



(19) 대한민국특허청(KR)  
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2014년08월18일  
(11) 등록번호 10-1431359  
(24) 등록일자 2014년08월11일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)  
H01L 21/027 (2006.01) G03F 7/20 (2006.01)  
(21) 출원번호 10-2012-7023534 (분할)  
(22) 출원일자(국제) 2006년01월18일  
심사청구일자 2012년10월05일  
(85) 번역문제출일자 2012년09월07일  
(65) 공개번호 10-2012-0106904  
(43) 공개일자 2012년09월26일  
(62) 원출원 특허 10-2007-7005320  
원출원일자(국제) 2006년01월18일  
심사청구일자 2011년01월18일  
(86) 국제출원번호 PCT/JP2006/300584  
(87) 국제공개번호 WO 2006/077849  
국제공개일자 2006년07월27일  
(30) 우선권주장  
JP-P-2005-013576 2005년01월21일 일본(JP)  
JP-P-2005-120709 2005년04월19일 일본(JP)  
(56) 선행기술조사문헌  
JP11512569 A\*  
JP2001100311 A\*  
JP2004087987 A  
JP2003532281 A  
\*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자  
가부시키가이샤 니콘  
일본 도쿄도 지요다쿠 유라쿠쵸 1쵸메 12방 1고  
(72) 발명자  
다니츠 오사무  
일본 도쿄도 지요다쿠 마루노우치 3쵸메 2-3 가부  
시키가이샤 니콘 내  
히로타 히로유키  
일본 도쿄도 지요다쿠 마루노우치 3쵸메 2-3 가부  
시키가이샤 니콘 내  
(뒷면에 계속)  
(74) 대리인  
제일특허법인

전체 청구항 수 : 총 21 항

심사관 : 계원호

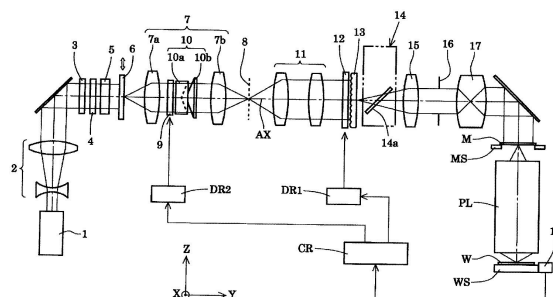
(54) 발명의 명칭 조명 광학 장치, 노광 장치, 노광 방법 및 디바이스 제조 방법

(57) 요약

본 발명에 따르면, 과장판으로서 기능하는 광학 부재의 제조 오차의 영향을 실질적으로 받지 않고, 소망하는 편광 상태의 광으로 피조사면을 조명하는 조명 광학 장치, 또한, 광원(1)으로부터의 광에 근거하여 피조사면(M, W)을 조명하는 조명 광학 장치를 제공한다.

본 발명의 장치는, 조명 동공면 또는 그 근방에 배치되어, 입사광의 편광 상태를 소정의 편광 상태로 변환하기 위한 편광 변환 소자(12)를 구비하고 있다. 편광 변환 소자는, 입사하는 직선 편광에 선광 각도를 가변적으로 부여하기 위한 복수의 가변 선광 부재를 갖는다. 각 가변 선광 부재는, 선광성을 갖는 광학 재료에 의해 형성되고 광축(AX)과 교차하는 방향을 따라 상대적으로 이동 가능한 2개의 편각 프리즘을 갖는다.

대표도



(72) 발명자

**시게마츠 고지**

일본 도쿄도 지요다쿠 마루노우치 3쵸메 2-3 가부  
시키키가이샤 니콘 내

**구리타 신이치**

일본 도쿄도 지요다쿠 마루노우치 3쵸메 2-3 가부  
시키키가이샤 니콘 내

---

## 특허청구의 범위

### 청구항 1

광원으로부터의 광으로 피조사면을 조명하는 조명 광학 장치에 있어서,  
 상기 광원으로부터의 광을 조명 동공면에 분포시키는 광학계와,  
 상기 조명 광학 장치의 광축과 교차하는 방향을 따라 이동 가능하고, 입사광의 편광 상태를 소정의 편광 상태로 변환하는 편광 변환 소자와, 상기 편광 변환 소자의 상기 조명 광학 장치의 광로 중에서의 상기 교차하는 방향에서의 위치를 소정 위치로 설정하는 구동부를 구비하고, 상기 조명 동공면 상의 제 1 영역에 분포되는 광의 편광 상태에 대해, 상기 제 1 영역과는 다른 제 2 영역에 분포되는 광의 편광 상태를 변경하는 편광 변환부를 구비하는 조명 광학 장치.

### 청구항 2

제 1 항에 있어서,  
 상기 제 1 영역에 분포되는 상기 광은 상기 편광 변환 소자를 통과하지 않고,  
 상기 제 2 영역에 분포되는 광은 상기 편광 변환 소자를 통과하는 것을 특징으로 하는 조명 광학 장치.

### 청구항 3

제 2 항에 있어서,  
 상기 편광 변환 소자는 입사광의 편광 상태를 제 1 편광 상태로 변환하는 제 1 편광 변환 소자와, 입사광의 편광 상태를 상기 제 1 편광 상태와는 다른 제 2 편광 상태로 변환하는 제 2 편광 변환 소자를 구비하는 것을 특징으로 하는 조명 광학 장치.

### 청구항 4

제 1 항에 있어서,  
 상기 분포시키는 광학계는,  
 상기 조명 광학 장치의 광로를 가로지르는 면에 2차원적으로 배치된 복수의 광학 요소를 갖는 광학 적분기(optical integrator)와,  
 상기 광학 적분기로부터의 광속(光束)을 상기 피조사면으로 유도하는 콘덴서 광학계를 더 구비하며,  
 상기 편광 변환 소자는 상기 광학 적분기의 입사측의 광로 중에 배치되는 것을 특징으로 하는 조명 광학 장치.

### 청구항 5

제 4 항에 있어서,  
 상기 분포시키는 광학계는,  
 그의 파 필드(far field)에 소정의 광 강도 분포를 형성하는 광속 변환 소자와,

상기 광속 변환 소자로부터의 광을 상기 조명 동공면으로 유도하는 광학계를 구비하는 것을 특징으로 하는 조명 광학 장치.

#### 청구항 6

제 5 항에 있어서,  
상기 광속 변환 소자는 회절 광학 소자를 구비하는 것을 특징으로 하는 조명 광학 장치.

#### 청구항 7

제 1 항에 있어서,  
상기 피조사면으로 향하는 광의 편광 상태를 측정하기 위한 편광 상태 측정기를 더 구비하며,  
상기 구동부는 상기 편광 상태 측정기의 측정 결과에 따라, 상기 편광 변환 소자를 이동시키는 것을 특징으로 하는 조명 광학 장치.

#### 청구항 8

제 1 항에 있어서,  
상기 편광 변환 소자는 입사하는 직선 편광에 선광 각도를 가변적으로 부여하기 위한 가변 선광 부재를 갖는 것을 특징으로 하는 조명 광학 장치.

#### 청구항 9

제 8 항에 있어서,  
상기 피조사면에 도달하는 광의 편광 상태를 측정하기 위한 편광 상태 측정기를 더 구비하며,  
상기 구동부는 상기 편광 상태 측정기의 측정 결과에 따라, 상기 가변 선광 부재를 이동시키는 것을 특징으로 하는 조명 광학 장치.

#### 청구항 10

제 8 항에 있어서,  
상기 가변 선광 부재는 그 결정 광학축이 상기 광축에 평행하게 되도록 배치되어 있는 것을 특징으로 하는 조명 광학 장치.

#### 청구항 11

제 1 항에 있어서,  
상기 편광 변환 소자는 입사광과 출사광간에 위상차를 가변적으로 부여하기 위한 가변 위상차 부재를 갖는 것

을 특징으로 하는 조명 광학 장치.

#### 청구항 12

제 11 항에 있어서,

상기 피조사면에 도달하는 광의 편광 상태를 측정하기 위한 편광 상태 측정기를 더 구비하며,

상기 구동부는 상기 편광 상태 측정기의 측정 결과에 따라, 상기 가변 위상차 부재를 이동시키는 것

을 특징으로 하는 조명 광학 장치.

#### 청구항 13

제 1 항에 있어서,

상기 편광 변환 소자는,

입사광의 타원율을 조정하는 부재와,

입사광의 편광 방향을 조정하는 부재를 구비하는 것

을 특징으로 하는 조명 광학 장치.

#### 청구항 14

청구항 1 내지 13 중 어느 한 항에 기재된 조명 광학 장치를 구비하되,

상기 조명 광학 장치에 의해 조명된 소정의 패턴을 감광성 기판 상에 노광하는

노광 장치.

#### 청구항 15

광원으로부터의 광으로 조명된 소정의 패턴을 감광성 기판 상에 노광하는 노광 방법에 있어서,

상기 광원으로부터의 광을 조명 동공면에 분포시키는 것과,

상기 조명 동공면 상의 제 1 영역에 분포되는 광의 편광 상태에 대해, 상기 제 1 영역과는 다른 제 2 영역에 분포되는 광의 편광 상태를 변경하는 것

을 포함하되,

상기 변경하는 것은 입사광의 편광 상태를 소정의 편광 상태로 변환하는 편광 변환 소자를 조명 광로와 교차하는 방향을 따라 이동시키는 것에 의해, 상기 조명 동공면에 분포되는 광의 편광 상태를 변경하는 것을 포함하는 노광 방법.

#### 청구항 16

제 15 항에 있어서,

상기 편광 변환 소자를 경유한 광의 편광 상태를 측정하는 것과,

상기 측정된 상기 편광 상태에 따라 상기 편광 변환 소자를 이동시키는 것

을 더 포함하는 것을 특징으로 하는 노광 방법.

#### 청구항 17

제 15 항에 있어서,

광학 적분기를 이용하여 입사하는 광속을 2차원적으로 분할하는 것과,

상기 분할된 광속으로 상기 소정의 패턴을 중첩적으로 조명하는 것을 더 포함하며,

상기 이동시키는 것은 상기 광학 적분기의 입사측의 광로 중에서 상기 편광 변환 소자를 이동시키는 것을 포함하는 것

을 특징으로 하는 노광 방법.

#### 청구항 18

제 17 항에 있어서,

상기 분포시키는 것은,

광속 변환 소자를 이용하여, 상기 광속 변환 소자의 파 필드에 소정의 광 강도 분포를 형성하는 것과,

상기 광속 변환 소자로부터의 광을 상기 조명 동공면으로 유도하는 것을 포함하는 것

을 특징으로 하는 노광 방법.

