관해서 거의 대칭이 되도록 배치된다.
- [0180] 이 구성에서는 프리즘 (71A, 72A)의 간격 가변에 의해서, 도 10의 지면 내 상하 방향 (예를 들어, 조명 광학계 (12)의 동공면에서의 조명광의 광량 분포가 나타나는 후술하는 도 12에서는 X방향에 대응)에 관한 주변의 광량이 큰 복수의 영역의 위치 (광축 (BX)과의 거리)가 변화한다.
- [0181] 이하, 본 예의 조명 광학계 및 조명 방법에 관하여 상세히 설명한다. 본 예에서는 도 1(a)의 레티클 (R) 대신에, 레티클 (RA)을 레티클 스테이지 (14)상에 로드한다.
- [0182] 도 11(a)는 도 1(a)중의 레티클 스테이지 (14)상에 로드되는 레티클 (RA)에 형성된 전사용의 패턴 (원판 패턴)의 일례를 나타내고, 이 도 11(a)에 있어서, 레티클 (RA)의 패턴 영역 (PA)내에는 X방향의 폭 (a)으로 Y방향의 폭 (b)의 사각형의 개구 패턴 (51)을 X방향 (본 예에서는 비주사 방향)으로 피치 (P)로 주기적으로 배열하여 구성되는 일 방향 밀집 컨택트 홀용의 패턴 (52)이 형성되어 있다. 피치 (P)는 본 예의 투영 노광 장치의 거의 해상 한계에 가까운 미세한 피치 (예를 들어 웨이퍼 (W)상에서의 투영 이미지로 환산한 길이로 150nm 정도)이고, X방향의 폭 (a)은 피치 (P)의 거의 1/2 정도, Y방향의 폭 (b)은 폭 (a)과 같은 정도부터 그 10배 정도까지 ( $a \sim 10a$  정도)의 길이이다. 패턴 (52)은 Y방향 (본 예에서는 주사 방향)으로 고립 패턴이라고 간주할 수 있는 일 방향 밀집 패턴이다. 또, 패턴 (52)은 개구 패턴 (51)을 X방향으로 4개 나열한 주기적인 패턴이지만, 개구 패턴 (51)의 개수는 2개 이상의 임의의 개수이면 된다. 또, 개구 패턴 (51)은 차광막 중에 형성된 투과 패턴이지만, 그 대신에 투과부에 형성한 차광 패턴을 사용해도 된다.
- [0183] 또한, 패턴 (52)에 대하여 Y방향으로 떨어진 위치에, 개구 패턴 (51)을 피치 (P)보다 큰 피치 (Q)로 X방향으로 배열한 별도의 일 방향 밀집 컨택트 홀용의 패턴 (53)도 형성되어 있다. 패턴 (52 및 53)은 실제로는 X방향의 길이가 수  $\mu m$  정도 이하의 작은 패턴이고, 레티클 (RA)의 패턴 영역 (PA)에는 그들 이외의 각종 패턴 (도시하지 않음)이 형성되어 있어도 된다. 또, 도 11(b)에 나타내는 바와 같이, 각각 개구 패턴 (51)을 X방향으로 피치 (P)로 배열한 패턴 (52A, 52B, 52C)이 Y방향으로 피치 (P)보다 꽤 큰 피치로 레티클 (RA)상에 형성되어 있는 경우, 각 패턴 (52A, 52B, 52C)을 각각 일 방향 밀집 패턴이라고 간주하고, 본 예의 전사 대상으로 할 수도 있다. 또, 복수의 주기적인 패턴은 각각 주기 방향에 직교하는 방향 (Y방향)에 관해서 고립적이라고 간주할 수 있는 간격으로 배치되어 있으면 되고, 그 개수는 임의이어도 된다.

- [0184] 이러한 레티클 (RA) 상의 일 방향 밀집 패턴의 이미지를 고해상도로 웨이퍼 상에 전사하기 위해서, 본 예에서는 도 1(a)에 나타내는 바와 같이, 조명광 (IL)의 광로 상에 회절 광학 소자 (22A)를 배치하여, 소정 면으로서의 플라이아이 렌즈 (5)의 사출면 (Q1; 동공면)에 있어서의 조명광 (IL)의 광량 분포 (강도 분포)를 소정 분포로 설정하고 있다.
- [0185] 도 12는 본 예의 도 1(a)의 플라이아이 렌즈 (5)의 사출면 (Q1; 조명 광학계 (12)의 동공면)에 있어서의 조명광 (IL)의 광량 분포를 나타내고, 이 도 12에 있어서, 도 11(a)의 레티클 (RA)상의 X 방향 (주기적으로 배열된 방향) 및 Y 방향 (고립 패턴이라고 간주할 수 있는 방향)에 대응하는 사출면 (Q1)상의 방향을 각각 X 방향 및 Y 방향으로 하고 있다. 여기서, 도 1(a)의 투영 광학계 (PL)의 물체측 (레티클측)의 개구수를  $NA$ , 이미지측 (웨이퍼측)의 개구수를  $NA_{PL}$ 로 하면, 투영 배율 ( $\beta$ )을 사용하여 다음의 관계가 있다.
- [0186]  $NA = \beta \cdot NA_{PL} \dots (5)$  (제 1 실시형태와 동일)
- [0187] 또, 조명 광학계 (12)로부터 레티클 (RA)에 입사하는 조명광 (IL)의 개구수 내의 최대치를  $NA_{IL}$ 로 하고, 본 예에서는 그 최대 개구수 ( $NA_{IL}$ )의 투영 광학계 (PL)의 개구수 ( $NA$ )에 대한 비의 값 (코히어런스 팩터)을 최대  $\sigma$  값이라고 부르고, 최대  $\sigma$  값을  $\sigma_{IL}$ 로 한다. 즉, 최대  $\sigma$  값의 조명광이란, 조명광 (IL)중에서 가장 큰 입사각으로 레티클 (RA)에 입사하는 빛이고, 최대  $\sigma$  값 ( $\sigma_{IL}$ )은 다음과 같이 나타낼 수 있다.
- [0188]  $\sigma_{IL} = NA_{IL} / NA = NA_{IL} / (\beta \cdot NA_{PL}) \dots (6A)$
- [0189] 도 12에 나타내는 조명 광학계의 동공면에서, 최외주의 원주 (26)는 투영 광학계 (PL)의 입사측의 개구수 ( $NA$ )와 같은 개구수를 갖는 가상적인 광속이 통과하는 영역의 외주를 나타내고, 그 내측의 원주 (27)는 최대  $\sigma$  값 ( $\sigma_{IL}$ )의 개구수를 갖는 조명광이 통과하는 영역에 접하는 반경  $\sigma$ 의 원주를 나타내고 있고, 모든 조명광은 원주 (27)의 내부를 통과한다. 원주 (27)의 반경  $\sigma$ 은 다음과 같이  $\sigma_{IL} \cdot NA$ 와 같다.
- [0190]  $\sigma = NA_{IL} = \sigma_{IL} \cdot NA = \sigma_{IL} \cdot \beta \cdot NA_{PL} \dots (6B)$
- [0191] 또한, 도 12에서는 X축 및 Y축의 원점을 광축 (BX)상에 취하고 있다. 본 예의 조명광 (IL)은 도 12에 있어서, 조명 광학계 (12)의 광축 (BX)을 중심으로 하는 반경 ( $r_4$ )의 고리띠 형상의 영역 (54)과, 그 영역 (54)을 X 방향으로 사이에 두는 2개의 반경 ( $r_5$ )의 원형의 영역 (55A, 55B)을 포함하는 3개의 영역 (사선을 그은 영역)에서 거의 일정한 광량을 갖고, 그 이외의 영역에서는 그 일정한 광량보다 낮은 광량 (본 예에서는 0)이 되는 광량 분포를 갖고 있다. 즉, 3개의 영역 (54, 55A, 55B)의 중심은 조명 광학계의 광축 (BX)을 지나서 X축 (전사 대상의 일 방향 밀집 패턴의 주기적으로 배열된 방향)에 평행한 직선을 따라 배치되어 있고, 양단의 영역 (55A 및 55B)의 중심과 광축 (BX)의 간격은 모두  $R_3$ 이다.
- [0192] 그리고, 고리띠 형상의 영역 (54)은 내측의 반경이 외측의 반경 ( $r_4$ )의  $1/2$ 인  $1/2$  고리띠 형상, 또는 내측의 반경이 외측의 반경 ( $r_4$ )의  $1/3$  또는  $2/3$ 인  $1/3$  고리띠 형상 또는  $2/3$  고리띠 형상 등이다. 또, 고리띠 형상의 영역 (54)대신에 도 15(A)에 나타내는 바와 같이, 반경 ( $r_4$ )의 원형의 영역 (54A)을 사용할 수도 있다. 또, 고리띠 형상의 영역 (54)대신에 실질적으로 복수로 분할된 영역을 사용해도 된다. 구체적으로, 고리띠 형상의 영역 (54)대신에, 도 15(C)에 나타내는 바와 같이, Y 방향 (또는 X 방향)으로 나뉜 2개의 반원형 (또는 원형 등)의 영역 (54A1 및 54A2)에서 광량이 커지는 광량 분포를 사용해도 된다. 이 경우, 고리띠 형상의 영역 (54)대신에, X 방향 및 Y 방향 (또는 이들의 축에  $45^\circ$ 로 교차하는 방향)으로 4분할된 영역에서 광량이 커지도록 해도 된다. 또, 도 12의 영역 (54, 55A, 55B)의 고리띠 형상 부근에서는 광량은 외측으로 향하여 점차로 감소하는 분포를 갖고 있어도 된다. 중심 영역 (54)이 제 1 영역에 대응하고, 그것을 사이에 두는 2개의 영역 (55A 및 55B)이 각각 제 2 영역 및 제 3 영역에 대응하고 있다. 이하에서는 그 반경 ( $r_4$ ,  $r_5$ ) 및 거리 ( $R_3$ )는 각각 최대  $\sigma$  값 ( $\sigma_{IL}$ )에 상응하는 (6B)식의 반경  $\sigma$  (최대  $\sigma$  값의 광속이 통과하는 점과 광축 (BX)의 간격)을 단위로서 나타내는 것으로 한다.
- [0193] \*본 예에서는 다음과 같이 반경 ( $r_4$  및  $r_5$ )은 각각  $0.1\sigma \sim 0.2\sigma$  정도의 범위 내로 설정되는 것이 바람직하다.
- [0194]  $0.1\sigma \leq r_4 \leq 0.2\sigma \dots (21)$