#### 청구항 19

제 15 항에 있어서,

상기 편광 변환 소자는 입사하는 직선 편광에 선광 각도를 부여하는 것

을 특징으로 하는 노광 방법.

#### 청구항 20

제 15 항에 있어서,

상기 편광 변환 소자는 입사광과 출사광간에 위상차를 부여하는 것

을 특징으로 하는 노광 방법.

#### 청구항 21

청구항 15 내지 20 중 어느 한 항에 기재된 노광 방법을 이용하여, 소정의 패턴을 감광성 기판에 노광하는 것과,

상기 노광된 상기 감광성 기판을 현상하는 것

을 포함하는 디바이스 제조 방법.

### 명세서

### 기술분야

[0001] 본 발명은, 조명 광학 장치의 조정 방법, 조명 광학 장치, 노광 장치, 및 노광 방법에 관한 것으로, 특히 반도체

체 소자, 촬상 소자, 액정 표시 소자, 박막 자기 헤드 등의 마이크로 디바이스를 리소그래피 공정으로 제조하는데 사용되는 노광 장치 등에 바람직한 조명 광학 장치에 관한 것이다.

## 배경 기술

- [0002] 이러한 종류의 전형적인 노광 장치에 있어서는, 광원으로부터 사출된 광속(光束)이, 광학 적분기(optical integrator)로서의 플라이 아이 렌즈(또는 마이크로 렌즈 어레이 등)를 거쳐서, 다수의 광원으로 이루어지는 실질적인 면광원으로서의 2차 광원을 형성한다. 2차 광원으로부터의 광속은, 콘덴서 렌즈에 의해 집광된 후, 소정의 패턴이 형성된 마스크를 중첩적으로 조명한다.
- [0003] 마스크의 패턴을 투과한 광은, 투영 광학계를 거쳐 웨이퍼 상에 결상(結像)한다. 이렇게 해서, 웨이퍼 상에는, 마스크 패턴이 투영 노광(전사)된다. 또, 마스크에 형성된 패턴은 고집적화되어 있으며, 이 미세 패턴을 웨이퍼 상에 정확히 전사하기 위해서는 웨이퍼 상에 있어서 균일한 조도 분포를 얻는 것이 필수적이다. 현재, 노광 광원으로서, 파장이 248nm인 광을 공급하는 KrF 엑시머 레이저 광원이나, 파장이 193nm인 광을 공급하는 ArF 엑시머 레이저 광원 등이 이용되고 있다.
- [0004] 종래의 노광 장치에서는, 마스크 패턴에 따라서, 이러한 종류의 광원으로부터 공급되는 광을 파장판에 의해 소망하는 편광 방향을 갖는 직선 편광의 광으로 변환하여 마스크를 조명하고 있다(예컨대, 특허 문헌 1을 참조). 구체적으로, 특허 문헌 1에 기재된 종래의 노광 장치에서는, 광원과 회절 광학 소자(광속 변환 소자) 사이의 광로 중에, 수정(水晶)에 의해 형성된 1/4 파장판 및 1/2 파장판이 배치되어 있다.

## 선행기술문헌

### 특허문헌

- [0005] (특허문헌 0001) 특허문헌 1: 국제 공개 WO 2004 / 051717 호 팜플렛

## 발명의 내용

### 해결하려는 과제

- [0006] 그러나, 1/4 파장판이나 1/2 파장판과 같은 파장판을 1장의 수정판으로 정밀도 좋게 제조하는 것은 곤란하다. 제조 오차에 기인하여 파장판이 정확하게 기능하지 않는 경우에는, 소망하는 직선 편광의 광으로 마스크(나아가서는, 웨이퍼)를 조명할 수 없어, 결과적으로 마스크 패턴에 따른 소망하는 조명 조건으로 양호한 노광을 할 수 없다.
- [0007] 본 발명은, 전술한 과제를 감안하여 이루어진 것으로, 파장판으로서 기능하는 광학 부재의 제조 오차의 영향을 실질적으로 받는 일 없이, 소망하는 편광 상태의 광으로 피조사면을 조명할 수 있는 조명 광학 장치를 제공하는 것을 목적으로 한다. 또한, 본 발명은, 피조사면에 설정된 마스크를 소망하는 편광 상태의 광으로 조명하는 조명 광학 장치를 이용하여, 적절한 조명 조건을 기초로 양호한 노광을 할 수 있는 노광 장치 및 노광 방법을 제공하는 것을 목적으로 한다.

### 과제의 해결 수단

- [0008] 상기 과제를 해결하기 위하여, 본 발명의 제 1 형태에서는, 광원으로부터의 광에 근거하여 소망하는 편광 상태를 기초로 피조사면을 조명하는 조명 광학 장치에 있어서, 상기 피조사면을 조명하는 광의 편광 상태를 국소적으로 변경하는 제 1 편광 변경 수단과, 상기 조명 광학 장치의 동공면 또는 그 근방의 위치에서의 편광 상태를 국소적으로 변경하는 제 2 편광 변경 수단을 구비하는 것을 특징으로 하는 조명 광학 장치를 제공한다.
- [0009] 본 발명의 제 2 형태에서는, 광원으로부터의 광에 근거하여 피조사면을 조명하는 조명 광학 장치에 있어서, 조명 동공면 또는 그 근방에 배치되어, 입사광의 편광 상태를 소정의 편광 상태로 변환하기 위한 편광 변환 소자

를 구비하고, 상기 편광 변환 소자는, 상기 조명 광학 장치의 동공면 또는 그 근방의 위치에서의 광의 편광 상태를 국소적으로 변경하는 것을 특징으로 하는 조명 광학 장치를 제공한다.

- [0010] 본 발명의 제 3 형태에서는, 광원으로부터의 광에 근거하여 피조사면을 조명하는 조명 광학 장치에 있어서, 상기 피조사면의 근방, 상기 피조사면과 광학적으로 공역(共役)인 위치, 또는 해당 공역인 위치의 근방에 배치되어, 입사광의 편광 상태를 소정의 편광 상태로 변환하기 위한 편광 변환 소자를 구비하고, 상기 편광 변환 소자는, 상기 피조사면에서의 조명광의 편광 상태를 국소적으로 변경하는 것을 특징으로 하는 조명 광학 장치를 제공한다.
- [0011] 본 발명의 제 4 형태에서는, 제 1 형태~제 3 형태의 조명 광학 장치를 구비하고, 해당 조명 광학 장치에 의해 조명된 소정의 패턴을 감광성 기관 상에 노광하는 것을 특징으로 하는 노광 장치를 제공한다.
- [0012] 본 발명의 제 5 형태에서는, 제 1 형태~제 3 형태의 조명 광학 장치를 이용하여, 소정의 패턴을 감광성 기관 상에 노광하는 것을 특징으로 하는 노광 방법을 제공한다.
- [0013] 본 발명의 제 6 형태에서는, 제 1 형태~제 3 형태의 조명 광학 장치를 이용하여, 소정의 패턴을 감광성 기관에 노광하는 노광 공정과, 상기 노광 공정에 의해 노광된 상기 감광성 기관을 현상하는 현상 공정을 포함하는 것을 특징으로 하는 디바이스 제조 방법을 제공한다.
- [0014] 본 발명의 제 7 형태에서는, 광원으로부터의 광에 근거하여 피조사면을 조명하는 조명 광학 장치의 조정 방법으로서, 입사광과 사출광 사이에 위상차를 가변적으로 부여하는 가변 위상차 부재를 준비하는 제 1 공정과, 상기 가변 위상차 부재가 부여하는 상기 위상차를 소정의 값으로 설정하는 제 2 공정과, 상기 가변 위상차 부재를 상기 광원과 상기 피조사면과의 사이의 광로 중에 배치하는 제 3 공정을 포함하는 것을 특징으로 하는 조정 방법을 제공한다.
- [0015] 본 발명의 제 8 형태에서는, 광원으로부터의 광에 근거하여 피조사면을 조명하는 조명 광학 장치의 조정 방법으로서, 상기 피조사면에서의 조명광의 편광 상태를 국소적으로 변경하는 제 1 공정과, 상기 조명 광학 장치의 동공면 또는 그 근방의 위치에서의 광의 편광 상태를 국소적으로 변경하는 제 2 공정을 포함하는 것을 특징으로 하는 조정 방법을 제공한다.
- [0016] 본 발명의 제 9 형태에서는, 제 7 형태 또는 제 8 형태의 조정 방법에 따라서 조정된 것을 특징으로 하는 조명 광학 장치를 제공한다.
- [0017] 본 발명의 제 10 형태에서는, 조명 광학 장치에 의해 소정의 패턴을 조명하고, 해당 소정의 패턴을 감광성 기관 상에 노광하는 노광 장치의 조정 방법으로서, 상기 조명 광학 장치를, 제 7 형태 또는 제 8 형태의 조정 방법에 따라서 조정하는 것을 특징으로 하는 조정 방법을 제공한다.
- [0018] 본 발명의 제 11 형태에서는, 제 1 마스크 상의 제 1 패턴을 조명하는 제 1 조명 광학 장치를 구비하고, 상기 제 1 마스크의 상기 제 1 패턴을 감광성 기관에 노광하는 제 1 노광 장치와, 제 2 마스크 상의 제 2 패턴을 조명하는 제 2 조명 광학 장치를 구비하고, 상기 제 2 마스크의 상기 제 2 패턴을 상기 감광성 기관에 노광하는 제 2 노광 장치를 구비하는 노광 시스템의 조정 방법으로서, 상기 제 1 및 제 2 조명 광학 장치를, 제 7 형태 또는 제 8 형태의 조정 방법에 따라서 조정하는 것을 특징으로 하는 조정 방법을 제공한다.
- [0019] 본 발명의 제 12 형태에서는, 제 11 형태의 조정 방법에 따라서 조정된 것을 특징으로 하는 노광 시스템을 제공한다.
- [0020] 본 발명의 제 13 형태에서는, 제 12 형태의 제 1 노광 장치 및 제 2 노광 장치를 포함하는 각종 프로세스용의 제조 장치군과, 해당 제조 장치군을 접속하는 로컬 에리어 네트워크와, 해당 로컬 에리어 네트워크로부터 공장 밖의 외부 네트워크로 액세스 가능하게 하는 게이트웨이를 갖고, 상기 제조 장치군의 적어도 1대에 관한 정보를 데이터 통신하는 것을 가능하게 한 것을 특징으로 하는 마이크로 디바이스 제조 공장을 제공한다.
- [0021] 본 발명의 제 14 형태에서는, 제 12 형태의 제 1 노광 장치 및 제 2 노광 장치를 포함하는 각종 프로세스용의 제조 장치군을 마이크로 디바이스 제조 공장에 설치하는 공정과, 해당 제조 장치군을 이용하여 복수의 프로세스에 의해 마이크로 디바이스를 제조하는 공정을 갖는 것을 특징으로 하는 마이크로 디바이스 제조 방법을 제공한다.
- [0022] 본 발명의 일 형태에서는, 동공면에서의 국소적인 편광 상태를 가변으로 할 수 있기 때문에, 예컨대 피조사면에 배치되는 패턴을 조명하여 감광성 기관에 노광하는 경우에 최적의 조명 조건으로 할 수 있다. 또한, 본 발명의



다른 형태에서는, 피조사면 상에서의 국소적인 편광 상태를 가변으로 할 수 있기 때문에, 예컨대 피조사면에 배치되는 패턴을 조명하여 감광성 기관에 노광하는 경우에 패턴 전사 상태의 면내 차(差)를 저감할 수 있다.

[0023] 또한, 본 발명의 또 다른 형태에서는, 1/4 파장판이나 1/2 파장판과 같은 파장판을 1장의 수정판에 의해 제조하는 종래 기술과는 달리, 파장판으로서 기능하는 광학 부재로서, 예컨대 솔레일 보상기나 바비네 보상기와 같이 입사광과 사출광 사이에 위상차를 가변적으로 부여하는 가변 위상차 부재를 이용하고 있기 때문에, 가변 위상차 부재를 구성하는 광학 요소에 어느 정도의 제조 오차가 있더라도, 예컨대 1/4 파장판이나 1/2 파장판으로서 정확하게 기능하도록 조정하고 나서 이용할 수 있다.

[0024] 따라서, 본 발명의 조명 광학 장치에서는, 파장판으로서 기능하는 광학 부재를 구성하는 각 광학 요소의 제조 오차의 영향을 실질적으로 받는 일 없이, 소망하는 편광 상태의 광으로 피조사면으로서의 마스크를 조명할 수 있다. 그 결과, 본 발명의 노광 장치 및 노광 방법에서는, 피조사면에 설정된 패턴을 소망하는 편광 상태의 광으로 조명하는 조명 광학 장치를 이용하여, 적절한 조명 조건을 기초로 양호한 노광을 할 수 있으며, 나아가서는 양호한 마이크로 디바이스를 제조할 수 있다.

### 도면의 간단한 설명

[0025] 도 1은 본 발명의 실시예에 따른 노광 장치의 구성을 개략적으로 나타내는 도면,  
 도 2는 도 1의 편광 상태 측정부의 내부 구성을 개략적으로 나타내는 도면,  
 도 3은 본 실시예에 따른 각 가변 위상차 부재의 구성을 개략적으로 나타내는 도면,  
 도 4는 제 1 변형예에 따른 노광 장치의 구성을 개략적으로 나타내는 도면,  
 도 5는 제 1 변형예에 따른 가변 선광 유닛의 구성을 개략적으로 나타내는 도면,  
 도 6은 도 5의 가변 선광 유닛을 구성하는 각 가변 선광 부재의 구성을 개략적으로 나타내는 도면,  
 도 7은 수정의 선광성에 대하여 설명하는 도면,  
 도 8은 도 5의 가변 선광 유닛의 작용에 의해 둘레 방향 편광 상태로 설정된 윤대(輪帶) 형상의 2차 광원을 개략적으로 나타내는 도면,  
 도 9는 도 5의 가변 선광 유닛의 작용에 의해 직경 방향 편광 상태로 설정된 윤대 형상의 2차 광원을 개략적으로 나타내는 도면,  
 도 10은 본 실시예에 따른 가변 위상차 유닛의 구성을 개략적으로 나타내는 도면,  
 도 11은 도 10의 가변 위상차 유닛의 작용을 모식적으로 설명하는 도면,  
 도 12는 본 실시예에 따른 다른 가변 위상차 유닛의 구성을 개략적으로 나타내는 도면,  
 도 13은 도 12의 가변 위상차 유닛의 작용을 모식적으로 설명하는 도면,  
 도 14는 제 2 변형예에 따른 가변 선광 유닛의 구성을 개략적으로 나타내는 도면,  
 도 15는 도 14의 예의 변형예에 따른 가변 선광 유닛의 구성을 개략적으로 나타내는 도면,  
 도 16은 제 3 변형예에 따른 가변 선광 / 이상(移相) 유닛의 구성을 개략적으로 나타내는 도면,  
 도 17의 (a)는 다극 형상의 2차 광원을 도시하는 도면이고, (b)는 (a)에 도시하는 다극 형상의 2차 광원을 형성하는 광속이 가변 이상 유닛의 이상자(移相子)로부터 사출될 때의 위치 관계를 도시하는 도면,  
 도 18은 제 4 변형예에 따른 한 쌍의 비구면 선광자(旋光子)의 구성 및 작용을 모식적으로 도시하는 도면,  
 도 19는 한 쌍의 비구면 선광자(이상자)에 부여되는 선광량(이상량) 분포의 일례를 모식적으로 도시하는 도면,  
 도 20은 한 쌍의 비구면 선광자(이상자)에 부여되는 선광량(이상량) 분포의 다른 예를 모식적으로 도시하는 도면,  
 도 21은 입사 위치에 따라서 선광량(이상량)이 상이한 선광량(이상량) 분포를 갖는 3개의 비구면 선광자(旋光子)(이상자)를 이용하는 변형예를 개략적으로 나타내는 도면,

도 22는 도 21의 변형예에 있어서 비구면 선광자(이상자)를 통과하는 축상 광속 및 축외 광속의 단면을 각각 도시하는 도면,

도 23은 본 실시예에 따른 조명 광학 장치의 조정 방법의 각 공정을 개략적으로 나타내는 플로우차트,

도 24는 본 실시예의 변형예에 따른 조정 방법의 각 공정을 개략적으로 나타내는 플로우차트,

도 25는 본 실시예의 전체 시스템을 임의의 소정 각도에서 잘라내어 표현한 것을 도시한 도면,

도 26은 본 실시예의 전체 시스템을 도 25와는 다른 각도에서 잘라내어 표현한 개념도,

도 27은 도 26의 시스템에 있어서 디스플레이 상에 제공되는 사용자 인터페이스 화면의 일례를 도시하는 도면,

도 28은 선광량(이상량) 분포의 일차 성분(경사 성분)만을 보정하는 데에 이용되는 비구면 선광자(이상자)의 구성을 개략적으로 나타내는 도면,

도 29는 마이크로 디바이스로서의 반도체 디바이스를 얻을 때의 방법의 플로우차트,

도 30은 마이크로 디바이스로서의 액정 표시 소자를 얻을 때의 방법의 플로우차트이다.

### 발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0026] 본 발명의 실시예를, 첨부 도면에 근거하여 설명한다. 도 1은, 본 발명의 실시예에 따른 노광 장치의 구성을 개략적으로 나타내는 도면이다. 도 1에 있어서, 감광성 기관인 웨이퍼 W의 법선 방향을 따라서 Z축을, 웨이퍼 W의 면내에 있어서 도 1의 지면에 평행한 방향으로 Y축을, 웨이퍼 W의 면내에 있어서 도 1의 지면에 수직인 방향으로 X축을 각각 설정하고 있다.

[0027] 도 1을 참조하면, 본 실시예의 노광 장치는, 노광광(조명광)을 공급하기 위한 광원(1)을 구비하고 있다. 광원(1)으로서, 예컨대 193nm의 파장의 광을 공급하는 ArF 엑시머 레이저 광원이나 248nm의 파장의 광을 공급하는 KrF 엑시머 레이저 광원 등을 이용할 수 있다. 광원(1)으로부터 사출된 광은, 정형(整形) 광학계(2)에 의해 소요(所要)의 단면 형상의 광속으로 확대되어, 1/4 파장판으로서 기능하는 제 1 가변 위상차 부재(3), 1/2 파장판으로서 기능하는 제 2 가변 위상차 부재(4), 디폴라라이저(depolarizer)(비편광화 소자)(5), 윤대(輪帶) 조명용의 회절 광학 소자(6)를 거쳐서, 어포컬 렌즈(7)에 입사한다.

[0028] 제 1 가변 위상차 부재(3), 제 2 가변 위상차 부재(4) 및 디폴라라이저(5)는 후술하는 바와 같이 편광 상태 전환 수단을 구성하고 있는데, 그 구성 및 작용에 대해서는 후술하기로 한다. 어포컬 렌즈(7)는, 전측(前側) 렌즈군(7a)의 전측 초점 위치와 회절 광학 소자(6)의 위치가 대략 일치하고, 또한 후측(後側) 렌즈군(7b)의 후측 초점 위치와 도면 중 파선(破線)으로 나타내는 소점면(8)의 위치가 대략 일치하도록 설정된 어포컬계(무초점 광학계)이다. 일반적으로, 회절 광학 소자는, 기관에 노광광(조명광)의 파장 정도의 피치를 갖는 단차를 형성함으로써 구성되고, 입사 빔을 소망하는 각도로 회절시키는 작용을 갖는다.

[0029] 구체적으로는, 윤대 조명용의 회절 광학 소자(6)는, 직사각형 형상의 단면을 갖는 평행 광속이 입사한 경우에, 그 파 필드(far field)(또는 프라운호퍼(Fraunhofer) 회절 영역)에 윤대 형상의 광 강도 분포를 형성하는 기능을 갖는다. 따라서, 광속 변환 소자로서의 회절 광학 소자(6)에 입사한 대략 평행 광속은, 어포컬 렌즈(7)의 동공면에 윤대 형상의 광 강도 분포를 형성한 후, 윤대 형상의 각도 분포로 어포컬 렌즈(7)로부터 사출된다. 어포컬 렌즈(7)의 전측 렌즈군(7a)과 후측 렌즈군(7b) 사이의 광로 중에 있어서 그 동공면 또는 그 근방에는, 가변 위상차 유닛(9) 및 원추 엑시콘계(10)가 배치되어 있다. 가변 위상차 유닛(9) 및 원추 엑시콘계(10)의 구성 및 작용에 대해서는 후술하기로 한다.