- [0195]  $0.1\sigma \leq r5 \leq 0.2\sigma \quad \dots(22)$
- [0196] 반경 ( $r4$ ,  $r5$ ) 의 값이 (21) 식, (22) 식의 하한보다 작아지면, 일 방향 밀집 패턴의 독립적인 방향의 광속에 의한 투영 광학계 (PL) 의 초점 심도가 알아지고, 반경 ( $r4$ ,  $r5$ ) 의 값이 (21) 식, (22) 식의 상한보다 커지면, 일 방향 밀집 패턴의 주기적인 방향의 광속에 의한 투영 광학계 (PL) 의 초점 심도가 알아진다. 또한, 다음과 같이 반경 ( $r4$ ) 과 반경 ( $r5$ ) 은 거의 같은 것이 바람직하다 (상세한 내용은 후술).
- [0197]  $r4 \doteq R5 \quad \dots(23)$
- [0198] 또, 도 12 의 양단의 영역 (55A 및 55B) 은 최대  $\sigma$  값의 원주 (27) 에 내접하고 있다. 따라서, 다음 관계가 성립하고 있다.
- [0199]  $R3 = \sigma - r5 \quad \dots(24)$
- [0200] 이 경우, (21) 식~(24) 식의 조건을 만족하는 도 12 의 동공면 상의 영역 (54, 55A, 55B) 에서 광량이 거의 일정해지고, 그 이외의 영역에서 광량이 거의 0 이 되는 광량 분포가 얻어지도록, 도 1(a) 의 회절 광학 소자 (22A) 의 회절 특성이 설정되어 있다. 이를 위해서는 회절 광학 소자 (22A) 는 일례로서, 광투과성 기판 상에 거의 도 12 의 X축에 따른 방향으로 규칙성을 갖는 요철의 격자를 형성함으로써 제조할 수 있다. 또한, 회절 광학 소자 (22A) 는 복수개의 위상형의 회절 격자를 조합한 것이어도 된다. 이들의 경우, 회절 광학 소자 (22A) 는 위상형이기 때문에, 빛의 이용 효율이 높다는 이점이 있다. 또, 회절 광학 소자 (22A) 로서는 굴절률 분포를 회절 격자형의 분포로 변화시킨 광학 소자를 사용할 수도 있다. 또, 특정한 회절 특성을 갖는 회절 광학 소자의 구조 및 제조 방법에 관해서는 예를 들어 본 출원인에 의한 일본국의 일본 공개특허공보 2001-176766호 (대응하는 미국특허 제6,563,567호) 에 상세히 개시되어 있다.
- [0201] 또, 회절 광학 소자 (22A) 에 의해서 얻어지는 광량 분포를, 도 12 의 영역 (54, 55A, 55B) 을 포함하는 영역에서 거의 일정한 광량이 되도록 해 두고, 도 12 의 영역 (54, 55A, 55B) 에 대응하는 부분에 개구가 형성된 개구 조리개를, 도 1(a) 의 플라이아이 렌즈 (5) 의 사출면 (Q1; 동공면) 에 배치해도 된다. 이 경우에도, 조명 광 (IL) 의 이용 효율이 높다는 이점은 얻어지고 있다.
- [0202] 도 12 의 조명광의 광량 분포로 도 11(a) 의 레티클 (RA) 의 일 방향 밀집 컨택트 홀의 패턴 (52; 일 방향 밀집 패턴) 을 조명한 경우의 결상 광속에 관해서, 도 13 을 참조하여 설명한다.
- [0203] 도 13(a) 는 패턴 (52) 으로부터 독립적인 Y 방향으로 회절되는 회절광 (결상 광속) 을 나타내고, 도 13(b) 는 패턴 (52) 으로부터 주기적인 X 방향으로 회절되는 회절광 (결상 광속) 을 나타내고, 도 13(a), 도 13(b) 에 있어서, 광속 (58, 59 및 60) 은 각각 도 12 의 조명 광학계의 동공면 상의 영역 (54, 55A 및 55B) 을 통과한 조명광 (IL) 을 나타내고 있다. 광속 (58, 59, 60) 에 의해서 패턴 (52; 개구 패턴 (51)) 으로부터 발생하는 회절광은 Y 방향으로 도 13(a) 에 나타내는 바와 같이, 중심에서 가장 강하고, 경사각 (회절각) 이 커질수록 강도가 저하되는 분포로 발생한다.
- [0204] 한편, 도 13(b) 에 나타내는 바와 같이, 도 12 의 광축 (BX) 을 중심으로 하는 영역 (54) 으로부터의 광속 (58) 의 조명에 의해서 패턴 (52) 에서 X 방향으로 발생하는 회절광에는 0차광 외에 +1차광 (58P) 및 -1차광 (58M) 이 있다. 이 때에, 패턴 (52) 은 거의 해상 한계이기 때문에, +1차광 (58P) 및 -1차광 (58M) 은 도 1(a) 의 투영 광학계 (PL) 를 통과할 수 없다. 또한, 도 12 의 양단의 영역 (55A 및 55B) 에서의 광속 (59 및 60) 의 조명에 의해서 패턴 (52) 에서 X 방향으로 발생하는 0차광을, 도 13(b) 에 나타내는 바와 같이 각각 0차광 (59 및 60) 으로 한다. 본 예의 패턴 (52) 은 거의 해상 한계이기 때문에, 일방의 광속 (59) 에 의한 패턴 (52) 으로부터의 +1차광 (59P) 은 타방의 0차광 (60) 과 평행하게 도 1(a) 의 투영 광학계 (PL) 에 입사하고, 타방의 광속 (60) 에 의한 패턴 (52) 으로부터의 -1차광 (60M) 은 일방의 0차광 (59) 과 평행하게 도 1(a) 의 투영 광학계 (PL) 에 입사한다.
- [0205] 또한, 입사하는 광속 (58, 59, 60) 의 파장을  $\lambda$ , 0차광 (59) 의 패턴 (52) 의 법선에 대한 X 방향의 사출각을  $\theta$ , 0차광 (60) 의 패턴 (52) 의 법선에 대한 X 방향의 사출각을  $-\theta$  로 하고, 일방의 광속 (59) 중에서, 도 13(b) 에 있어서 인접하는 개구 패턴 (51) 을 X 방향의 간격 (P) 으로 통과하는 광속을 광속 (59A, 59B) 으로 한다. 이 경우, 광속 (59A) 의 +1차광 (59AP) 과 광속 (59B) 의 +1차광 (59BP) 의 광로 길이의 차분 ( $\Delta A$ ) 은 다음과 같이 파장 ( $\lambda$ ) 과 같아진다.
- [0206]  $\Delta A = 2 \cdot P \cdot \sin \theta = \lambda \quad \dots(25)$
- [0207] 또한, 도 12 의 영역 (55A, 55B) 과 광축 (BX) 의 X 방향의 간격 (R3) 이, 다음과 같이 도 13(b) 의 광속 (59,

60)의 0차광의 사출각 ( $\theta$ )의 정현 ( $\sin\theta$ )에 대응하고 있다.

[0208]  $R3 = \sigma - r5 = \sin\theta \quad \dots(26)$

[0209] 또, (26)식은 도 1(a)의 조명 광학계 (12) 중의 사출면 (Q1; 동공면)과 레티클면 사이의 부분 광학계의 사출면 (Q1)측의 초점 거리 ( $f_{Q1}$ )를 1로 둔 경우에 대응하고 있다. (25)식 및 (26)식으로부터 다음 관계가 성립한다. (26)식의 간격 (R3)의 단위는 없기 때문에, 다음 식의 양변의 단위는 모두 길이가 된다.

[0210]  $P = \lambda / (2 \cdot R3) = \lambda / \{2(\sigma - r5)\} \quad \dots(27A)$

[0211] 바꿔 말하면, (27A)식이 본 예의 투영 노광 장치의 물체면 (레티클면)에서의 X 방향 (주기 방향)의 해상 한계를 나타내고 있고,  $\sigma$ 를 크게 하거나 또는 반경 ( $r5$ )을 작게 하고 간격 (R3)을 크게 할수록, 해상 한계인 피치 (P)를 작게 할 수 있다. 피치 (P)를 다음과 같이 웨이퍼 상에서의 길이로 환산한 피치 ( $\beta \cdot P$ )는 투영 광학계 (PL)의 이미지면 (웨이퍼면)에서의 X 방향의 해상 한계가 된다.

[0212]  $\beta \cdot P = \beta \cdot \lambda / \{2(\sigma - r5)\} \quad \dots(27B)$

[0213] 본 예에 있어서, 파장 ( $\lambda$ )을 193.306nm로 하고, 일례로서 투영 광학계 (PL)의 웨이퍼측의 개구수 ( $NA_{PL}$ )를 0.85, 투영 광학계 (PL)의 투영 배율 ( $\beta$ )을 1/4, 조명 광학계 (12)의  $\sigma$ 값인  $\sigma_{IL}$ 을 0.90, 도 12의 영역 (55A, 55B)의 반경 ( $r5$ )을  $0.14\sigma$ 로 하고, 이것을「제 1 조명 조건」이라고 부른다. 이 조건 하에서의 이미지면측에서의 해상 한계 ( $\beta \cdot P$ )는 (6B)식, (27B)식의 관계로부터, 다음과 같이 거의 147nm가 된다.

[0214]  $\beta \cdot P = 146.7(\text{nm}) \quad \dots(28)$

[0215] 도 12는 도 1(a)의 투영 광학계 (PL)의 동공면 (Q3)에 있어서의 X 방향의 광량 분포를 나타내는 도면이라고도 간주할 수 있다. 이 경우, 도 12의 영역 (54, 55A, 55B)은 조명광 (IL)의 0차광이 통과하는 위치에 대응하여, 도 11(a)의 패턴 (52)에 의한 조명광 (IL)의 X 방향의 +1차광은 원주 (27)내의 광량 분포를, 광축 (BX; 투영 광학계 (PL)의 광축 (AX))에서 +X 방향으로 간격  $2 \cdot R3$ 만큼 떨어진 점 (56A)을 중심으로 하는 원주 (57A)내의 영역으로 평행 이동한 분포가 된다. 마찬가지로, 패턴 (52)에 의한 조명광 (IL)의 X 방향의 -1차광은 원주 (27)내의 광량 분포를, 광축 (BX; 광축 (AX))에서 -X 방향으로 간격  $2 \cdot R3$ 만큼 떨어진 점 (56B)을 중심으로 하는 원주 (57B)내의 영역에 평행 이동한 분포가 된다. 이 경우, 영역 (55B; 또는 55A)을 통과하는 광속 (0차광)의 +1차광 (또는 -1차광)이 영역 (55A; 또는 55B)을 통과하기 때문에, 패턴 (52)의 이미지는 고해상도로 웨이퍼 상에 투영된다.

[0216] 또한, 영역 (55B; 55A)을 통과하는 광속의 +1차광 (-1차광)이 일부라도 원주 (26)내에 걸려 있으면, 패턴 (52)의 이미지는 결상되기 때문에, 이미지면측에서의 실제의 해상 한계 ( $\beta \cdot P$ )는 (28)식보다 작은 값이 된다.

[0217] 본 예에 관해서, 본 발명자는 도 12의 중앙 영역 (54)의 반경 ( $r4$ )과 양단부의 영역 (55A, 55B)의 반경 ( $r5$ )의 최적의 밸런스를 구하기 위해서, 반경 ( $r4$ )을 점차로 변화시키면서 컴퓨터의 시뮬레이션에 의해서 투영 광학계 (PL)에 의한 이미지의 초점 심도 (DOF)를 계산하였다. 이 때의 반경 ( $r4$ ) 이외의 조건은 상기 제 1 조명 조건과 같고, 반경 ( $r5$ )은  $0.14\sigma$ 이다. 또한, 도 11(a)의 패턴 (52)의 피치 (P)를 거의 해상 한계인 145nm로 하고, 개구 패턴 (51)의 X 방향의 폭 (a)을 70nm, Y 방향의 폭 (b)을 500nm로 하였다. 또, 피치 (P), 및 폭 (a, b)은 각각 투영 광학계 (PL)의 이미지면 상에 환산한 길이이다.

[0218] 도 14의 곡선 (61)은 그 시뮬레이션 결과를 나타내고, 도 14의 가로축은 도 12의 중심 영역 (54; 중심  $\sigma$ )의 반경 ( $r4$ ; 단위는  $\sigma$ ), 세로축은 반경 ( $r4$ )의 값에 대응하는 초점 심도 (DOF) (nm)의 계산 결과이다. 그 곡선 (61)으로부터 알 수 있는 바와 같이, 반경 ( $r4$ )이  $0.1\sigma \sim 0.2\sigma$ 의 범위 내에서 대략 100nm 이상의 초점 심도가 얻어지고 있다. 또한, 반경 ( $r4$ )이  $\sigma/1 (=0.14\sigma)$ 일 때, 즉 대략 반경  $r4=r5$ 가 성립할 때에, 가장 깊은 초점 심도가 얻어지고 있다. 이 경우, 기관으로서의 웨이퍼 상에 어느 정도의 요철이 존재하거나, 투영 광학계 (PL)의 수차 등에 의해서 전술한 노광 영역 내에서 이미지면에 만족 등이 발생되어 있더라도, 또는 예를 들어 주사 노광 방식으로 노광할 때에 어느 정도의 포커스 위치의 추종 오차가 잔존하고 있더라도, 일 방향 밀집 패턴을 고해상도로 전사할 수 있다. 또, 반경 ( $r4$ )이  $0.1\sigma$  정도보다 작아지면, 도 11(a)의 패턴 (52)의 고립적인 방향의 결상 광속의 초점 심도가 좁아진다. 한편, 반경 ( $r4$ )이  $0.2\sigma$  정도보다 커지면, 도 12의 중심 영역 (54)으로부터의 광속의 플레어 효과에 의해서, 도 11(a)의 패턴 (52)의 주기적인 방향의 결상 광속의 초점 심도가 좁아진다.