[0030] 어포컬 렌즈(7)를 거친 광속은,  $\sigma$  값( $\sigma$  값=조명 광학 장치의 마스크 측 개구수 / 투영 광학계의 마스크 측 개구수) 가변용의 줌 렌즈(11) 및 가변 선광 유닛(12)을 거쳐서, 마이크로 플라이 아이 렌즈(또는 플라이 아이 렌즈)(13)에 입사한다. 가변 선광 유닛(12)의 구성 및 작용에 대해서는 후술하기로 한다. 마이크로 플라이 아이 렌즈(13)는, 종횡으로, 또한 조밀하게 배열된 다수의 정(正) 굴절력을 갖는 미소 렌즈로 이루어지는 광학 소자이다. 일반적으로, 마이크로 플라이 아이 렌즈는, 예컨대 평행 평면판에 에칭 처리를 실시하여 미소 렌즈군을 형성하는 것에 의해 구성된다.

[0031] 여기서, 마이크로 플라이 아이 렌즈를 구성하는 각 미소 렌즈는, 플라이 아이 렌즈를 구성하는 각 렌즈 소자보다도 미소하다. 또한, 마이크로 플라이 아이 렌즈는, 서로 격절(隔絶)된 렌즈 소자로 이루어지는 플라이 아이 렌즈와는 달리, 다수의 미소 렌즈(미소 굴절면)가 서로 격절되는 일 없이 일체적으로 형성되어 있다. 그러나,

정 굴절력을 갖는 렌즈 요소가 중첩으로 배치되어 있다는 점에서 마이크로 플라이 아이 렌즈는 플라이 아이 렌즈와 동일한 파면 분할형의 광학 적분기이다.

[0032] 소정면(8)의 위치는 줌 렌즈(11)의 전측 초점 위치의 근방에 배치되고, 마이크로 플라이 아이 렌즈(13)의 입사면은 줌 렌즈(11)의 후측 초점 위치의 근방에 배치되어 있다. 바꿔 말하면, 줌 렌즈(11)는, 소정면(8)과 마이크로 플라이 아이 렌즈(13)의 입사면을 실질적으로 퓨리에 변환의 관계로 배치하고, 나아가서는 어포컬 렌즈(7)의 동공면과 마이크로 플라이 아이 렌즈(13)의 입사면을 광학적으로 대략 공역으로 배치하고 있다. 가변 선광 유닛(12)은, 마이크로 플라이 아이 렌즈(13)의 직전에 배치되고, 나아가서는 어포컬 렌즈(7)의 동공면과 광학적으로 대략 공역으로 배치되어 있다.

[0033] 따라서, 마이크로 플라이 아이 렌즈(13)의 입사면 상에는, 어포컬 렌즈(7)의 동공면과 마찬가지로, 예컨대 광축 AX를 중심으로 한 윤대 형상의 조야(照野)가 형성된다. 이 윤대 형상의 조야의 전체 형상은, 줌 렌즈(11)의 초점 거리에 의존하여 유사적(相似的)으로 변화한다. 마이크로 플라이 아이 렌즈(13)를 구성하는 각 미소 렌즈는, 마스크 M 상에 있어서 형성해야 할 조야의 형상(나아가서는 웨이퍼 W 상에 있어서 형성해야 할 노광 영역의 형상)과 유사인 직사각형 형상의 단면을 갖는다.

[0034] 마이크로 플라이 아이 렌즈(13)에 입사한 광속은 다수의 미소 렌즈에 의해 이차원적으로 분할되고, 그 후측 초점면 또는 그 근방(나아가서는 조명 동공)에는, 입사 광속에 의해서 형성되는 조야와 대략 동일한 광 강도 분포를 갖는 2차 광원, 즉 광축 AX를 중심으로 한 윤대 형상의 실질적인 면광원으로 이루어지는 2차 광원이 형성된다. 마이크로 플라이 아이 렌즈(13)의 후측 초점면 또는 그 근방에 형성된 2차 광원으로부터의 광속은, 빔 스플리터(14a) 및 콘덴서 광학계(15)를 거친 후, 마스크 블라인드(16)를 중첩적으로 조명한다. 빔 스플리터(14a)를 내장하는 편광 모니터(14)의 구성 및 작용에 대해서는 후술하기로 한다.

[0035] 이렇게 해서, 조명 시야 조리개로서의 마스크 블라인드(16)에는, 마이크로 플라이 아이 렌즈(13)를 구성하는 각 미소 렌즈의 형상과 초점 거리에 따른 직사각형 형상의 조야가 형성된다. 마스크 블라인드(16)의 직사각형 형상의 개구부(광 투과부)를 거친 광속은, 결상 광학계(17)의 집광 작용을 받은 후, 소정의 패턴이 형성된 마스크 M을 중첩적으로 조명한다. 즉, 결상 광학계(17)는, 마스크 블라인드(16)의 직사각형 형상 개구부의 상(像)을 마스크 M 상에 형성하게 된다.

[0036] 마스크 스테이지 MS 상에 유지된 마스크 M의 패턴을 투과한 광속은, 투영 광학계 PL을 거쳐서, 웨이퍼 스테이지 WS 상에 유지된 웨이퍼(감광성 기판) W 상에 마스크 패턴의 상을 형성한다. 이렇게 해서, 투영 광학계 PL의 광축 AX와 직교하는 평면(XY 평면) 내에 있어서 웨이퍼 스테이지 WS를 이차원적으로 구동 제어하면서, 나아가서는 웨이퍼 W를 이차원적으로 구동 제어하면서 일괄 노광 또는 스캔 노광을 하는 것에 의해, 웨이퍼 W의 각 노광 영역에는 마스크 M의 패턴이 순차적으로 노광된다.

[0037] 또, 윤대 조명용의 회절 광학 소자(6) 대신에, 4극 조명용의 회절 광학 소자(도시하지 않음)를 조명 광로 중에 설정함으로써, 4극 조명을 실시할 수 있다. 4극 조명용의 회절 광학 소자는, 직사각형 형상의 단면을 갖는 평행 광속이 입사한 경우에, 그 파 필드에 4극 형상의 광 강도 분포를 형성하는 기능을 갖는다. 따라서, 4극 조명용의 회절 광학 소자를 거친 광속은, 마이크로 플라이 아이 렌즈(13)의 입사면에, 예컨대 광축 AX를 중심으로 한 4개의 원 형상의 조야로 이루어지는 4극 형상의 조야를 형성한다. 그 결과, 마이크로 플라이 아이 렌즈(13)의 후측 초점면 또는 그 근방에도, 그 입사면에 형성된 조야와 동일한 4극 형상의 2차 광원이 형성된다.

[0038] 또한, 윤대 조명용의 회절 광학 소자(6) 대신에, 원형 조명용의 회절 광학 소자(도시하지 않음)를 조명 광로 중에 설정함으로써, 통상의 원형 조명을 실시할 수 있다. 원형 조명용의 회절 광학 소자는, 직사각형 형상의 단면을 갖는 평행 광속이 입사한 경우에, 파 필드에 원 형상의 광 강도 분포를 형성하는 기능을 갖는다. 따라서, 원형 조명용의 회절 광학 소자를 거친 광속은, 마이크로 플라이 아이 렌즈(13)의 입사면에, 예컨대 광축 AX를 중심으로 한 원 형상의 조야를 형성한다. 그 결과, 마이크로 플라이 아이 렌즈(13)의 후측 초점면 또는 그 근방에도, 그 입사면에 형성된 조야와 동일한 원 형상의 2차 광원이 형성된다.

[0039] 또한, 윤대 조명용의 회절 광학 소자(6) 대신에, 다른 복수극 조명용의 회절 광학 소자(도시하지 않음)를 조명 광로 중에 설정함으로써, 여러 가지 복수극 조명(2극 조명, 8극 조명 등)을 실시할 수 있다. 마찬가지로, 윤대 조명용의 회절 광학 소자(6) 대신에, 적당한 특성을 갖는 회절 광학 소자(도시하지 않음)를 조명 광로 중에 설정함으로써, 여러 가지 형태의 변형 조명을 실시할 수 있다.

[0040] 원추 액시콘계(10)는, 광원 측에서부터 순서대로, 광원 측으로 평면을 향하여, 또한 마스크 측으로 오탁 원추 형상의 굴절면을 향한 제 1 프리즘 부재(10a)와, 마스크 측으로 평면을 향하여, 또한 광원 측으로 볼록 원추 형

상의 굴절면을 향한 제 2 프리즘 부재(10b)로 구성되어 있다. 그리고, 제 1 프리즘 부재(10a)의 오목 원추 형상의 굴절면과 제 2 프리즘 부재(10b)의 볼록 원추 형상의 굴절면과는, 서로 접촉 가능하도록 상보적으로 형성되어 있다. 또한, 제 1 프리즘 부재(10a) 및 제 2 프리즘 부재(10b) 중 적어도 한쪽의 부재가 광축 AX를 따라 이동 가능하게 구성되고, 제 1 프리즘 부재(10a)의 오목 원추 형상의 굴절면과 제 2 프리즘 부재(10b)의 볼록 원추 형상의 굴절면의 간격이 가변으로 구성되어 있다. 이하, 운대 형상 또는 4극 형상의 2차 광원에 주목하여, 원추 액시콘계(10)의 작용 및 줌 렌즈(11)의 작용을 설명한다.

[0041] 여기서, 제 1 프리즘 부재(10a)의 오목 원추 형상 굴절면과 제 2 프리즘 부재(10b)의 볼록 원추 형상 굴절면이 서로 접촉하고 있는 상태에서는, 원추 액시콘계(10)는 평행 평면판으로서 기능하며, 형성되는 운대 형상 또는 4극 형상의 2차 광원에 미치는 영향은 없다. 그러나, 제 1 프리즘 부재(10a)의 오목 원추 형상 굴절면과 제 2 프리즘 부재(10b)의 볼록 원추 형상 굴절면을 이간(離間)시키면, 운대 형상 또는 4극 형상의 2차 광원의 폭(운대 형상의 2차 광원의 외경(外徑)과 내경(內徑)의 차의  $1/2$ ; 4극 형상의 2차 광원에 외접하는 원의 직경(외경)과 내접하는 원의 직경(내경)의 차의  $1/2$ )을 일정하게 유지하면서, 운대 형상 또는 4극 형상의 2차 광원의 외경(내경)이 변화한다. 즉, 운대 형상 또는 4극 형상의 2차 광원의 운대비(내경 / 외경) 및 크기(외경)가 변화한다.

[0042] 줌 렌즈(11)는, 운대 형상 또는 4극 형상의 2차 광원의 전체 형상을 상사적으로 확대 또는 축소하는 기능을 갖는다. 예컨대, 줌 렌즈(11)의 초점 거리를 최소값에서 소정의 값으로 확대시킴으로써, 운대 형상 또는 4극 형상의 2차 광원의 전체 형상이 상사적으로 확대된다. 바꿔 말하면, 줌 렌즈(11)의 작용에 의해, 운대 형상 또는 4극 형상의 2차 광원의 운대비가 변화하는 일 없이, 그 폭 및 크기(외경)가 함께 변화된다. 이와 같이, 원추 액시콘계(10) 및 줌 렌즈(11)의 작용에 의해, 운대 형상 또는 4극 형상의 2차 광원의 운대비와 크기(외경)를 제어할 수 있다.

[0043] 편광 모니터(14)는, 마이크로 플라이 아이 렌즈(13)와 콘덴서 광학계(15) 사이의 광로 중에 배치된 빔 스플리터(14a)를 구비하고 있으며, 이 빔 스플리터(14a)로의 입사광의 편광 상태를 검지하는 기능을 갖는다. 바꿔 말하면, 편광 모니터(14)의 검지 결과에 근거하여, 마스크 M(나아가서는 웨이퍼 W)으로의 조명광이 소망하는 편광 상태(비편광 상태를 포함하는 개념)로 되어 있는지 여부가 수시로 검출된다.

[0044] 도 2는, 도 1의 편광 상태 측정부의 내부 구성을 개략적으로 나타내는 도면이다. 본 실시예에서는, 도 2에 도시하는 바와 같이 웨이퍼 W를 유지하기 위한 웨이퍼 스테이지 WS에, 웨이퍼 W에 대한 조명광(노광광)의 편광 상태를 측정하기 위한 편광 상태 측정부(18)가 마련되어 있다. 편광 상태 측정부(18)는, 웨이퍼 W의 노광면의 높이 위치에 있어서 이차원적으로 위치 결정 가능한 편광 부재(40)를 구비하고 있다. 또, 편광 상태 측정부(18)의 사용시에는, 웨이퍼 W는 광로로부터 퇴피(退避)된다.

[0045] 편광 부재(40)의 편광(40a)을 통과한 광은, 콜리메이트 렌즈(41)를 거쳐 대략 평행한 광속으로 되고, 반사경(42)에 의해 반사된 후, 릴레이 렌즈계(43)에 입사한다. 릴레이 렌즈계(43)를 거친 대략 평행한 광속은, 이상자(移相子)로서의  $\lambda/4$ 판(44) 및 편광자로서의 편광 빔 스플리터(45)를 거친 후, 이차원 CCD(46)의 검출면(46a)에 도달한다. 이차원 CCD(46)의 출력은, 제어부(도시하지 않음)에 공급된다. 여기서,  $\lambda/4$ 판(44)은, 광축을 중심으로 하여 회전 가능하게 구성되어 있고, 이  $\lambda/4$ 판(44)에는, 그 광축을 중심으로 한 회전각을 설정하기 위한 설정부(47)가 접속되어 있다.

[0046] 이렇게 해서, 웨이퍼 W에 대한 조명광의 편광도가 0이 아닌 경우에는, 설정부(47)를 거쳐서  $\lambda/4$ 판(44)을 광축 둘레로 회전시키는 것에 의해 이차원 CCD(46)의 검출면(46a)에 있어서의 광 강도 분포가 변화한다. 따라서, 편광 상태 측정부(18)에서는, 설정부(47)를 이용하여  $\lambda/4$ 판(44)을 광축 둘레로 회전시키면서 검출면(46a)에 있어서의 광 강도 분포의 변화를 검출하고, 이 검출 결과로부터 회전 이상자법에 의해 조명광의 편광 상태(편광도; 광에 관한 스토크스 파라미터  $S_1, S_2, S_3$ )를 측정할 수 있다.

[0047] 또, 회전 이상자법에 대해서는, 예컨대 츠루타 저(著), 「광의 연필-기술자를 위한 응용 광학」, 주식회사 신기술 커뮤니케이션즈 등에 자세히 기재되어 있다. 실제로는, 편광 부재(40)(나아가서는 편광(40a))를 웨이퍼면을 따라 이차원적으로 이동시키면서, 웨이퍼면내의 복수의 위치에 있어서의 조명광의 편광 상태를 측정한다. 이 때, 편광 상태 측정부(18)에서는, 이차원적인 검출면(46a)에 있어서의 광 강도 분포의 변화를 검출하기 때문에, 이 검출 분포 정보에 근거하여 조명광의 동공 내에 있어서의 편광 상태의 분포를 측정할 수 있다.

[0048] 그런데, 편광 상태 측정부(18)에서는, 이상자로서  $\lambda/4$ 판(44) 대신에  $\lambda/2$ 판을 이용하는 것도 가능하다. 어떠한 이상자를 이용했다고 하더라도, 광의 편광 상태, 즉 광의 4개의 스토크스 파라미터를 측정하기 위해서는,



이상자와 편광자(편광 빔 스플리터(45))의 광축 둘레의 상대 각도를 바꾸거나, 이상자 또는 편광자를 광로로부터 퇴피시키거나 하여, 적어도 4개의 서로 다른 상태에서 검출면(46a)에 있어서의 광 강도 분포의 변화를 검출할 필요가 있다.

- [0049] 또, 본 실시예에서는 이상자로서의  $\lambda/4$ 판(44)을 광축 둘레로 회전시켰지만, 편광자로서의 편광 빔 스플리터(45)를 광축 둘레로 회전시켜도 좋고, 이상자 및 편광자의 쌍방을 광축 둘레로 회전시켜도 좋다. 또한, 이 동작 대신에, 혹은 이 동작에 부가하여, 이상자로서의  $\lambda/4$ 판(44) 및 편광자로서의 편광 빔 스플리터(45) 중의 한쪽 또는 쌍방을 광로로부터 삽탈(挿脱; 삽입 / 분리)시켜도 좋다.
- [0050] 또한, 편광 상태 측정부(18)에서는, 반사경(42)의 편광 특성에 의해 광의 편광 상태가 변화되어 버리는 경우가 있다. 이 경우, 반사경(42)의 편광 특성은 미리 알고 있기 때문에, 소요의 계산에 의해서 반사경(42)의 편광 특성의 편광 상태에의 영향에 근거하여 편광 상태 측정부(18)의 측정 결과를 보정해서, 조명광의 편광 상태를 정확히 측정할 수 있다. 또한, 반사경에 한정되지 않고, 렌즈 등의 다른 광학 부품에 기인하여 편광 상태가 변화되어 버리는 경우에도 마찬가지로 측정 결과를 보정하여, 조명광의 편광 상태를 정확히 측정할 수 있다.
- [0051] 이렇게 해서, 편광 상태 측정부(18)를 이용하여 웨이퍼 W에 대한 조명광의 동공 내에 있어서의 편광 상태(편광도)를 측정하여, 조명광이 동공 내에 있어서 적절한 편광 상태로 되어 있는지 여부가 판정된다. 또, 전술한 실시예에서는, 편광 상태 측정부(18)가 웨이퍼 스테이지 WS에 장착 가능한 구성을 나타내었지만, 이 편광 상태 측정부(18)를 웨이퍼 스테이지 WS에 조립해 넣어도 좋고, 또한 웨이퍼 스테이지 WS와는 별도의 스테이지에 조립해 넣어도 좋다.
- [0052] 도 3은, 본 실시예에 따른 각 가변 위상차 부재의 구성을 개략적으로 나타내는 도면이다. 본 실시예에 있어서, 제 1 가변 위상차 부재(3) 및 제 2 가변 위상차 부재(4)는, 도 3(a)에 나타내는 솔레일 보상기로서, 혹은 도 3(b)에 나타내는 바비네 보상기로서 각각 구성되어 있다. 도 3(a)에 나타내는 솔레일 보상기는, 광의 입사 측에서부터 순서대로, 평행 평면판(21a)과, 한 쌍의 편각 프리즘(21b, 21c)으로 구성되어 있다.
- [0053] 여기서, 평행 평면판(21a), 제 1 편각 프리즘(21b) 및 제 2 편각 프리즘(21c)은, 복굴절성을 갖는 결정 재료로서의 수정에 의해 형성되어 있다. 또한, 제 1 편각 프리즘(21b)과 제 2 편각 프리즘(21c)은, 서로 보완적인(상보적인) 췌기 형상의 단면 형상을 갖는다. 또한, 평행 평면판(21a)의 결정 광학축과 한 쌍의 편각 프리즘(21b, 21c)의 결정 광학축이 서로 직교하도록 설정되어 있다.
- [0054] 또한, 예컨대 마이크로미터 헤드와 같은 구동 수단(도시하지 않음)에 의해, 제 1 편각 프리즘(21b)과 제 2 편각 프리즘(21c)이 Z 방향을 따라서 상대적으로 이동하도록, 혹은 제 1 편각 프리즘(21b)과 제 2 편각 프리즘(21c)이 대향하는 사면(斜面)과 YZ 평면과의 교선(交線) 방향을 따라 상대적으로 이동하도록 구성되어 있다. 도 3(a)에 나타내는 솔레일 보상기(21a~21c)에서는, 광의 입사 위치에 의존하지 않고, 제 1 편각 프리즘(21b)과 제 2 편각 프리즘(21c)의 상대 위치에 따라서, 입사광과 사출광 사이에 일정한 위상차가 가변적으로 부여된다.
- [0055] 한편, 도 3(b)에 나타내는 바비네 보상기는, 광의 입사 측에서부터 순서대로, 제 1 편각 프리즘(22a)과, 제 2 편각 프리즘(22b)으로 구성되어 있다. 여기서, 제 1 편각 프리즘(22a) 및 제 2 편각 프리즘(22b)은, 복굴절성을 갖는 결정 재료로서의 수정에 의해 형성되고, 서로 보완적인 췌기 형상의 단면 형상을 갖는다. 또한, 제 1 편각 프리즘(22a)의 결정 광학축과 제 2 편각 프리즘(22b)의 결정 광학축이 서로 직교하도록 설정되어 있다.
- [0056] 또한, 예컨대 마이크로미터 헤드와 같은 구동 수단(도시하지 않음)에 의해, 제 1 편각 프리즘(22a)과 제 2 편각 프리즘(22b)이 Z 방향을 따라서 상대적으로 이동하도록, 혹은 제 1 편각 프리즘(22a)과 제 2 편각 프리즘(22b)이 대향하는 사면과 YZ 평면과의 교선 방향을 따라 상대적으로 이동하도록 구성되어 있다. 도 3(b)에 나타내는 바비네 보상기((22a, 22b))에서는, Z 방향에 따른 광의 입사 위치에 어느 정도 의존하지만, 제 1 편각 프리즘(22a)과 제 2 편각 프리즘(22b)의 상대 위치에 따라서, 입사광과 사출광 사이에 대략 일정한 위상차가 가변적으로 부여된다.
- [0057] 본 실시예에서는, 노광 장치에의 탑재에 앞서 제 1 가변 위상차 부재(3) 단체(單體)에 의해 입사광과 사출광 사이에 부여되는 위상차를 측정하여, 위상차가 광의 파장  $\lambda$ 의  $1/4$ 로 되도록, 즉 제 1 가변 위상차 부재(3)가  $1/4$  파장판으로서 정확하게 기능하도록 미리 조정한다. 마찬가지로, 노광 장치에의 탑재에 앞서 제 2 가변 위상차 부재(4) 단체에 의해 입사광과 사출광 사이에 부여되는 위상차를 측정하고, 위상차가 광의 파장  $\lambda$ 의  $1/2$ 로 되도록, 즉 제 2 가변 위상차 부재(4)가  $1/2$  파장판으로서 정확하게 기능하도록 미리 조정한다.
- [0058] 이어서,  $1/4$  파장판으로서 정확하게 기능하도록 조정된 제 1 가변 위상차 부재(3) 및  $1/2$  파장판으로서 정확하게 기능하도록 조정된 제 2 가변 위상차 부재(4)를, 정형 광학계(2)와 디폴라라이저(5) 사이의 광로 중의 소