- [0219] 또한, 도 11(a)의 패턴 (52) 으로부터 떨어진 위치에 있는 일 방향 밀집 컨택트 홀의 패턴 (53)은 배열 방향이 패턴 (52)과 같고, 또한 피치 (Q)는 피치 (P)보다 크기 때문에, 상기 조명 조건 하에서 웨이퍼 상에 고해상도로 전사된다.
- [0220] 상기 기술한 바와 같이, 본 예의 도 12의 동공면 상의 광량 분포를 사용함으로써, 도 11(a)의 일 방향 밀집 컨택트 홀의 패턴 (52)을 포함하는 레티클 (RA)의 패턴은 X 방향 및 Y 방향으로 고해상도로 웨이퍼 (W) 상에 전사할 수 있다.
- [0221] 또, 예를 들어 도 11(a)의 레티클 (RA) 상에 X 방향을 주기 방향으로 하는 일 방향 밀집 패턴과, Y 방향을 주기 방향으로 하는 일 방향 밀집 패턴이 형성되어 있는 경우에는 그 중의 피치의 가장 작은 패턴의 주기 방향에 평행하게, 도 12의 조명광이 통과하는 3개의 영역 (54, 55A, 55B)의 배열 방향을 설정하면 된다. 이 때, 3개의 영역 (54, 55A, 55B)은 조명 광학계 (12)의 동공면 상에서 광축 (BX)을 지나고 또한 피치가 가장 작은 일방의 패턴의 주기 방향에 평행한 직선 상에 배치해도 되지만, 중앙 영역 (54)을 제외하는 2개의 영역 (55A, 55B)의 적어도 일방은 타방의 패턴의 주기 방향에 평행한 방향에 관한 광축 (BX)과의 거리가 영이 아니어도 되고, 예를 들어 그 밖의 패턴의 피치 등에 따라 그 거리를 설정해도 된다.
- [0222] 또한, 상기 실시형태의 투영 광학계 (PL)의 이미지지축의 개구수 ( $NA_{PL}$ ), 투영 배율 ( $\beta$ ), 및 조명 광학계 (12)의 최대  $\sigma$  값 ( $\sigma_{IL}$ )은 상기 값에 한정되지 않고 임의의 값을 취할 수 있다. 예를 들어, 최대  $\sigma$  값 ( $\sigma_{IL}$ )또는 도 12의 간격 (R3)을 제어하기 위해서는, 도 1(a)의 프리즘 (71 및 72)의 간격을 변화시켜, 도 12의 광량 분포 중 주변의 광량이 큰 영역 (55A 및 55B)의 반경 방향의 위치 (X 방향에 관한 광축 (BX)과의 거리)를 변화시키면 된다. 프리즘 (71, 72)대신에, 도 10의 V자형의 프리즘 (71A, 72A)를 사용하더라도, 마찬가지로 최대  $\sigma$  값을 제어할 수 있다.
- [0223] 또, 도 12의 광량 분포에 있어서, 중심 영역 (54)의 광량 (예를 들어 단위 면적당 강도)과 주변의 2개의 영역 (55A, 55B)의 광량을 상이하게 해도 된다. 이들의 광량의 상대적인 크기는 예를 들어 전사하는 패턴마다 최적의 해상도가 얻어지도록 조정해도 된다. 또, 본 예에 있어서, 도 12의 주변의 영역 (55A 및 55B)에 분포하는 빛을 직선 편광으로 해도 된다. 이 때에, 일례로서 그 주변 영역 (55A, 55B)에 분포하는 빛을 편광 방향이 접선 방향 (입사면에 대하여 수직인 방향)인 S 편광으로 해도 된다. 그럼으로써, 특정 패턴에 대한 해상도 등이 향상하는 경우가 있다.
- [0224] 또, 광원 (1) 으로부터 발생하여 전술한 주변의 광량이 큰 3개의 영역에 각각 분포하는 빛이 비편광, 또는 그 편광 방향이 접선 방향과 일치하지 않을 때에는 예를 들어 회절 광학 소자 (21; 편향 부재)와 플라이아이 렌즈 (5) 사이에서, 각 영역에 분포하는 빛이 지나는 광로 상에 1/2 파장판 또는 1/4 파장판 등의 편광 설정 부재를 배치하여, 편광 방향이 접선 방향과 거의 일치하는 직선 편광의 광속으로 변환하는 것이 바람직하다. 이 때, 전술한 한 쌍의 프리즘 중 광축 (BX)을 따라 가동하고 또한 가장 상류측 (광원측)으로 배치되는 1개의 프리즘 (가동 부재)의 입사측, 예를 들어 렌즈 (4)와의 사이, 또는 전술한 회절 광학 소자와 렌즈 (4) 사이에 편광 설정 부재를 형성하는 것이 바람직하다. 이 경우, 회절 광학 소자의 교환 또는 한 쌍의 프리즘의 간격 변경 등에 의한 광속의 진행 방향 (광로)의 변화에 따라 편광 설정 부재를 이동시키거나 또는 그 변화를 예상하여 편광 설정 부재를 크게 형성할 필요가 없다.
- [0225] 또한, 본 예의 회절 광학 소자 (22A)는 소정 면으로서의 조명 광학계 (12)의 동공면 상에서 광량 분포를 소정 상태로 설정하고 있지만, 그 소정 면을 도 1(a)의 투영 광학계 (PL)의 동공면 (Q3)으로 할 수도 있다. 이 때, 그 회절 광학 소자 (22A)에 의해서, 레티클 (RA)이 존재하지 않는 경우에, 투영 광학계 (PL)의 동공면 (Q3)에 있어서, 광축 (AX)을 포함하는 제 1 영역 및 그것을 사이에 두는 2개의 영역에서 거의 일정해지고, 그 이외의 영역에서 그보다 낮은 광량이 되는 광량 분포가 설정된다.
- [0226] 또, 본 예에서는 동공면 상에 있어서 광량이 거의 일정한 영역 (54, 55A, 55B)은 각각 원형 (또는 고리미형상)이지만, 그들의 영역의 외형을 각각 타원형의 영역으로 할 수도 있다. 또한, 각 영역의 외형을 다음과 같이 사각형 영역으로 할 수도 있고, 나아가서는 원형 (또는 타원형)영역과 사각형 영역을 조합할 수도 있다.
- [0227] 도 15(B)는 그 동공면 상에서 가능한 별도의 광량 분포를 나타내고, 도 15(B)에 나타내는 바와 같이, 그 광량 분포는 중앙의 사각형 (정사각형 외에 정육각형등도 가능)의 테두리형의 영역 (54B), 및 그것을 X 방향으로 사이에 두는 2개의 사각형의 영역 (55C, 55D)에서 거의 일정한 광량이 되고, 그 이외의 영역에서 그보다 낮게 되어 있다. 이 경우, 그 사각형 (또는 테두리형)영역의 위치 및 면적은 각각 도 12의 영역 (54, 55A, 55B)



의 위치 및 면적과 거의 같으면 된다.

[0228] 다음으로, 상기 (27A) 식 또는 (27B) 식보다, 도 12의 동공면 상의 조명광의 광량 분포에 있어서, 원주 (27)의 반경인  $\sigma$ 를 크게 함과 동시에, 양단의 영역 (55A, 55B)의 반경 ( $r_5$ )을 작게 할수록, 해상 한계 (P; 또는  $\beta P$ )를 작게 할 수 있음을 알 수 있다. 그러나, 반경 ( $r_5$ )이  $0.1\sigma$  정도보다 작아지면, 초점 심도가 얕아진다. 그래서, 이하에서는 실질적으로 반경 ( $r_5$ )을 작게 하여 해상도를 향상시킬 수 있음과 함께, 초점 심도는 깊게 유지할 수 있는 방법에 관하여 설명한다. 이를 위해, 도 1(a)의 리볼버 (24)에는 미소하게 상이한 회절 특성을 갖는 제 2 회절 광학 소자 (22B)가 형성되어 있다. 이 제 2 회절 광학 소자 (22B)를 조명광 (IL)의 광로 상에 설치한 경우에는 플라이아이 렌즈 (5)의 사출면 (Q1; 동공면)에서는 도 16(a)의 3개의 영역 (62, 63A, 63B)에서 거의 일정한 광량이 되고, 그 이외의 영역에서 그보다 낮은 (본 예에서는 거의 0) 광량이 되는 광량 분포가 얻어진다.

[0229] 도 16(a)는 제 2 회절 광학 소자 (22B)를 사용한 경우의 도 1(a)의 플라이아이 렌즈 (5)의 사출면 (Q1; 조명 광학계 (12)의 동공면)에 있어서의 조명광 (IL)의 광량 분포를 나타내고, 이 도 12에 대응하는 부분에 동일 부호를 붙인 도 16(a)에 있어서, 도 1(a)의 조명 광학계 (12)의 광축 (BX)을 중심으로 하는 반경 ( $r_6$ )의 원형의 영역 (62; 제 1 영역)을 X 방향으로 사이에 두도록, 광축 (BX)부터 각 중심까지의 간격이 R4가 되도록 2개의 Y 방향으로 가늘고 긴 X 방향의 폭 (t)으로 Y 방향의 길이 ( $h$ ;  $h>t$ )의 타원형의 영역 (63A, 63B; 제 2 영역 및 제 3 영역)이 설정되어 있다. 이 예에서도, 중앙 영역 (62)은 고리띠 형상이어도 된다. 2개의 가늘고 긴 타원형의 영역 (63A 및 63B)은 각각 반경  $\sigma$ 의 원주 (27)내의 영역과, 광축 (BX)으로부터의 간격이 R5인 위치 (64A 및 64B)를 중심으로 하는 반경이 NA (또는  $\sigma$ 도 가능하다)인 원주 (65A 및 65B)내의 영역이 겹친 영역이다. 이 때에, 간격 (R4)은 도 12의 광축 (BX)부터 영역 (55A, 55B)의 중심까지의 간격 (R3)보다 길게 설정되고, 간격 (R4 및 R5)은 다음과 같이 나타낼 수 있다.

[0230] 
$$R4 = (\sigma - t/2) > R3 \quad \dots(29A)$$

[0231] 
$$R5 = R4 + NA - t/2 \quad \dots(29B)$$

[0232] 그  $R4 > R3$ 의 관계를 성립시키기 위해서는 (22)식이 성립되는 것으로 하여, 타원형의 영역 (63A, 63B)의 X 방향의 폭 (t)의 1/2은 일례로서 거의 다음 범위로 설정된다. 마찬가지로 중앙의 원형의 영역 (62)의 반경 ( $r_6$ )은 거의  $t/2$ 의 2배 정도의 범위 내로 설정된다.

[0233] 
$$0.025\sigma \leq t/2 \leq 0.075\sigma \quad \dots(30)$$

[0234] 
$$0.05\sigma \leq r_6 \leq 0.16\sigma \quad \dots(31)$$

[0235] 또, 바람직하게는  $t/2$ 는  $0.05\sigma$  정도로 설정된다. 이들의 경우의 (27A)식에 대응하는 투영 광학계 (PL)의 물체면에서의 X 방향의 해상 한계 (P)는 다음과 같이 (27A)식의 값보다 작아진다.

[0236] 
$$P = \lambda / (2 \cdot R4) < \lambda / (2 \cdot R3) \quad \dots(32)$$

[0237] 도 16(a)의 조명 조건에 관해서도, 본 발명자는 중앙 영역 (62)의 반경 ( $r_6$ )과 양단부의 타원형의 영역 (63A, 63B)의 반폭 ( $t/2$ )의 최적의 밸런스를 구하기 위해서, 반경 ( $r_6$ )을 점차로 변화시키면서 컴퓨터의 시뮬레이션에 의해서 투영 광학계 (PL)에 의한 이미지의 초점 심도 (DOF)를 계산하였다. 이 때의 조명 조건 (제 2 조명 조건)은 파장 ( $\lambda$ )이 193.306nm, 투영 광학계 (PL)의 웨이퍼측의 개구수 ( $NA_{PL}$ )가 0.85, 투영 배율 ( $\beta$ )이 1/4, 조명 광학계 (12)의  $\sigma$ 값인  $\sigma_{IL}$ 이 0.93, 타원형의 영역 (63A, 63B)의 반폭 ( $t/2$ )이  $0.05\sigma$ 이다. 또한, 전사 대상인 도 11(a)의 패턴 (52)의 피치 (P)를 거의 해상 한계인 140nm로 하고, 개구 패턴 (51)의 X 방향의 폭 (a)를 70nm로 하였다. 또, 피치 (P) 및 폭 (a)는 각각 투영 광학계 (PL)의 이미지면 상에 환산한 길이이다.

[0238] 도 17의 곡선 (66)은 그 시뮬레이션 결과를 나타내고, 도 17의 가로축은 도 16(a)의 중심 영역 (62; 중심  $\sigma$ )의 반경 ( $r_6$ ; 단위는  $\sigma$ ), 세로축은 반경 ( $r_6$ )의 값에 대응하는 초점 심도 (DOF) (nm)의 계산 결과이다. 그 곡선 (66)으로부터 알 수 있는 바와 같이, 반경 ( $R6$ )이  $0.05\sigma \sim 0.16\sigma$  정도인 범위 내에서 거의 250nm 이상의 초점 심도가 얻어지고 있다. 또한, 반경 ( $r_6$ )이  $0.2 (=0.11\sigma)$ 일 때, 즉 거의 반경  $r_6 = t$ 가 성립할 때에, 가장 깊은 초점 심도 (약 350nm)가 얻어지고 있다. 따라서, 도 16(a)의 조명 조건을 사용함으로써, 일 방향 밀집 패턴에 대하여 보다 높은 해상도가 얻어짐과 함께, 깊은 초점 심도가 얻어진다. 본 예에서는 도 16(a)의 양단의 영역 (63A, 63B)의 X 방향 (주기 방향)의 폭은 좁아져도, 영역 (63A, 63B)의 면적

은 도 12 의 영역 (55A, 55B) 의 면적과 거의 같은 정도이기 때문에, 깊은 초점 심도가 얻어지고 있다.