정 위치에 각각 위치 결정하고, 광축 AX를 중심으로 하여 일체적으로 회전할 수 있도록 각각 설정한다. 이렇게 해서, 1/4 파장판으로서의 제 1 가변 위상차 부재(3)는, 광축 AX를 중심으로 하여 회전 자유롭게 구성되며, 입사되는 타원 편광의 광을 직선 편광의 광으로 변환한다. 또한, 1/2 파장판으로서의 제 2 가변 위상차 부재(4)는, 광축 AX를 중심으로 하여 회전 자유롭게 구성되며, 입사되는 직선 편광의 편광 방향을 변화시킨다.

[0059] 한편, 디폴라라이저(5)는, 도시를 생략하였지만, 상보적인 형상을 갖는 쉘기 형상의 수정 편각 프리즘과 쉘기 형상의 형석(螢石) 편각 프리즘(또는 석영 편각 프리즘)에 의해 일체적인 프리즘 조립체로서 구성되고, 조명 광로에 대하여 삽탈이 자유롭게 설정되어 있다. 또, 디폴라라이저(5)의 상세한 구성 및 작용에 대해서는, 예컨대 국제 공개 WO 2004 / 051717호 공보를 참조할 수 있다.

[0060] 광원(1)으로서 KrF 엑시머 레이저 광원이나 ArF 엑시머 레이저 광원을 이용하는 경우, 이들의 광원으로부터 사출되는 광은 전형적으로는 95% 이상의 편광도를 갖고, 제 1 가변 위상차 부재에는 대략 직선 편광의 광이 입사한다. 그러나, 광원(1)과 제 1 가변 위상차 부재(3) 사이의 광로 중에 이면 반사경으로서의 직각 프리즘이 개재되는 경우, 입사하는 직선 편광의 편광면이 P 편광면 또는 S 편광면에 일치하지 않으면, 직각 프리즘에서의 전(全)반사에 의해 직선 편광이 타원 편광으로 변환한다.

[0061] 편광 상태 전환 수단(3~5)에서는, 예컨대 직각 프리즘에서의 전반사에 기인하여 타원 편광의 광이 입사되더라도, 입사하는 타원 편광에 대하여 1/4 파장판으로서의 제 1 가변 위상차 부재(3)를 광축 AX 둘레의 소정의 각도 위치에 설정함으로써, 타원 편광의 입사광이 직선 편광의 광으로 변환되어 제 2 가변 위상차 부재(4)로 도입된다. 또한, 입사하는 직선 편광에 대하여 1/2 파장판으로서의 제 2 가변 위상차 부재(4)를 광축 AX 둘레의 소정의 각도 위치에 설정함으로써, 직선 편광의 입사광이 소망하는 방향으로 편광 방향을 갖는 직선 편광의 광으로 변환되어 디폴라라이저(5)로, 혹은 회절 광학 소자(6)로 직접 도입된다.

[0062] 또한, 디폴라라이저(5)를 조명 광로 중에 삽입하여, 입사하는 직선 편광에 대해 디폴라라이저(5)를 광축 AX 둘레의 소정의 각도 위치에 설정함으로써, 직선 편광의 입사광이 비편광 상태의 광으로 변환(비편광화)되어 회절 광학 소자(6)로 입사한다. 한편, 디폴라라이저(5)가 조명 광로로부터 퇴피되어 있는 경우, 제 2 가변 위상차 부재(4)로부터의 직선 편광의 광은 편광 방향을 바꾸지 않고 그대로 회절 광학 소자(6)에 입사한다.

[0063] 이렇게 해서, 편광 상태 전환 수단(3~5)에서는, 디폴라라이저(5)를 조명 광로로부터 퇴피시키고, 또한 1/4 파장판으로서의 제 1 가변 위상차 부재(3) 및 1/2 파장판으로서의 제 2 가변 위상차 부재(4)를 광축 AX 둘레의 소정의 각도 위치에 각각 설정함으로써, 소망하는 방향으로 편광 방향을 갖는 직선 편광의 광을 회절 광학 소자(6)에 입사시킬 수 있다. 또한, 1/4 파장판으로서의 제 1 가변 위상차 부재(3) 및 1/2 파장판으로서의 제 2 가변 위상차 부재(4)를 광축 AX 둘레의 소정의 각도 위치에 각각 설정하는 동시에, 디폴라라이저(5)를 조명 광로 중에 삽입하여 광축 AX 둘레의 소정의 각도 위치에 설정함으로써, 비편광 상태의 광을 회절 광학 소자(6)에 입사시킬 수 있다.

[0064] 바꿔 말하면, 편광 상태 전환 수단(3~5)에서는, 회절 광학 소자(6)로의 입사광의 편광 상태(나아가서는 마스크 M 및 웨이퍼 W를 조명하는 광의 편광 상태)를 직선 편광 상태와 비편광 상태 사이에서 전환할 수 있다. 또한, 직선 편광 상태의 경우에는, 예컨대 서로 직교하는 편광 상태 사이(Z 방향 편광과 X 방향 편광 사이)에서 전환할 수 있다.

[0065] 이상과 같이, 본 실시예에서는, 1/4 파장판이나 1/2 파장판과 같은 파장판을 1장의 수정판에 의해 제조하는 종래 기술과는 달리, 1/4 파장판이나 1/2 파장판과 같은 파장판으로서 기능하는 광학 부재로서, 솔레일 보상기나 바비네 보상기와 같이 입사광과 사출광 사이에 위상차를 가변적으로 부여하는 가변 위상차 부재(3, 4)를 이용하고 있다. 따라서, 가변 위상차 부재(3, 4)를 구성하는 광학 요소(평행 평면판이나 편각 프리즘)에 어느 정도의 제조 오차가 있더라도, 1/4 파장판 및 1/2 파장판으로서 정확하게 기능하도록 각각 조정하고 나서 이용할 수 있다.

[0066] 따라서, 본 실시예의 조명 광학 장치(1~17)에서는, 파장판으로서 기능하는 광학 부재(3, 4)를 구성하는 각 광학 요소(21a~21c; 22a, 22b)의 제조 오차의 영향을 실질적으로 받는 일 없이, 소망하는 편광 상태의 광으로 피조사면으로서의 마스크 M을 조명할 수 있다. 그 결과, 본 실시예의 노광 장치(1~WS)에서는, 피조사면에 설정된 마스크 M을 소망하는 편광 상태의 광으로 조명하는 조명 광학 장치(1~17)를 이용하여, 적절한 조명 조건을 기초로 양호한 노광을 할 수 있다.

[0067] 또, 전술한 설명에서는, 가변 위상차 부재(3, 4) 단체에 의한 위상차를 측정하여, 위상차가 소정의 값(광의 파장  $\lambda$ 의 1/4 또는 1/2)으로 되도록 미리 조정한 것을 조명 광로 중에 조립해 넣고 있다. 그러나, 이것에 한정

되지 않고, 도 4의 제 1 변형예에 도시하는 바와 같이, 가변 위상차 부재(3, 4)를 조명 광로 중에 조립해 넣은 후에, 편광 상태 측정부(18)의 측정 결과에 근거하여, 가변 위상차 부재(3, 4)가 1/4 파장판 및 1/2 파장판으로서 정확하게 기능하도록 각각 조정하는 것도 가능하다. 또한, 1/4 파장판 및 1/2 파장판으로서 정확하게 기능하도록 조정된 상태에서부터 가변 위상차 부재(3, 4)를 더욱 적극적으로 각각 미조정(微調整)함으로써, 다양한 편광 상태의 광으로 피조사면으로서의 마스크 M을, 나아가서는 웨이퍼 W를 조명하는 것도 가능하다.

[0068] 도 4에 있어서, 제어부 CR은, 편광 상태 측정부(18)로부터의 측정 결과를 수취하여, 가변 위상차 부재(3, 4) 중의 광학 요소(21a~21c; 22a, 22b) 간의 상대 위치를 변경하는 구동부 DR3을 제어하고, 피조사면으로서의 마스크 M 또는 웨이퍼 W 상에서의 편광 상태가 소망하는 상태로 되도록, 가변 위상차 부재(3, 4)에 의한 위상차량을 조정한다.

[0069] 또한, 전술한 설명에서는, 가변 위상차 부재(3, 4)를 구성하는 각 광학 요소를 수정에 의해 형성하고 있지만, 이것에 한정되지 않고, 예컨대 불화마그네슘이나 방해석(方解石)과 같은 복굴절성의 결정 재료를 이용하여 가변 위상차 부재(3, 4)의 각 광학 요소를 형성하는 것도 가능하다.

[0070] 도 5는, 본 실시예에 따른 가변 선광 유닛의 구성을 개략적으로 나타내는 도면이다. 또한, 도 6은, 도 5의 가변 선광 유닛을 구성하는 각 가변 선광 부재의 구성을 개략적으로 나타내는 도면이다. 본 실시예에 따른 가변 선광 유닛(12)은, 마이크로 플라이 아이 렌즈(13)의 직전에, 즉 조명 광학계(2~17)의 동공 또는 그 근방에 배치되어 있다. 따라서, 윤대 조명의 경우, 가변 선광 유닛(12)에는 광축 AX를 중심으로 한 대략 윤대 형상의 단면을 갖는 광속이 입사되게 된다.

[0071] 도 5를 참조하면, 가변 선광 유닛(12)은, 광축 AX를 중심으로 하는 원의 둘레 방향을 따라 배치된 8개의 가변 선광 부재(12a, 12b, 12c, 12d, 12e, 12f, 12g, 12h)에 의해 구성되어 있다. 각 가변 선광 부재(12a~12h)는, 광축 AX를 중심으로 한 윤대 형상의 영역을 원주 방향으로 8등분하여 얻어지는 부채꼴 형상의 외형을 가지며, 또한 서로 동일한 기본 구성을 갖는다. 도 6을 참조하면, 각 가변 선광 부재(12a~12h)는, 선광성을 갖는 광학 재료로서의 수정에 의해 형성된 한 쌍의 편각 프리즘(23a, 23b)으로 구성되어 있다.

[0072] 제 1 편각 프리즘(23a)과 제 2 편각 프리즘(23b)은 서로 보완적인 쐐기 형상의 단면 형상을 갖고, 제 1 편각 프리즘(23a)의 결정 광학축 및 제 2 편각 프리즘(23b)의 결정 광학축이 모두 광축 AX에 평행하게(즉, Y 방향에 평행하게) 되도록 배치되어 있다. 또한, 예컨대 마이크로미터 헤드와 같은 구동 수단(도시하지 않음)에 의해, 제 1 편각 프리즘(23a)과 제 2 편각 프리즘(23b)이 광축 AX를 중심으로 하는 원의 직경 방향을 따라서 상대적으로 이동하도록, 혹은 제 1 편각 프리즘(23a)과 제 2 편각 프리즘(23b)이 대향하는 사면과 광축 AX를 포함하는 평면과의 교선 방향을 따라 상대적으로 이동하도록 구성되어 있다.

[0073] 이렇게 해서, 도 6에 나타내는 각 가변 선광 부재(12a~12h)에서는, 제 1 편각 프리즘(23a)과 제 2 편각 프리즘(23b)의 상대 위치에 따라서, 입사하는 직선 편광에 선광 각도가 가변적으로 부여된다. 이하, 도 7을 참조하여, 수정의 선광성에 대하여 간단히 설명한다. 도 7을 참조하면, 두께 d의 수정으로 이루어지는 평행 평면판 형상의 광학 부재(100)가, 그 결정 광학축과 광축 AX가 일치하도록 배치되어 있다. 이 경우, 광학 부재(100)의 선광성에 의해, 입사된 직선 편광의 편광 방향이 광축 AX 둘레로  $\theta$ 만큼 회전한 상태로 사출된다.

[0074] 이 때, 광학 부재(100)의 선광성에 의한 편광 방향의 회전각(선광 각도)  $\theta$ 는, 광학 부재(100)의 두께 d와 수정의 선광능(旋光能)  $\rho$ 에 의해, 다음 식 a로 나타낼 수 있다.

[0075] 
$$\theta = d \cdot \rho \quad (a)$$

[0076] 일반적으로, 수정의 선광능  $\rho$ 는, 파장 의존성(사용광의 파장에 의존하여 선광능의 값이 서로 다른 성질:선광 분산)이 있어, 구체적으로는 사용광의 파장이 짧아지면 커지는 경향이 있다. 「응용 광학 II」의 제 167 페이지의 기술에 따르면, 250.3nm의 파장을 갖는 광에 대한 수정의 선광능  $\rho$ 는, 153.9도/mm이다.

[0077] 도 8은, 도 5의 가변 선광 유닛의 작용에 의해 둘레 방향 편광 상태로 설정된 윤대 형상의 2차 광원을 개략적으로 나타내는 도면이다. 본 실시예에 있어서, 광축 AX를 사이에 두고 대향하는 가변 선광 부재(12a, 12e)는, Z 방향으로 편광 방향을 갖는 직선 편광의 광이 입사한 경우, Z 방향을 Y축 둘레로 +90도 회전시킨 방향, 즉 X 방향으로 편광 방향을 갖는 직선 편광의 광을 사출하도록 제 1 편각 프리즘(23a)과 제 2 편각 프리즘(23b)의 상대 위치가 설정되어 있다. 따라서, 이 경우, 도 8에 나타내는 윤대 형상의 2차 광원(31) 중, 가변 선광 부재(12a, 12e)의 선광 작용을 받은 광속이 형성하는 한 쌍의 부채꼴 영역(또는 원호 형상 영역)(31a, 31e)을 통과하는 광속의 편광 방향은 X 방향으로 된다.

- [0078] 광축 AX를 사이에 두고 대향하는 가변 선광 부재(12b, 12f)는, Z 방향으로 편광 방향을 갖는 직선 편광의 광이 입사한 경우, Z 방향을 Y축 둘레로 +135도 회전시킨 방향, 즉 Z 방향을 Y축 둘레로 -45도 회전시킨 방향으로 편광 방향을 갖는 직선 편광의 광을 사출하도록 제 1 편각 프리즘(23a)과 제 2 편각 프리즘(23b)의 상대 위치가 설정되어 있다. 따라서, 이 경우, 도 8에 나타내는 윤대 형상의 2차 광원(31) 중, 가변 선광 부재(12b, 12f)의 선광 작용을 받은 광속이 형성하는 한 쌍의 부채꼴 영역(31b, 31f)을 통과하는 광속의 편광 방향은 Z 방향을 Y축 둘레로 -45도 회전시킨 방향으로 된다.
- [0079] 광축 AX를 사이에 두고 대향하는 가변 선광 부재(12c, 12g)는, Z 방향으로 편광 방향을 갖는 직선 편광의 광이 입사한 경우, Z 방향을 Y축 둘레로 +180도 회전시킨 방향, 즉 Z 방향으로 편광 방향을 갖는 직선 편광의 광을 사출하도록 제 1 편각 프리즘(23a)과 제 2 편각 프리즘(23b)의 상대 위치가 설정되어 있다. 따라서, 이 경우, 도 8에 나타내는 윤대 형상의 2차 광원(31) 중, 가변 선광 부재(12c, 12g)의 선광 작용을 받은 광속이 형성하는 한 쌍의 부채꼴 영역(31c, 31g)을 통과하는 광속의 편광 방향은 Z 방향으로 된다.
- [0080] 광축 AX를 사이에 두고 대향하는 가변 선광 부재(12d, 12h)는, Z 방향으로 편광 방향을 갖는 직선 편광의 광이 입사한 경우, Z 방향을 Y축 둘레로 +45도 회전시킨 방향으로 편광 방향을 갖는 직선 편광의 광을 사출하도록 제 1 편각 프리즘(23a)과 제 2 편각 프리즘(23b)의 상대 위치가 설정되어 있다. 따라서, 이 경우, 도 8에 나타내는 윤대 형상의 2차 광원(31) 중, 가변 선광 부재(12d, 12h)의 선광 작용을 받은 광속이 형성하는 한 쌍의 부채꼴 영역(31d, 31h)을 통과하는 광속의 편광 방향은 Z 방향을 Y축 둘레로 +45도 회전시킨 방향으로 된다.
- [0081] 이와 같이, 가변 선광 유닛(12)은, 조명 동공면 또는 그 근방에 배치되어 입사광의 편광 상태를 소정의 편광 상태로 변환하기 위한 편광 변환 소자를 구성하고 있다. 또, 본 실시예에서는, 가변 선광 유닛(12)을 광로부터 퇴피시키지 않고서 통상의 원형 조명을 실시할 수 있도록, 가변 선광 유닛(12)의 유효 영역의 직경 방향의 크기의 3/10 이상, 바람직하게는 1/3 이상의 크기를 갖고, 또한 선광성을 갖지 않는 원 형상의 중앙 영역(12j)이 마련되어 있다. 여기서, 중앙 영역(12j)은, 예컨대 석영이나 형석과 같이 선광성을 갖지 않는 광학 재료에 의해 형성되어 있어도 좋고, 단순히 원 형상의 개구이더라도 좋다. 단, 중앙 영역(12j)은 가변 선광 유닛(12)에 필수적인 요소는 아니다.
- [0082] 본 실시예에서는, 둘레 방향 편광 윤대 조명(윤대 형상의 2차 광원을 통과하는 광속이 둘레 방향 편광 상태로 설정된 변형 조명)에 있어서, 편광 상태 전환 수단(3~5)의 작용에 의해, Z 방향으로 편광 방향을 갖는 직선 편광의 광을 가변 선광 유닛(12)에 입사시킨다. 그 결과, 마이크로 플라이 아이 렌즈(13)의 후측 초점면 또는 그 근방에는, 도 8에 도시하는 바와 같이, 윤대 형상의 2차 광원(윤대 형상의 조명 동공 분포)(31)이 형성되고, 이 윤대 형상의 2차 광원(31)을 통과하는 광속이 가변 선광 유닛(12)의 작용에 의해 둘레 방향 편광 상태로 설정된다. 둘레 방향 편광 상태에서는, 윤대 형상의 2차 광원(31)을 구성하는 부채꼴 영역(31a~31h)을 각각 통과하는 광속은, 각 부채꼴 영역(31a~31h)의 원주 방향에 따른 중심 위치에 있어서의 광축 AX를 중심으로 하는 원의 접선 방향과 대략 일치하는 편광 방향을 갖는 직선 편광 상태로 된다.
- [0083] 이렇게 해서, 본 실시예에서는, 가변 선광 유닛(12)의 선광 작용에 의해, 광량 손실을 실질적으로 발생시키는 일 없이, 둘레 방향 편광 상태의 윤대 형상의 2차 광원(조명 동공 분포)(31)을 형성할 수 있다. 또, 둘레 방향 편광 상태의 윤대 형상의 조명 동공 분포에 근거하는 둘레 방향 편광 윤대 조명에서는, 최종적인 피조사면으로서의 웨이퍼 W에 조사되는 광이 S 편광을 주성분으로 하는 편광 상태로 된다. 여기서, S 편광이란, 입사면에 대하여 수직인 방향으로 편광 방향을 갖는 직선 편광(입사면에 수직인 방향으로 전기 벡터가 진동하고 있는 편광)을 말한다. 단, 입사면이란, 광이 매질의 경계면(피조사면:웨이퍼 W의 표면)에 도달했을 때에, 그 점에서의 경계면의 법선과 광의 입사 방향을 포함하는 면으로서 정의된다.
- [0084] 그 결과, 둘레 방향 편광 윤대 조명에서는, 투영 광학계 PL의 광학 성능(초점 심도 등)의 향상을 도모할 수 있으며, 웨이퍼(감광성 기관) W 상에 있어서 높은 콘트라스트의 마스크 패턴상을 얻을 수 있다. 즉, 본 실시예의 노광 장치에서는, 광량 손실을 양호하게 억제하면서 둘레 방향 편광 상태의 윤대 형상의 조명 동공 분포를 형성할 수 있는 조명 광학 장치를 이용하고 있기 때문에, 적절한 조명 조건을 기초로 미세 패턴을 충실하게 고(高)스루풋으로 전사할 수 있다.
- [0085] 또한, 본 실시예에서는, 편광 상태 전환 수단(3~5)의 작용에 의해 X 방향으로 편광 방향을 갖는 직선 편광의 광을 가변 선광 유닛(12)에 입사시키고, 도 9에 도시하는 바와 같이 윤대 형상의 2차 광원(32)을 통과하는 광속을 직경 방향 편광 상태로 설정하여, 직경 방향 편광 윤대 조명(윤대 형상의 2차 광원(32)을 통과하는 광속이 직경 방향 편광 상태로 설정된 변형 조명)을 실시할 수 있다. 직경 방향 편광 상태에서는, 윤대 형상의 2차 광원(32)을 구성하는 부채꼴 영역(32a~32h)을 각각 통과하는 광속은, 부채꼴 영역(32a~32h)의 원주 방향에 따른