- [0239] 또, 도 16(a) 의 중앙의 원형의 영역 (62) 대신에, 도 16(b) 에 나타내는 바와 같이, 주변의 타원형의 영역 (63A, 63B) 의 길이 방향과 직교하는 방향 (즉, 3개의 영역의 배열 방향과 평행한 방향) 인 X 방향을 길이 방향으로 하는 타원형의 영역 (62A) 에서 광량이 커지는 광량 분포를 사용해도 된다. 도 16(b) 의 광량 분포에 있어서, 타원형의 영역 (62A) 을 사이에 두는 2개의 타원형의 영역 (63A, 63B) 에서도 광량이 커진다. 이와 같이 중앙 영역 (62A) 을 타원형으로 함으로써, 광량을 감소시키지 않고 일 방향 밀집 패턴에 대하여 고립 방향의 해상도를 개선할 수 있는 경우가 있다.
- [0240] 또한, 도 16(a), 도 16(b) 의 광량 분포에 있어서, 중앙 영역 (62, 62A) 의 광량 (예를 들어 단위 면적당 강도) 와 주변의 영역 (63A, 63B) 의 광량을 상이하게 해도 된다.
- [0241] 또, 도 16(a), 도 16(b) 의 주변의 영역 (63A, 63B) 에 분포하는 빛을 직선 편광 (예를 들어 길이 방향이 편광 방향) 으로 해도 된다. 특히, 도 16(b) 의 광량 분포에서는 일례로서 그 주변의 타원형의 영역 (63A, 63B) 에 분포하는 빛을, 편광 방향이 화살표 (PC, PB) 로 나타내는 바와 같이 그 길이 방향 (즉, 도 11(a) 의 레티클의 패턴의 고립 방향에 대응하는 방향) 인 직선 편광 (S 편광) 으로 하는 것이 바람직하다. 이 때에 또한, 그 중앙의 타원형의 영역 (62A) 에 분포하는 빛을, 편광 방향이 화살표 (PA) 로 나타내는 바와 같이 그 길이 방향 (즉, 도 11(a) 의 레티클의 패턴의 주기 방향에 대응하는 방향) 인 직선 편광으로 하는 것이 바람직하다. 그럼으로써, 특정한 패턴에 대한 해상도 등이 향상되는 경우가 있다.
- [0242] 또, 도 16(a), 도 16(b) 의 광량 분포로 주변의 영역 (63A, 63B) 에 분포하는 빛이 비편광 또는 그 편광 방향이 길이 방향 (접선 방향) 과 일치하지 않을 때에는 상기한 바와 같이, 예를 들어 회절 광학 소자와 플라이아이 렌즈 (5) 사이에 편광 설정 부재를 형성하는 것이 바람직하다. 마찬가지로, 도 16(b) 의 광량 분포로 중앙 영역 (62A) 에 분포하는 빛이 비편광 또는 그 편광 방향이 길이 방향과 일치하지 않을 때에도, 전술한 편광 설정 부재에 의해서 그 편광 상태를 조정하는 것이 바람직하다.
- [0243] [제 3 실시형태]
- [0244] 다음으로, 본 발명의 제 3 실시형태에 관하여 도 18~도 21 을 참조하여 설명한다. 제 1 실시형태가 소정 광량 분포를 설정하기 위한 광학 부재로서 회절 광학 소자 (21, 22) 를 포함하는 부재를 사용한 데 비하여, 본 예는 그 광학 부재로서 개구 조리개를 사용하는 것으로, 도 18 에 있어서, 도 1(a) 에 대응하는 부분에는 동일 부호를 붙여 그 상세 설명을 생략한다.
- [0245] 도 18 은 본 예의 투영 노광 장치의 구성을 나타내고, 이 도 18 에 있어서, 노광 광원 (1) 으로부터의 조명광 (IL) 은 빔 익스텐더 (2) 및 미러 (3) 를 거쳐 플라이아이 렌즈 (5) 에 입사한다. 본 예의 플라이아이 렌즈 (5) 의 사출면 (Q1; 조명 광학계 (12) 의 동공면) 에는 소정 면으로서의 사출면 (Q1) 에서 소정 광량 분포를 얻기 위한 광학 부재로서의 개구 조리개 (42;  $\sigma$  조리개) 가 배치되어 있다. 개구 조리개 (42) 는 리볼버 (41) 에 장착되어 있고, 리볼버 (41) 에는 다른 개구 조리개 (44), 및 또 다른 개구 조리개 (도시하지 않음) 도 장착되어 있다. 본 예에서는 주제어계 (17) 가, 구동부 (43) 를 통해 리볼버 (41) 의 회전각을 제어하고, 사출면 (Q1; 동공면) 에 개구 조리개 (42, 44) 들 중 어느 하나를 설치함으로써, 조명 조건을 전환할 수 있도록 구성되어 있다.
- [0246] 개구 조리개 (42) 를 통과한 조명광 (IL) 은 콘덴서 렌즈계 (6), 시야 조리개 (7, 8), 결상용 렌즈계 (9), 미러 (10), 및 주콘덴서 렌즈계 (11) 를 통해, 마스크로서의 레티클 (R) 의 패턴면 (레티클면) 의 가늘고 긴 조명 영역을 똑같은 강도 분포로 조명한다. 노광 광원 (1), 빔 익스텐더 (2), 미러 (3), 플라이아이 렌즈 (5), 개구 조리개 (42; 또는 다른 개구 조리개), 콘덴서 렌즈계 (6), 시야 조리개 (7, 8), 결상용 렌즈계 (9), 미러 (10), 및 주콘덴서 렌즈계 (11) 로 본 예의 조명 광학계 (12) 가 구성되어 있다. 이 밖의 구성은 도 1(a) 의 실시형태와 동일하다.
- [0247] 본 예에서도, 전사 대상의 레티클 (R) 상의 패턴은, 도 2 에 나타내는 바와 같은 3종류의 상이한 피치의 컨택트 홀을 포함하는 패턴인 것으로 한다. 이에 따라, 도 18 의 개구 조리개 (42) 는 도 3 의 광량 분포와 같은 광량 분포를 얻기위해서, 차광판 중에 9개의 개구가 형성된 것이다.
- [0248] 도 19 는 그 개구 조리개 (42) 의 형상을 나타내고, 도 19 에 있어서, 차광판으로 이루어지는 개구 조리개 (42) 에는 조명 광학계 (12) 의 광축 (BX) 을 중심으로 하는 원형의 개구 (45) 와, 그 개구 (45) 를 둘러싸는 제 1 원주를 따라 중심이 배치된 4개의 원형의 개구 (46A, 46B, 46C, 46D) 와, 그 개구 (46A~46D) 를 둘러싸는 제 2 원주를 따라 중심이 배치된 4개의 원형의 개구 (47A, 47B, 47C, 47D) 를 포함하는 서로 떨어진 9개의 개구가

형성되어 있다. 또한, 개구 (45), 개구 (46A~46D), 및 개구 (47A~47D)의 위치 및 형상은 각각 도 3의 광량 분포 상에서 광량이 거의 일정한 영역 (28), 영역 (29A~29D), 및 영역 (30A~30D)과 같다.

[0249] 따라서, 개구 조리개 (42)를 사용함으로써, 플라이아이 렌즈 (5)의 사출면 (Q1; 동공면) 상에서의 광량 분포는 제 1 실시형태와 마찬가지로 도 3에 나타내는 9개의 영역에서 거의 일정해지고, 그 이외의 영역에서 낮아지기 때문에, 도 2와 같은 여러 피치의 컨택트 홀을 포함하는 레티클의 패턴의 이미지를 한번에 고해상도로 웨이퍼 상에 전사할 수 있다. 본 예와 같이 개구 조리개 (42)를 사용하는 경우에는 조명광 (IL)의 이용 효율은 저하되지만, 간단한 구성으로 소정 면 (조명 광학계 (12)의 동공면 등)에서의 광량 분포를 정확히 원하는 상태로 설정할 수 있다는 이점이 있다.

[0250] 또한, 도 19의 개구 조리개 (42)대신에, 또는 그것과 조합하여, 도 20에 나타내는 바와 같이, 중앙의 개구를 고리띠 형상의 개구 (45R)로 한 개구 조리개 (이것도 42로 한다)를 사용해도 된다. 이 경우에는 도 6(a)과 동일한 광량 분포가 정확히 또한 용이하게 얻어지기 때문에, 해상도나 초점 심도를 더욱 개선할 수 있다. 또, 도 20의 개구 조리개 (42)로 각각 반경 방향으로 나열되는 2개의 개구를 연결함으로써, 도 6(b)과 동일한 광량 분포를 형성할 수 있다.

[0251] 또한, 도 18의 개구 조리개 (44)는 도 21에 나타내는 바와 같이, 도 7(a)의 고리띠 형상의 영역 (33R) 및 영역 (34A~34D)에 대응하는 부분이 각각 고리띠 형상의 개구 (48R) 및 원형의 개구 (49A~49D)로 된 조리개이다. 따라서, 개구 조리개 (44)를 플라이아이 렌즈 (5)의 사출면 (Q1; 동공면)에 설치함으로써, 그 동공면 상에서의 광량 분포는 도 7(a)와 마찬가지로 5개소의 영역에서 거의 일정해지고, 그 이외의 영역에서 거의 0이 되기 때문에, 여러 피치의 패턴에 대하여 넓은 초점 심도로 고해상도가 얻어진다.

[0252] 또, 도 21의 개구 조리개 (44)로 고리띠 형상의 개구 (48R)와 원형의 개구 (49A~49D)를 연결함으로써, 도 7(b)과 동일한 광량 분포를 형성할 수 있다.

[0253] 또, 본 실시형태에서는 개구 조리개 (42, 44)로 각각 개구 이외가 차광부인 것으로 하였지만, 그 개구 이외를 감광부 (광투과율이 작은 부분)로 해도 된다. 이 경우, 조명계의 동공면 상에서의 광량 분포는 도 3, 도 6(a), 도 7(a)와 마찬가지로 5개소 또는 9개소의 영역 이외에서 광량이 영이 되지 않는다. 또한, 본 실시형태에서는 개구 조리개를 조명 광학계 (12)의 동공면 또는 그 공액면에 배치하는 것으로 하였지만, 예를 들어 플라이아이 렌즈 (5)의 입사면에 근접하여 배치해도 된다.

[0254] [제 4 실시형태]

[0255] 다음으로, 본 발명의 제 4 실시형태에 관하여 도 22를 참조하여 설명한다. 제 2 실시형태가 소정 광량 분포를 설정하기 위한 광학 부재로서 도 1(a)의 회절 광학 소자 (22A, 22B)를 포함하는 부재를 사용한 데 비하여, 본 예는 그 광학 부재로서 개구 조리개를 사용하는 것이다. 그래서, 본 예에 있어서는 제 3 실시형태와 마찬가지로 기본적으로 도 18의 주사 노광형의 투영 노광 장치를 사용하여 노광이 행해진다. 단, 본 예에서는 도 18의 개구 조리개 (42 및 44)대신에 각각 후술하는 개구 조리개 (42A 및 42B)가 사용되고, 레티클 스테이지 (14) 상에는 레티클 (R)대신에 도 11(a)의 레티클 (RA)이 로드된다.

[0256] 본 예에 있어서는, 전사 대상의 레티클 (RA)상의 패턴은 도 11(a)에 나타내는 X 방향으로 피치 (P)로 배열된 일 방향 밀집 컨택트 홀의 패턴 (52)을 포함하는 패턴인 것으로 한다. 이에 따라, 도 18의 개구 조리개 (42A)는 도 12의 광량 분포와 같은 광량 분포를 얻기 위해서, 차광판 중에 3개의 개구가 형성된 것이다.

[0257] 도 22(a)는 그 개구 조리개 (42A)의 형상을 나타내고, 도 22(a)에 있어서, 차광판으로 이루어지는 개구 조리개 (42A)에는 도 18의 조명 광학계 (12)의 광축 (BX)을 중심으로 하는 고리띠 형상의 개구 (66)와, 그 개구 (66)를 X 방향으로 사이에 두도록 배치된 2개의 원형의 개구 (67A, 67B)를 포함하는 서로 떨어진 3개의 개구가 형성되어 있다. 또한, 개구 (66, 67A, 67B)의 위치 및 형상은 각각 도 12의 광량 분포 상에서 광량이 거의 일정한 영역 (54, 55A, 55B)과 같다.

[0258] 따라서, 개구 조리개 (42A)를 사용함으로써, 플라이아이 렌즈 (5)의 사출면 (Q1; 동공면) 상에서의 광량 분포는 제 2 실시형태와 마찬가지로 도 12에 나타내는 3개의 영역에서 거의 일정해지고, 그 이외의 영역에서 낮아지기 때문에, 도 11(a)와 같은 일 방향 밀집 컨택트 홀의 패턴 (52)을 포함하는 레티클의 패턴의 이미지를 X 방향 및 Y 방향으로 고해상도로 웨이퍼 상에 전사할 수 있다. 본 예와 같이 개구 조리개 (42A)를 사용하는 경우에는 조명광 (IL)의 이용 효율은 저하되지만, 간단한 구성으로 소정 면 (조명 광학계 (12)의 동공면 또는 그 공액면 등)에서의 광량 분포를 정확히 원하는 상태로 설정할 수 있다는 이점이 있다.

- [0259] 또한, 도 18 의 제 2 개구 조리개 (42B) 는 도 22(b) 에 나타내는 바와 같이, 도 16(a) 의 원형의 영역 (62) 및 가늘고 긴 타원형의 영역 (63A, 63B) 에 대응하여 각각 개구 (68) 및 가늘고 긴 타원형의 개구 (69A, 69B) 가 형성된 조리개이다. 따라서, 개구 조리개 (42B) 를 도 18 의 플라이아이 렌즈 (5) 의 사출면 (Q1; 동공면) 에 설치함으로써, 도 16(a) 의 조명 조건을 사용하는 경우와 마찬가지로, 일 방향 밀집 컨택트 홀의 패턴을 보다 높은 해상도로, 또한 깊은 초점 심도로 웨이퍼 상에 전사할 수 있다. 또, 본 실시형태에서는 도 22(a), 도 22(b) 에 나타난 개구 조리개 (42A, 42B) 뿐만 아니라, 예를 들어 도 15(A)~도 15(C) 및 도 16(b) 에 나타난 광량 분포를 형성하는 개구 조리개 등도 사용할 수 있다.
- [0260] 또, 본 실시형태에서는 개구 조리개를 조명 광학계 (12) 의 동공면 또는 그 공액면 뿐만 아니라, 예를 들어 플라이아이 렌즈 (5) 의 입사면에 근접하여 배치해도 된다. 또, 본 실시형태에서는 개구 조리개 (42A, 42B) 에서 각각 개구 이외가 차광부인 것으로 하였지만, 그 개구 이외를 감광부 (광량이 적은 부분) 로 해도 된다. 이 경우, 조명 광학계 (12) 의 동공면 상에서의 광량 분포는 전술한 3개의 영역 이외에서 광량이 영이 되지 않는다.
- [0261] [제 5 실시형태]
- [0262] 다음으로, 본 발명의 제 5 실시형태에 관하여 도 23 을 참조하여 설명한다. 상기 제 1 ~제 4 실시형태가 옵티컬·인테그레이터 (유니포마이저 또는 호모지나이저) 로서 플라이아이 렌즈를 사용하고 있는 데 비하여, 본 예는 옵티컬·인테그레이터로서, 내면 반사형 인테그레이터, 예를 들어 로드형 인테그레이터를 사용하는 것이다.
- [0263] 도 23 은 본 예의 투영 노광 장치의 조명 광학계의 요부를 나타내고, 이 도 23 의 광학계는 예를 들어 도 1(a) 의 조명 광학계 (12) 의 미러 (3) 와 고정 시야 조리개 (7) 사이에 배치된다. 도 23 에 있어서, 도시하지 않은 노광 광원으로부터의 조명광 (IL) 은 제 1 실시형태와 같은 구성의 회절 광학 소자 (21), 또는 제 2 실시형태와 같은 구성의 회절 광학 소자 (22A) 에 입사한다. 회절 광학 소자 (21; 또는 22A) 로부터의 회절광은 릴레이 렌즈 (152) 를 통해 소정 면으로서의 면 (Q4) 상의 9개 (또는 3개) 의 영역에 집광된다. 또한, 면 (Q4) 을 통과한 조명광 (IL) 은 콘덴서 렌즈 (153) 를 통해 로드 인테그레이터 (151) 의 입사면에 집광된다. 이 경우, 면 (Q4) 은 대략 콘덴서 렌즈 (153) 의 전측 초점면에 있고, 로드 인테그레이터 (151) 의 입사면은 대략 콘덴서 렌즈 (153) 의 후측 초점면에 있다.
- [0264] 또한, 로드 인테그레이터 (151) 의 사출면 (Q5) 은 레티클면과의 공액면이고, 이 사출면 (Q5) 근방에 고정 시야 조리개 (154) 가 배치되고, 이 근처에 가동 시야 조리개 (도시하지 않음) 도 배치되어 있다. 그리고, 로드 인테그레이터 (151) 로부터 사출되는 조명광 (IL) 은 도 1(a) 의 결상용 렌즈계 (9) 및 주콘덴서 렌즈계 (11) 와 동일한 광학계를 지나서 도시하지 않은 레티클의 패턴을 조명한다.
- [0265] 본 예에 있어서도, 회절 광학 소자 (21; 또는 22A) 의 사용에 의해서, 면 (Q4) 상에서 도 3 (또는 도 12) 과 같은 광량 분포가 설정되기 때문에, 여러 피치의 컨택트 홀을 포함하는 패턴 (또는 일 방향 밀집 컨택트 홀을 포함하는 패턴) 의 이미지를 한번에 고정밀도로 웨이퍼 상에 전사할 수 있다.
- [0266] 또한, 본 예에 있어서도, 회절 광학 소자 (21) 를 사용하는 대신에, 면 (Q4)상에 도 19, 도 20 의 개구 조리개 (42) 와 동일한 9개의 개구를 구비한 개구 조리개, 또는 도 21 의 개구 조리개 (44) 와 동일한 5개의 개구를 구비한 개구 조리개를 배치해도 된다. 또, 전술한 바와 같은 본 예에서도, 조명 광학계의 동공면 상의 광량 분포로 광량이 높아지는 복수의 영역, 예를 들어 9개, 5개, 또는 3개의 영역 중 적어도 하나에서의 광속의 편광 상태를 조정할 필요가 있을 때에는 예를 들어 면 (Q4) 상에 전술한 편광 설정 부재를 설치해도 된다.
- [0267] 또, 도 23 에 있어서, 회절 광학 소자 (22A) 대신에, 도 16(a) 의 광량 분포를 설정하기 위한 도 1(a) 의 회절 광학 소자 (22B) 를 배치해도 된다. 또, 회절 광학 소자 (22A; 또는 22B) 를 사용하는 대신에, 면 (Q4) 상에 도 22(a), 도 22(b) 의 개구 조리개 (42A 또는 42B) 와 같은 개구 조리개를 배치해도 된다. 또, 전술한 바와 같이 조명 광학계 (12) 의 동공면 상의 광량 분포로 광량이 높아지는 3개의 영역 중 하나 이상에서의 광속의 편광 상태를 조정할 필요가 있을 때에는, 예를 들어 면 (Q4) 상에 전술한 편광 설정 부재를 배치해도 된다.
- [0268] 또한, 예를 들어 도 23 의 렌즈 (152) 와 면 (Q4) 사이에 도 1(a) 의 1쌍의 간격 가변의 프리즘 (71, 72; 가동 프리즘) 을 배치하여, 주변의 광량이 큰 영역의 반경 방향의 위치를 가변으로 해도 된다.
- [0269] 또, 로드 인테그레이터 (151) 로서는 사각형, 육각형 등의 다각 기둥형, 또는 원 기둥형 등의 광투과성의 광학 부재, 또는 그러한 다각 기둥형 또는 원 기둥형 등의 중공 (中空) 의 금속 등의 반사 부재를 사용할 수 있다.



- [0270] 또한, 콘덴서 렌즈 (153) 에 의한 조명광 (IL; 회절광) 의 집광점은 로드 인테그레이터 (151) 의 입사면에서 벗어나게 해 두어도 된다.
- [0271] 또, 본 실시형태에서는 면 (Q4) 을 소정 면 (조명계의 동공면 또는 그 공액면에 상당) 으로 하고 있지만, 소정 면은 이것에 한정되는 것이 아니고, 예를 들어 로드 인테그레이터 (151) 와 레티클 (R) (또는 레티클 (RA)) 의 사이로 해도 된다. 또, 회절 광학 소자 (21; 또는 22A 등) 대신에, 또는 그것과 조합하여, 예를 들어 개구 조리개 (42, 44; 또는 42A, 42B) 중 어느 하나를 사용할 때, 그 개구 조리개를 로드 인테그레이터 (151) 의 하류측 (레티클측) 에 배치해도 된다.
- [0272] 또, 상기 제 1 및 제 5 실시형태에 있어서, 전술한 회절 광학 소자와 개구 조리개의 양방을 사용하여 조명 광학계의 동공면 상에서의 조명광 (IL) 의 광량 분포를 설정하는 경우, 회절 광학 소자로부터 발생하는 회절광이 개구 조리개 상에서 도 3 또는 도 7(a) 에 나타난 바와 같이 분포할 때에, 조명광의 이용 효율이 가장 높아지지만 (조명광의 광량 손실이 가장 적어진다), 그 회절광을 정확히 도 3 또는 도 7(a) 와 같이 분포시키지 않아도 된다. 즉, 조명광의 이용 효율이 낮아지지만, 전술한 회절 광학 소자 (21, 22) 와 상이한 회절 광학 소자를 사용하여 9개 또는 5개의 영역 이외도 포함하는 소정 영역에 그 회절광을 분포시켜도 된다.
- [0273] 또한, 전술한 회절 광학 소자와 병용되는 개구 조리개는 도 19~21 에 나타난 5개 또는 9개의 개구를 반드시 갖고 있지 않아도 되고, 요컨대 회절 광학 소자로부터 발생하여 조명계의 동공면 또는 그 공액면에 분포하는 회절광 (IL; 조명광) 의 광량 분포를, 예를 들어 도 3, 도 6(a), 도 7(a) 에 나타난 광량 분포로 설정하는 차광부 또는 감광부를 갖고 있으면 된다. 예를 들어, 도 3 또는 도 4 의 광량 분포의 설정에 사용하는 회절 광학 소자와, 그 광량 분포의 중심 영역 (28 또는 33) 의 중앙부를 부분적으로 차광 또는 감광하는 개구 조리개를 병용하여, 도 6(a) 또는 도 7(a) 의 광량 분포를 설정해도 되고, 이 개구 조리개에는 그 설정해야 할 광량 분포 (광량이 높아지는 5개 또는 9개의 영역) 에 대응하는 개구를 형성할 필요가 없다.
- [0274] 또한, 상기 제 1 및 제 5 실시형태에 있어서, 조명 광학계 내에 배치되는 회절 광학 소자와 옵티컬 · 인테그레이터 (5; 151) 사이에 형성되는 광학계 (4; 152, 153) 의 적어도 일부를 줌 렌즈 (아포칼계) 로서, 조명 광학계의 동공면 상에서 조명광 (IL) 이 분포하는 9개 또는 5개의 영역의 크기를 가변으로 해도 된다. 또, 그 광학계 (4; 152, 153) 에, 전술한 간격 가변의 적어도 한 쌍의 프리즘을 내장해도 된다. 이 때, 중심 영역 (28; 33) 에 조명광 (IL) 을 분포시키기 위해서, 한 쌍의 프리즘의 꼭지각 부근을 각각 절취하여, 중심 영역에 분포하는 조명광 (IL) 의 일부가 통과하는 부분을, 조명 광학계의 광축(BX) 과 거의 수직인 평면으로 해 둔다.
- [0275] 또, 상기 제 1 및 제 5 실시형태에서는 조명 광학계 내에 교환하여 배치되는 복수의 회절 광학 소자만으로 이루어지거나, 또는 그 복수의 회절 광학 소자와, 전술한 줌 렌즈와 한 쌍의 프리즘의 적어도 일방이 내장되는 광학계를 조합한 성형 광학계 (광학 부재에 상당) 에 의해서, 옵티컬 · 인테그레이터가 플라이아이 렌즈 (5) 일 때에는 그 입사면 상에서의 조명광 (IL) 의 강도 분포를 변화시키고, 옵티컬 · 인테그레이터가 내면 반사형 인테그레이터 (151) 일 때에는 그 입사면에 입사하는 조명광 (IL) 의 입사 각도 범위를 변화시킴으로써, 조명 광학계의 동공면 상에서의 조명광 (IL) 의 광량 분포 (2차 광원의 크기나 형상), 즉 레티클의 조명 조건을 임의로 변경할 수 있도록 되어 있다. 이 때, 리볼버 (24) 에 유지되는 복수의 회절 광학 소자는 전술한 회절 광학 소자 (21, 22) 에만 한정되지 않고, 예를 들어 소  $\sigma$  조명, 고리띠 형상 조명, 2극 조명, 및 4극 조명에서 각각 사용되는 4개의 회절 광학 소자 중 적어도 1개를 포함하고 있어도 된다. 또, 그 성형 광학계에 전술한 개구 조리개를 조합해도 된다. 이 때, 예를 들어 성형 광학계 중 개구 조리개 이외 (전술한 회절 광학 소자 등을 포함) 에는 옵티컬 · 인테그레이터보다 상류측 (광원 (1) 과의 사이) 에 배치하고, 그 개구 조리개는 옵티컬 · 인테그레이터보다 하류측에 배치해도 된다.
- [0276] 또한, 상기 제 1, 제 3, 제 5 실시형태에서는 도 2 에 나타난 3개의 패턴 (25A~25C) 은 각각 피치가 X 방향과 Y 방향에서 동등하게 되어 있기 때문에, 도 3 에 나타난 바와 같이 조명 광학계의 동공면 상에서 조명광 (IL) 이 분포하는 9개의 영역이 배치되는 직선 (31A, 31B) 이 조명 광학계의 광축에서 직교하지만, 3개의 패턴 (25A~25C) 의 피치가 X 방향과 Y 방향에서 상이할 때에는 직선 (31A, 31B) 이 조명 광학계의 광축에서 직교하지 않고, 즉 4개의 중간 영역 (29A~29D) 에서 각각 조명 광학계의 광축과의 거리가 X 방향과 Y 방향에서 상이하고, 또한 4개의 최외주 영역 (30A~30D) 에서 각각 조명 광학계의 광축과의 거리가 X 방향과 Y 방향에서 상이하게 된다. 또, 레티클에 형성하는 패턴의 수 (종류) 는 3개에 한정되지 않고, 2개 또는 4개 이상이어도 되고, 패턴의 배열 방향이 X 방향 및 Y 방향과 반드시 일치하지 않아도 좋다.
- [0277] 또한, 상기 제 1, 제 3, 제 5 실시형태에서는 전술한 간격 가변의 복수의 프리즘에 의해서, 조명 광학계 (12) 의 동공면 상에서 광량이 높아지는, 중심 영역을 제외하는 4개 또는 8개의 영역의 각 위치 (조명 광학계의 광축



(BX) 과의 거리) 를 가변으로 하였지만, 그 주변의 영역은 4개 또는 8개에 한정되지 않고, 예를 들어 2개라도 상관없다.

[0278] \*또, 상기 제 2 및 제 5 실시형태에 있어서, 전술한 회절 광학 소자와 개구 조리개의 양방을 사용하여 조명 광학계의 동공면 상에서의 조명광 (IL) 의 광량 분포를 설정하는 경우, 회절 광학 소자로부터 발생하는 회절광이 개구 조리개 상에서 도 12 또는 도 16(a) 에 나타난 바와 같이 분포할 때에, 조명광의 이용 효율이 가장 높아지지만 (조명광의 광량 손실이 가장 적어진다), 그 회절광을 정확히 도 12 또는 도 16(a) 와 같이 분포시키지 않아도 된다. 즉, 조명광의 이용 효율이 낮아지지만, 전술한 회절 광학 소자 (22A, 22B) 와 상이한 회절 광학 소자를 사용하여 3개의 영역 이외도 포함하는 소정 영역에 그 회절광을 분포시켜도 된다.

[0279] 또한, 전술한 회절 광학 소자와 병용되는 개구 조리개는 도 22 에 나타난 3개의 개구를 반드시 갖고 있지 않아도 되고, 요컨대 회절 광학 소자로부터 발생하여 조명계의 동공면 또는 그 공액면에 분포하는 회절광 (조명광 (IL)) 의 광량 분포를, 예를 들어 도 12, 도 15, 도 16(a) 에 나타난 광량 분포로 설정하는 차광부 또는 감광부를 갖고 있으면 된다. 예를 들어, 도 15(A) 의 광량 분포의 설정에 사용하는 회절 광학 소자와, 그 광량 분포의 중심 영역 (54A) 의 중앙부를 부분적으로 차광 또는 감광하는 개구 조리개를 병용하여, 도 12 의 광량 분포를 설정해도 되고, 이 개구 조리개에는 그 설정해야 할 광량 분포 (광량이 높아지는 3개의 영역) 에 대응하는 개구를 형성할 필요가 없다.

[0280] 또한, 상기 제 2 및 제 5 실시형태에 있어서, 조명 광학계 내에 배치되는 회절 광학 소자와 옵티컬 · 인테그레이터 (5; 151) 사이에 형성되는 광학계 (4; 152, 153) 중 적어도 일부를 줌 렌즈 (아포칼계) 로 하여, 조명 광학계의 동공면 상에서 조명광 (IL) 이 분포하는 3개의 영역의 크기를 가변으로 해도 된다. 또, 그 광학계 (4; 152, 153) 에, 전술한 간격 가변의 한 쌍의 프리즘을 내장해도 된다.

[0281] 또, 상기 제 2 및 제 5 실시형태에서는 조명 광학계 내에 교환하여 배치되는 복수의 회절 광학 소자만으로 이루어지거나, 또는 그 복수의 회절 광학 소자와, 전술한 줌 렌즈와 한 쌍의 프리즘의 적어도 일방이 내장되는 광학계를 조합한 성형 광학계 (광학 부재에 상당) 에 의해서, 옵티컬 · 인테그레이터가 플라이아이 렌즈 (5) 일 때에는 그 입사면 상에서의 조명광 (IL) 의 강도 분포를 변화시키고, 옵티컬 · 인테그레이터가 내면 반사형 인테그레이터 (151) 일 때에는 그 입사면에 입사하는 조명광 (IL) 의 입사 각도 범위를 변화시킴으로써, 조명 광학계의 동공면 상에서의 조명광 (IL) 의 광량 분포 (2차 광원의 크기나 형상), 즉 레티클의 조명 조건을 임의로 변경할 수 있도록 되어 있다. 이 때, 리볼버 (24) 에 유지되는 복수의 회절 광학 소자는 전술한 회절 광학 소자 (22A, 22B) 에만 한정되지 않고, 예를 들어 소  $\sigma$  조명, 고리띠 형상 조명, 2극 조명, 및 4극 조명에서 각각 사용되는 4개의 회절 광학 소자의 적어도 1개를 포함하고 있어도 된다. 또, 그 성형 광학계에 전술한 개구 조리개를 조합해도 된다.

[0282] 이 때, 예를 들어 성형 광학계 중 개구 조리개 이외 (전술한 회절 광학 소자 등을 포함) 는 옵티컬 · 인테그레이터보다 상류측 (광원 (1) 과의 사이) 에 배치하고, 그 개구 조리개는 옵티컬 · 인테그레이터보다 하류측에 배치해도 된다.

[0283] 또한, 상기 제 2, 제 4, 제 5 실시형태에서는, 전사 대상의 패턴은 일 방향 밀집 컨택트 홀의 패턴 (일 방향 밀집 패턴) 이지만, 전사 대상의 패턴은 실질적으로 일 방향으로 고립 패턴이라고 간주할 수 있고, 그것에 교차하는 (예를 들어 직교하는) 방향으로 주기적으로 형성되는 패턴을 포함하는 패턴이면, 어느 패턴이라도 되는 것은 자명하다.

[0284] 또, 상기 제 2, 제 4, 제 5 실시형태 및 그 변형예에서는 투영 광학계 (PL) 의 동공면 (Q3) 과 실질적으로 공액인 조명 광학계 (12) 의 동공면 또는 그 공액면 (소정 면) 상에서의 조명광 (IL) 의 광량 분포로 광량이 높아지는 3개의 영역을, 그 소정 면 상에서 전술한 일 방향 밀집 패턴의 주기 방향과 평행하고 조명 광학계 (12) 의 광축을 지나는 직선을 따라 배치하는 것으로 하였지만, 반드시 그 3개의 영역을 동일 직선 상에 배치하지 않아도 된다. 예를 들어, 3개의 영역 중, 중앙 영역을 제외하는 나머지 2개의 영역 중 적어도 일방을, 상기 직선에서 Y 방향으로 벗어나게 배치해도 되고, Y 방향에 관한 조명 광학계 (12) 의 광축과의 거리를 그 2개의 영역에서 상이하게 해도 된다.

[0285] 또한, 상기 제 2, 제 4, 제 5 실시형태 및 그 변형예로서는 전술한 3개의 영역 중 중앙 영역은 원형 뿐만 아니라 고리띠 형상 또는 직사각형의 테두리형 등이어도 되는 것으로 하였지만, 그 형상 (광량 분포) 은 이들에 한정되는 것이 아니다. 즉, 그 중앙 영역은 고리띠 형상 등과 마찬가지로, 그 중앙부에서의 광량이 다른 부분

에 있어서의 광량보다 작게 설정되어 있으면 되고, 예를 들어 서로 떨어진 복수의 영역 (그 형상은 임의) 으로 이루어지는 것으로 해도 된다. 이 때, 그 복수의 영역은 중앙 영역의 광량 중심이 조명 광학계의 광축과 거의 일치하도록 그 수나 위치 등이 설정되면 되고, 예를 들어 중심 (中心 ;중심(重心)) 이 광축 외에서 광축과의 거리가 거의 같은  $n$ 개 ( $n$  은 자연수) 의 영역, 및 이  $n$ 개의 영역과 광축에 관하여 거의 대칭으로 배치되는  $n$ 개의 영역의 합계  $2n$ 개로 하는 것이 바람직하다. 또한, 그 중앙 영역에서 서로 떨어진 복수의 영역은 전술한 소정 면 상에서 조명 광학계 (12) 의 광축을 지나는 소정 직선을 따라 배치해도 되고, 예를 들어 동일 직선을 따라 배치해도 되고, 예를 들어 동일 직선을 따라 배치되는 2개이어도 된다. 또한, 그 중앙 영역에서 서로 떨어진 복수의 영역은 그 중앙 영역의 크기 ( $\sigma$  값에 상당) 에 따라 그 배열 방향을 결정해도 되고, 예를 들어 중앙 영역의 크기가 상대적으로 작을 때에는 그 배열 방향을 전술한 3개의 영역의 배열 방향 (X 방향) 과 거의 일치시키는 것이 바람직하고, 반대로 그 크기가 상대적으로 클 때에는 그 배열 방향을 전술한 3개의 영역의 배열 방향과 거의 직교시키는 (즉, Y 방향으로 한다) 것이 바람직하다.

[0286] 또, 상기 제 2, 제 4, 제 5 실시형태 및 그 변형예에서는 전술한 3개의 영역 중 중앙 영역을 제외하는 나머지 2개의 영역의 위치, 즉 전술한 일 방향 밀집 패턴의 주기 방향에 평행한 방향 (X 방향) 에 관한 조명 광학계의 광축과의 거리를 거의 동등하게 유지하면서, 그 피치에 따라 가변으로 해도 된다.

[0287] 또한, 상기 각 실시형태에서는 레티클의 조명 조건의 변경에 사용되는 성형 광학계가 복수의 회절 광학 소자를 포함하는 것으로 하였지만, 이 회절 광학 소자 대신에, 예를 들어 수차가 상이한 복수의 렌즈 엘리먼트를 교환하여 사용하도록 해도 된다. 또, 주변이 원주가 되는 제 1 및 제 2 프리즘 (71, 72) 을 사용하는 경우, 프리즘 (71, 72) 의 간격, 즉 조명 광학계 (12) 의 동공면 상에서 강도가 높아지는 각 영역의 광축 (BX) 과의 거리를 변경하면, 그 변경에 따라 각 영역의 형상이 변화될 수 있다. 그래서, 그 변화량이 소정 허용치를 초과할 때에는 예를 들어 전술한 줌 렌즈 또는 실린드릭 렌즈 등을 사용하여 그 형상 변화를 억제하도록 (적게 하도록) 해도 된다.

[0288] 또한, 도 1(a) 의 투영 노광 장치는 조명 광학계 (12) 내에서 광축 (BX) 을 따라 2개의 옵티컬 인테그레이터를 배치하는 더블 인테그레이터 방식을 채용해도 되고, 그 2개의 옵티컬 인테그레이터는 그 종류가 서로 상이해도 된다. 또, 상기 각 실시형태에서는 조명 광학계의 동공면 상에서 조명광의 광량 분포를 복수의 영역에서 높이는 것으로 하고 있는데, 예를 들어 각 영역에서 광량이 서서히 적어질 때, 전술한 광량이 높아지는 영역이란, 광량이 소정치 이상이 되는 영역을 가리키는 것으로 한다.

[0289] 또, 상기 기술한 각 실시형태에 있어서, 조명광 (IL) 으로서, 예를 들어 180nm 정도 이하의 파장의 진공 자외광을 사용하는 경우에는 도 1(a) 의 회절 광학 소자 (21, 22, 22A, 22B) 의 기판, 레티클 (R, RA) 을 구성하는 유리 기판, 및 투영 광학계 (PL) 를 구성하는 렌즈 등의 굴절 부재의 광학 재료로서는 형석 ( $\text{CaF}_2$ ), 불화마그네슘이나 불화리튬 등의 불화물 결정, 불소 및 수소가 도핑된 석영 유리, 구조 결정 온도가 1200K 이하이고 또한 수산기 농도가 1000ppm 이상인 석영 유리 (예를 들어 본 출원인에 의한 일본 특허공보 제2770224호에 개시), 구조 결정 온도가 1200K 이하이고 또한 수소 분자 농도가  $1 \times 10^{17}$  molecules/cm<sup>3</sup> 이상인 석영 유리, 구조 결정 온도가 1200K 이하이고 또한 염기 농도가 50ppm 이하인 석영 유리, 및 구조 결정 온도가 1200K 이하이고 또한 수소 분자 농도가  $1 \times 10^{17}$  molecules/cm<sup>3</sup> 이상이고 염소 농도가 50ppm 이하인 석영 유리 (예를 들어 본 출원인에 의한 일본 특허공보 제2936138호 (대응하는 미국특허 제 5,908,482호) 에 개시) 의 그룹에서 선택되는 재료로 형성하는 것이 바람직하다. 한편, 조명광 (IL) 으로서 ArF 엑시머레이저광 또는 KrF 엑시머레이저광 등을 사용하는 경우에는 그 광학 재료로서 상기 각 물질 외에, 합성 석영을 사용할 수도 있다.

[0290] 다음으로, 상기 실시형태의 투영 노광 장치를 사용한 반도체 디바이스의 제조 공정의 일례에 대해 도 24 를 참조하여 설명한다.

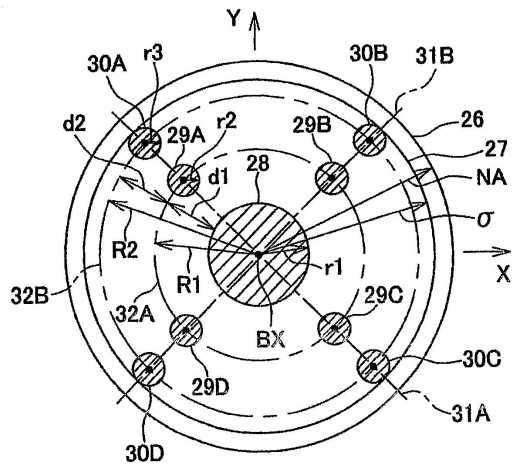
[0291] 도 24 는 반도체 디바이스의 제조 공정의 일례를 나타내고, 이 도 24 에 있어서, 우선 규소 반도체 등으로부터 웨이퍼 (W) 가 제조된다. 그 후, 웨이퍼 (W) 상에 포토레지스트를 도포하고 (단계 S10), 다음 단계 S12 에 있어서, 상기 실시형태 (도 1(a) 또는 도 18) 의 투영 노광 장치의 레티클 스테이지 상에 레티클 (R1) 을 로드하여, 주사 노광 방식으로 레티클 (R1; 예를 들어 도 2 의 레티클 (R)) 의 패턴 (부호 A 로 나타낸다) 을 웨이퍼 (W) 상의 전 쇼트 영역 (SE) 에 전사 (노광) 한다. 또, 웨이퍼 (W) 는 예를 들어 직경 300mm 의 웨이퍼 (12인치 웨이퍼) 이고, 쇼트 영역 (SE) 의 크기는 일례로서 비주사 방향의 폭이 25mm 이고 주사 방향의 폭이 33mm 인 직사각형 영역이다. 다음으로, 단계 S14 에 있어서, 현상 및 에칭이나 이온 주입 등을 행함으로써, 웨이퍼 (W) 의 각 쇼트 영역 (SE) 에 소정 패턴이 형성된다.

- [0292] 다음으로, 단계 S16 에 있어서, 웨이퍼 (W) 상에 포토레지스트를 도포하고, 그 후 단계 S18 에 있어서, 상기 실시형태 (도 1(a) 또는 도 18) 의 투영 노광 장치의 레티클 스테이지 상에 레티클 (R2; 예를 들어 도 11(a) 의 레티클 (RA)) 을 로드하여, 주사 노광 방식으로 레티클 (R2) 의 패턴 (부호 B 로 나타낸다) 을 웨이퍼 (W) 상의 각 쇼트 영역 (SE) 에 전사 (노광) 한다. 그리고, 단계 S20 에 있어서, 웨이퍼 (W) 의 현상 및 에칭이나 이온 주입 등을 행함으로써, 웨이퍼 (W) 의 각 쇼트 영역에 소정 패턴이 형성된다.
- [0293] 이상의 노광 공정~패턴 형성 공정 (단계 S16~단계 S20) 은 원하는 반도체 디바이스를 제조하는 데 필요한 회수만큼 반복된다. 그리고, 웨이퍼 (W) 상의 각 칩 (CP) 을 하나하나 떼어내는 다이싱 공정 (단계 S22) 이나, 본딩 공정, 및 패키징 공정 등 (단계 S24) 을 거침으로써, 제품으로서의 반도체 디바이스 (SP) 가 제조된다.
- [0294] 또한, 복수의 렌즈로 구성되는 조명 광학계, 투영 광학계를 노광 장치 본체에 내장하는 광학 조정을 함과 함께, 다수의 기계 부품으로 이루어지는 레티클 스테이지나 웨이퍼 스테이지를 노광 장치 본체에 장착하여 배선이나 배관을 접속하고, 또 종합 조정 (전기 조정, 동작 확인 등) 을 함으로써 상기 실시형태의 투영 노광 장치를 제조할 수 있다. 또, 투영 노광 장치의 제조는 온도 및 청정도 등이 관리된 청정실에서 실시하는 것이 바람직하다.
- [0295] 또한, 본 발명은 주사 노광형의 투영 노광 장치로 노광하는 경우 뿐만 아니라, 스테퍼 등의 일괄 노광형의 투영 노광 장치로 노광하는 경우에도 동일하게 적용할 수 있음은 물론이다. 이들의 경우의 투영 광학계의 배율은 등배이어도 되고, 확대 배율이어도 된다. 또, 본 발명은 예를 들어 국제공개 (WO) 제99/49504호 등에 개시되는 액침형 노광 장치로 노광하는 경우에도 적용할 수 있다. 액침형 노광 장치는 반사 굴절형의 투영 광학계를 사용하는 주사 노광 방식이어도 되고, 또는 투영 배율이 1/8 인 투영 광학계를 사용하는 정지 노광 방식이어도 된다. 후자의 액침형 노광 장치에서는 기관 상에 큰 패턴을 형성하기 위해서, 상기 실시형태에서 설명한 스텝 앤드 스티치 방식을 채용하는 것이 바람직하다.
- [0296] 또, 상기 실시형태의 투영 노광 장치의 용도로서는 반도체 소자 제조용의 노광 장치에 한정되지 않고, 예를 들어, 사각형의 유리 플레이트에 형성되는 액정 표시 장치 또는 플라즈마 디스플레이 등의 디스플레이 장치용의 노광 장치나, 촬상 소자 (CCD 등), 마이크로머신, 박막 자기 헤드, 또는 DNA 칩 등의 각종 디바이스를 제조하기 위한 노광 장치에도 널리 적용할 수 있다. 또, 본 발명은 각종 디바이스의 레티클 패턴이 형성된 레티클 (포토마스크 등) 을 포토리소그래피 공정을 사용하여 제조할 때의, 노광 공정 (노광 장치) 에도 적용할 수 있다.
- [0297] 또, 본 국제출원에서 지정한 지정국, 또는 선택한 선택국의 국내 법령이 허용하는 한, 전술한 모든 미국특허 등의 개시를 원용하여 본문의 기재의 일부로 한다.
- [0298] 또, 본 발명은 상기 기술한 실시형태에 한정되지 않고, 본 발명의 요지를 벗어나지 않는 범위에서 여러 구성을 택할 수 있음은 물론이다. 또한, 명세서, 특허청구의 범위, 도면, 및 요약을 포함하는 2003년 4월 9일자로 제출한 일본 특허출원 2003-105920호, 2003년 8월 25일자로 제출한 일본 특허출원 2003-299628호, 2003년 8월 29일자로 제출한 일본 특허출원 2003-307806호, 2003년 9월 19일자로 제출한 일본 특허출원 2003-329194호, 및 2003년 9월 22일자로 제출한 일본 특허출원 2003-329309호에 개시된 모든 내용은 모조리 그대로 인용하여 본원에 삽입되어 있다.
- [0299] 또한, 본 발명의 디바이스 제조 방법에 의하면, 여러 패턴을 포함하는 디바이스를 고정밀도 또한 높은 스루풋으로 제조할 수 있다.
- [0300] 또한, 본 발명의 디바이스 제조 방법에 있어서, 조명계에 관한 소정 면에서의 광량 분포를, 소정 3개의 영역에서 광량이 커지도록 설정할 때에는, 일 방향 밀집 패턴을 포함하는 디바이스를 고정밀도로 제조할 수 있다.

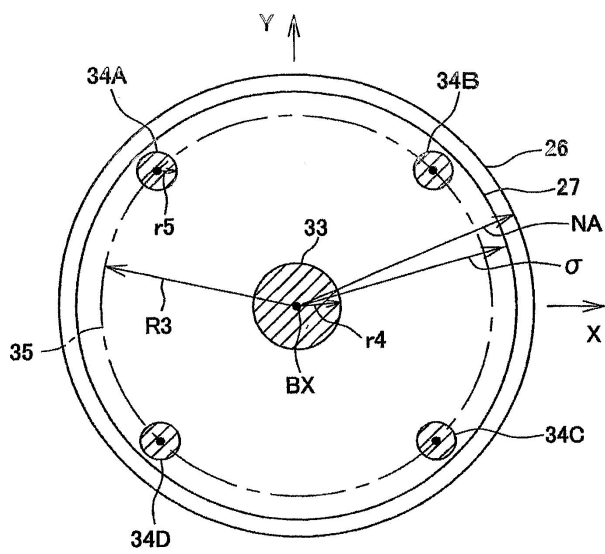




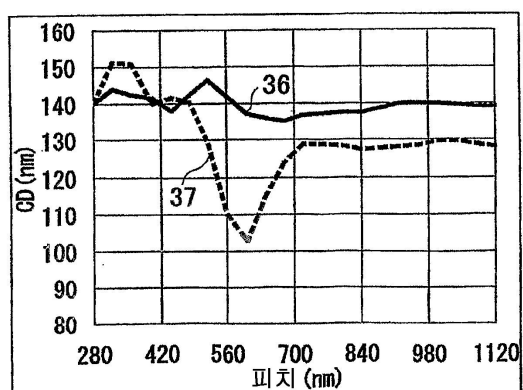
도면3



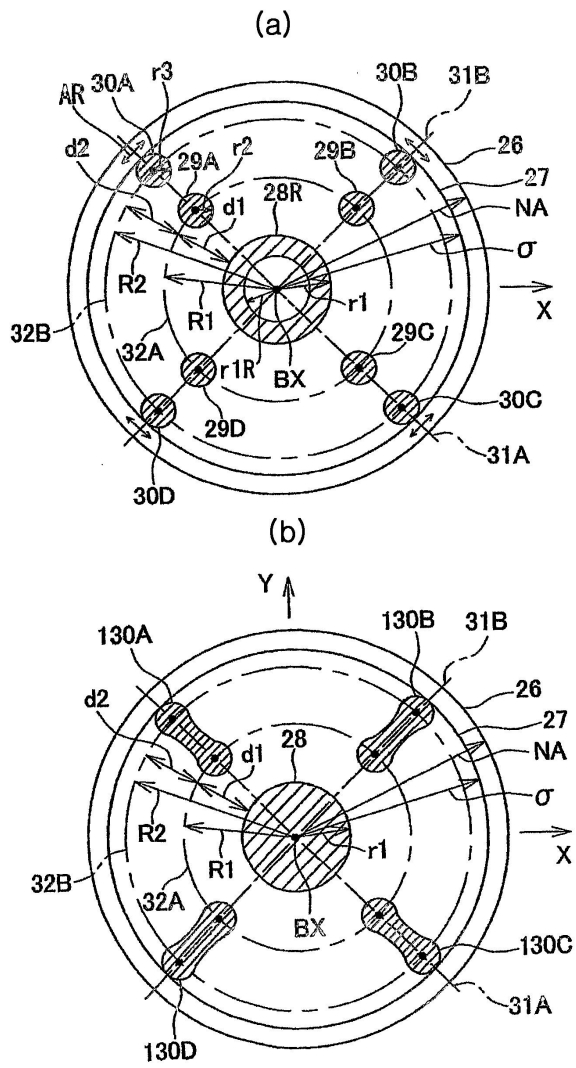
도면4



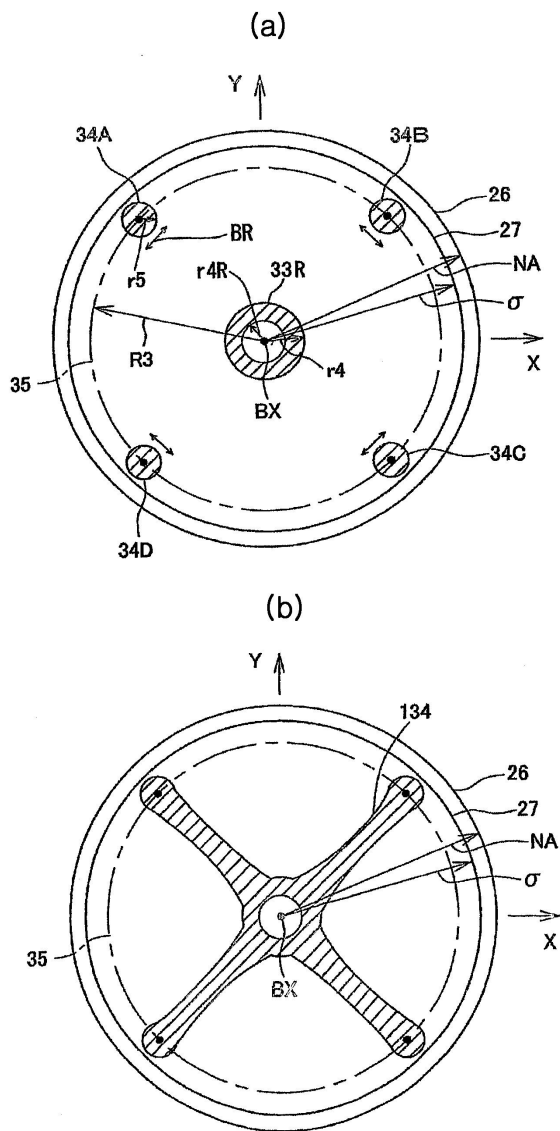
도면5



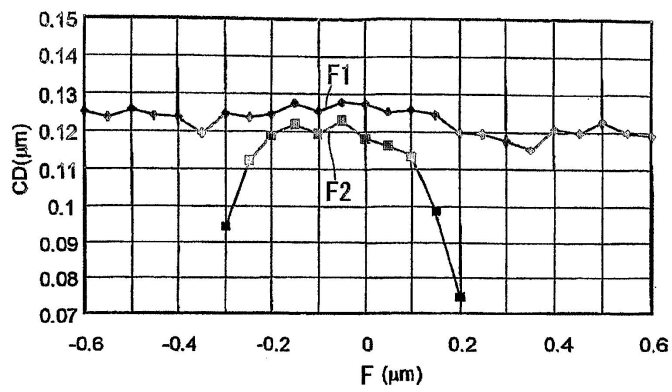
도면6



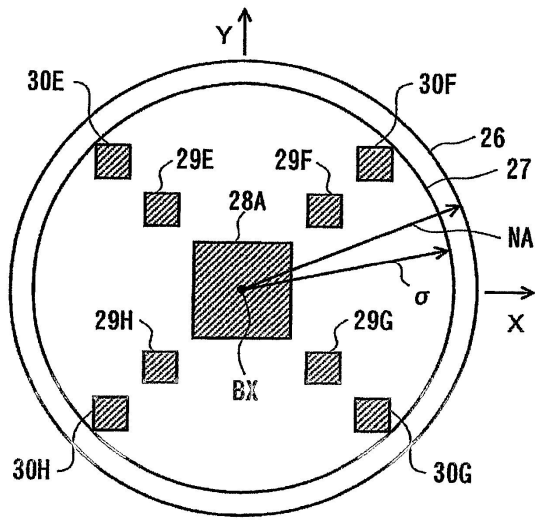
도면7



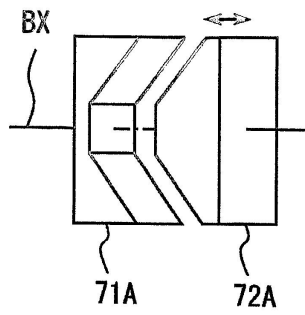
도면8



도면9

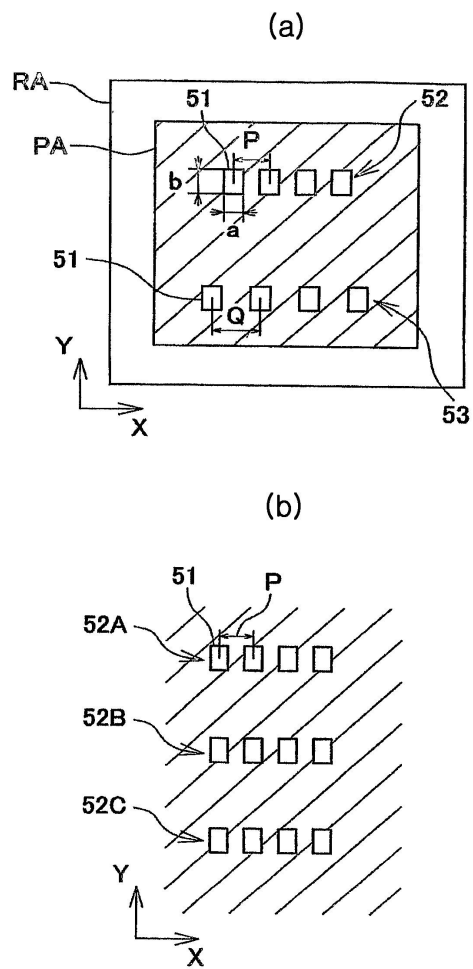


도면10

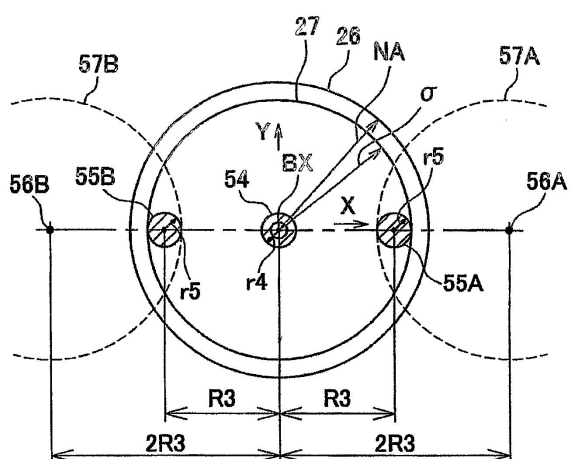




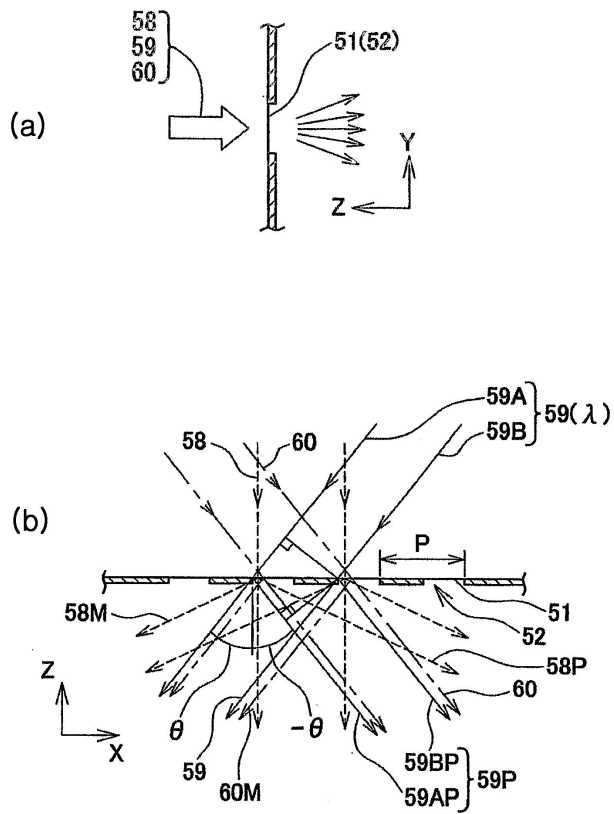
도면11



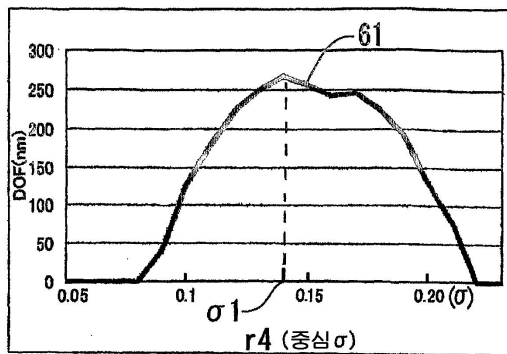
도면12



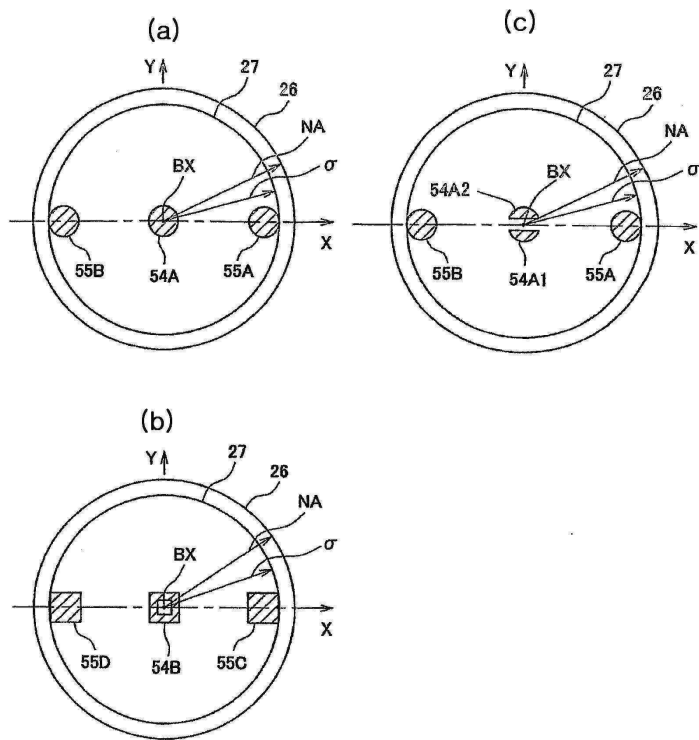
도면13



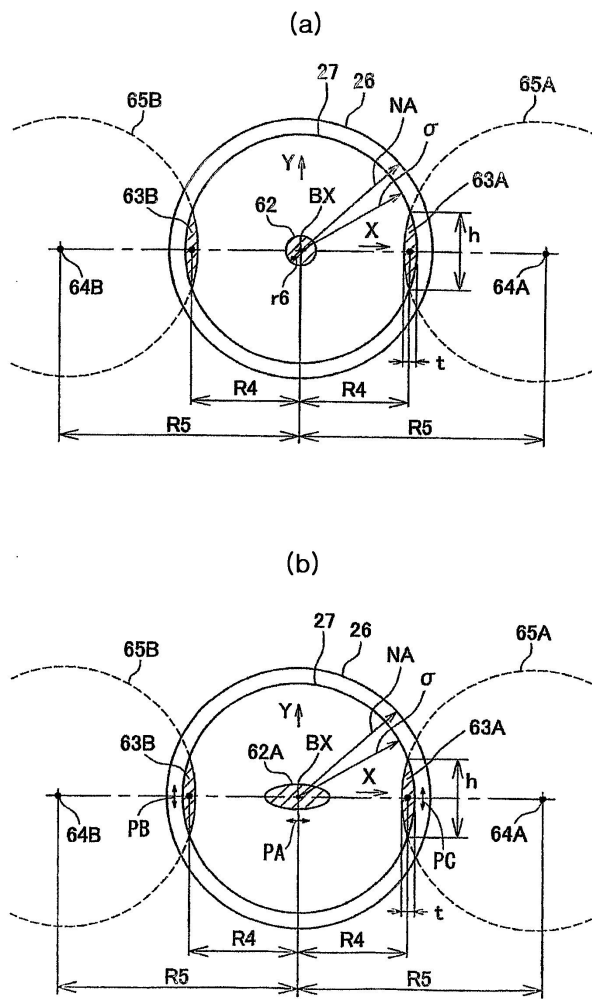
도면14



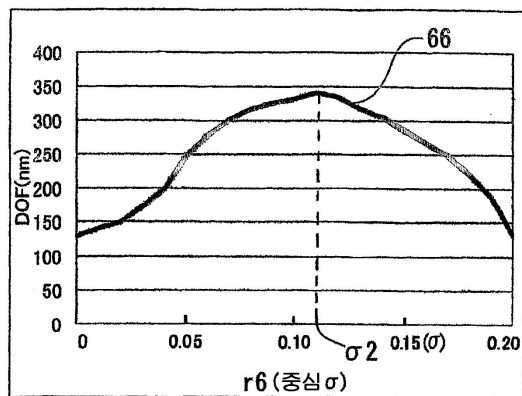
도면15



도면16

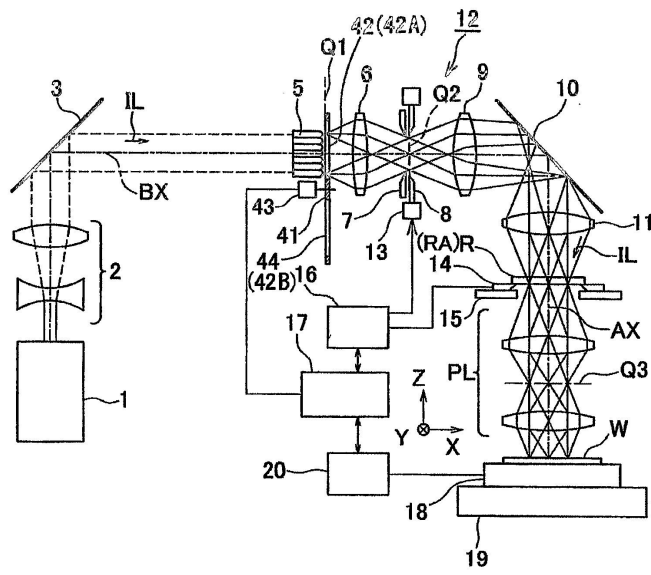


도면17

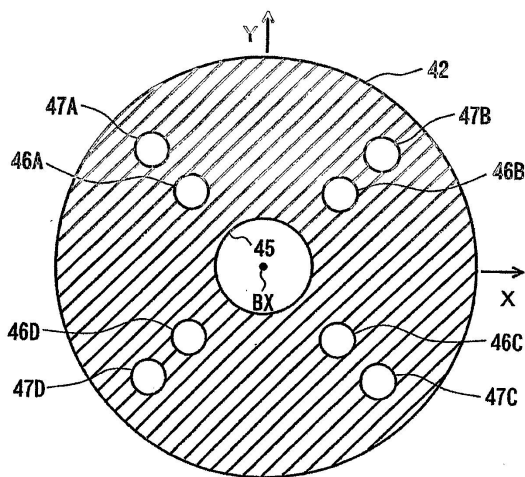




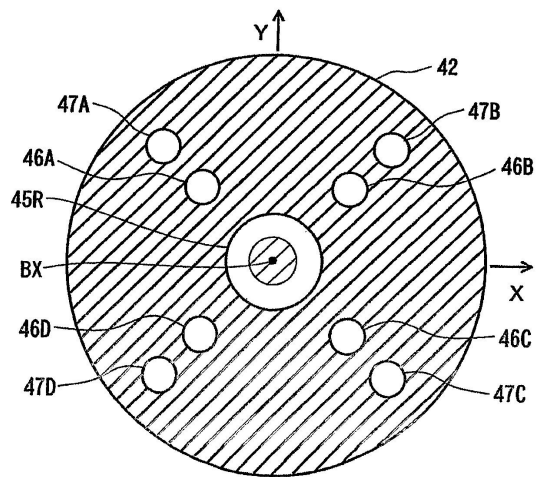
도면18



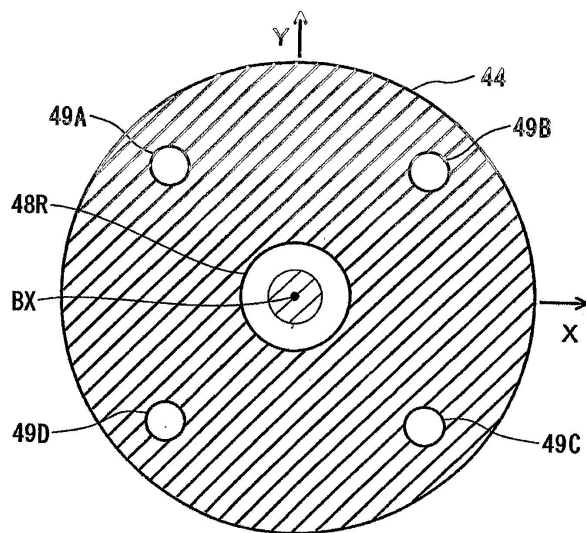
도면19



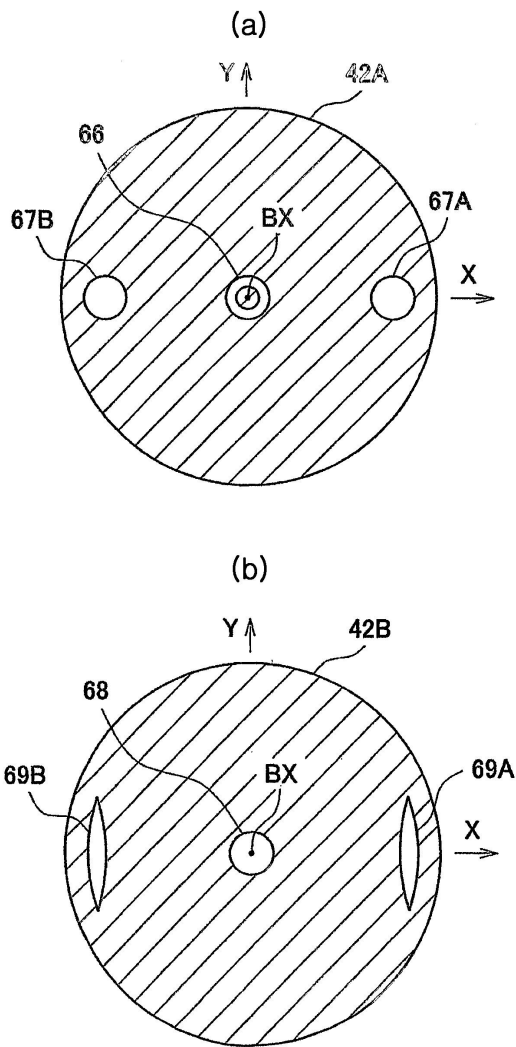
도면20



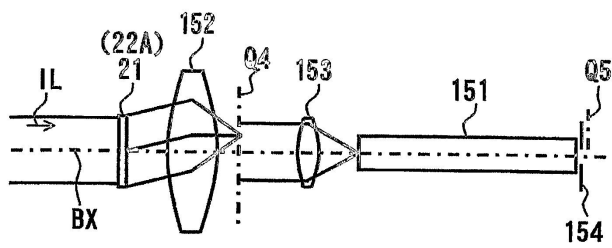
도면21



도면22



도면23



도면24