중심 위치에 있어서의 광축 AX를 중심으로 하는 원의 반경 방법과 대략 일치하는 편광 방향을 갖는 직선 편광 상태로 된다.

[0086] 직경 방향 편광 상태의 윤대 형상의 조명 동공 분포에 근거하는 직경 방향 편광 윤대 조명에서는, 최종적인 피조사면으로서의 웨이퍼 W에 조사되는 광이 P 편광을 주성분으로 하는 편광 상태로 된다. 여기서, P 편광이란, 전술한 바와 같이 정의되는 입사면에 대하여 평행한 방향으로 편광 방향을 갖는 직선 편광(입사면에 평행한 방향으로 전기 벡터가 진동하고 있는 편광)을 말한다. 그 결과, 직경 방향 편광 윤대 조명에서는, 웨이퍼 W에 도포된 레지스트에 있어서의 광의 반사율을 작게 억제하여, 웨이퍼(감광성 기판) W 상에 있어서 양호한 마스크 패턴상을 얻을 수 있다.

[0087] 그런데, 본 출원인은, 예컨대 국제 공개 WO 2005 / 076045호 팜플렛에 있어서, 조명 동공면 또는 그 근방에 배치되어 입사광의 편광 상태를 소정의 편광 상태로 변환하기 위한 편광 변환 소자로서, 광의 투과 방향에 따른 두께(광축 방향의 길이)가 서로 다른 복수 종류의 수정판을 선광 부재로 하여 원주 방향으로 배치하는 구성을 제안하고 있다. 상기 출원에 있어서 제안된 편광 변환 소자에서는, 입사하는 직선 편광에 소요의 선광 각도를 부여하기 위한 각 선광 부재를 1장의 수정판으로 정밀도 좋게 제조하는 것은 곤란하다. 제조 오차에 기인하여 각 선광 부재가 정확하게 기능하지 않는 경우에는, 소망하는 둘레 방향 편광 상태나 직경 방향 편광 상태 등을 실현할 수가 없다.

[0088] 이에 반하여, 본 실시예에서는, 편광 변환 소자로서의 가변 선광 유닛(12)을, 제 1 편각 프리즘(23a)과 제 2 편각 프리즘(23b)의 상대 위치에 따라 입사하는 직선 편광에 선광 각도를 가변적으로 부여하는 복수의 가변 선광 부재(12a~12h)에 의해 구성하고 있다. 따라서, 각 가변 선광 부재(12a~12h)를 구성하는 광학 요소(한 쌍의 편각 프리즘)에 어느 정도의 제조 오차가 있더라도, 소요의 선광 각도를 부여하는 광학 부재로서 정확하게 기능하도록 각 가변 선광 부재(12a~12h)를 각각 조정하고 나서 가변 선광 유닛(12)을 이용할 수 있다.

[0089] 구체적으로는, 노광 장치에의 탑재에 앞서 각 가변 선광 부재(12a~12h)에 의한 선광 각도를 각각 측정하여, 선광 각도가 소정의 값으로 되도록 각 가변 선광 부재(12a~12h)(나아가서는 제 1 편각 프리즘(23a)과 제 2 편각 프리즘(23b)의 상대 위치)를 조정하고 나서, 가변 선광 유닛(12)을 조명 광로 중에 조립해 넣는다. 혹은, 가변 선광 유닛(12)을 조명 광로 중에 조립해 넣은 후에, 편광 상태 측정부(18)의 측정 결과에 근거하여, 각 가변 선광 부재(12a~12h)가 정확하게 기능하도록 제 1 편각 프리즘(23a)과 제 2 편각 프리즘(23b)의 상대 위치를 각각 조정하는 것도 가능하다. 또한, 가변 선광 유닛(12)으로서 정확하게 기능하도록 조정된 상태에서부터 각 가변 선광 부재(12a~12h)를 더욱 적극적으로 각각 미조정함으로써, 다양한 편광 상태(예컨대, 완전한 둘레 방향 편광 상태와 약간 다른 변형 둘레 방향 편광 상태 등)의 광으로 피조사면으로서의 마스크 M을, 나아가서는 웨이퍼 W를 조명하는 것도 가능하다.

[0090] 이 경우, 도 1에 도시하는 바와 같이, 제어부 CR은, 편광 상태 측정부(18)로부터의 측정 결과를 수취하여, 가변 선광 유닛(12) 중의 광학 요소(12a~12h)의 상대 위치를 변경하는 구동부 DR1을 제어하고, 피조사면으로서의 마스크 M 또는 웨이퍼 W 상으로 향하는 광속의 편광 상태가 소망하는 상태로 되도록, 가변 선광 유닛(12)에 의한 선광량의 분포를 조정한다.

[0091] 이렇게 해서, 본 실시예의 조명 광학 장치(1~17)에서는, 가변 선광 유닛(12)을 구성하는 각 광학 요소(12a~12h; 23a, 23b)의 제조 오차의 영향을 실질적으로 받는 일 없이, 소망하는 편광 상태의 광으로 피조사면으로서의 마스크 M을 조명할 수 있다. 그 결과, 본 실시예의 노광 장치(1~WS)에서는, 피조사면에 설정된 마스크 M을 소망하는 편광 상태의 광으로 조명하는 조명 광학 장치(1~17)를 이용하여, 적절한 조명 조건을 기초로 양호한 노광을 할 수 있다.

[0092] 또, 전술한 설명에서는, 가변 선광 유닛(12)에 입사하는 광속을, Z 방향으로 편광 방향을 갖는 직선 편광 상태와 X 방향으로 편광 방향을 갖는 직선 편광 상태 사이에서 전환하는 것에 의해, 둘레 방향 편광 윤대 조명과 직경 방향 편광 윤대 조명을 실현하고 있다. 그러나, 이것에 한정되지 않고, 예컨대 Z 방향 또는 X 방향으로 편광 방향을 갖는 직선 편광 상태의 입사 광속에 대하여, 가변 선광 유닛(12)을 도 5에 나타내는 제 1 상태와 광축 AX 둘레로 90도만큼 회전시킨 제 2 상태 사이에서 전환하는 것에 의해, 둘레 방향 편광 윤대 조명과 직경 방향 편광 윤대 조명을 실현하는 것도 가능하다.

[0093] 또한, 전술한 설명에서는, 마이크로 플라이 아이 렌즈(13)의 직전에 가변 선광 유닛(12)을 배치하고 있다. 그러나, 이것에 한정되지 않고, 일반적으로 조명 광학 장치(1~PL)의 동공 또는 그 근방에, 예컨대 투영 광학계 PL의 동공 또는 그 근방이나, 결상 광학계(17)의 동공 또는 그 근방이나, 원추 액시콘계(10)의 직전(어포컬 렌

즈(7)의 동공 또는 그 근방) 등에 가변 선광 유닛(12)을 배치하는 것도 가능하다.

- [0094] 또한, 전술한 설명에서는, 윤대 형상의 유효 영역의 8분할에 대응하는 8개의 부채꼴 형상의 가변 선광 부재(12a~12h)에 의해 가변 선광 유닛(12)을 구성하고 있다. 그러나, 이것에 한정되지 않고, 예컨대 원 형상의 유효 영역의 8분할에 대응하는 8개의 부채꼴 형상의 가변 선광 부재에 의해, 혹은 원 형상 또는 윤대 형상의 유효 영역의 4분할에 대응하는 4개의 부채꼴 형상의 가변 선광 부재에 의해, 혹은 원 형상 또는 윤대 형상의 유효 영역의 16분할에 대응하는 16개의 부채꼴 형상의 가변 선광 부재에 의해 가변 선광 유닛(12)을 구성하는 것도 가능하다. 즉, 가변 선광 유닛(12)의 유효 영역의 형상, 유효 영역의 분할수(가변 선광 부재의 수) 등에 대하여 여러 가지 변형예가 가능하다.
- [0095] 또한, 전술한 설명에서는, 수정을 이용하여 각 가변 선광 부재(12a~12h)(나아가서는 가변 선광 유닛(12))를 형성하고 있다. 그러나, 이것에 한정되지 않고, 선광성을 갖는 다른 적당한 광학 재료를 이용하여 각 가변 선광 부재를 형성하는 것도 가능하다. 이 경우, 사용 파장의 광에 대하여 100도/mm 이상의 선광능을 갖는 광학 재료를 이용하는 것이 바람직하다. 즉, 선광능이 작은 광학 재료를 이용하면, 편광 방향의 소요 회전각을 얻기 위해 필요한 두께가 너무 커져서, 광량 손실의 원인이 되기 때문에 바람직하지 못하다.
- [0096] 또한, 전술한 설명에 있어서, 가변 선광 유닛(12)을 조명 광로에 대하여 고정적으로 마련하였지만, 이 가변 선광 유닛(12)을 조명 광로에 대하여 삽탈 가능하게 마련하여도 좋다. 또한, 전술한 설명에서는, 웨이퍼 W에 대한 S 편광과 윤대 조명을 조합한 예를 나타내었지만, 웨이퍼 W에 대한 S 편광과 2극이나 4극이나 8극 등의 다극 조명 및 원형 조명을 조합하여도 좋다.
- [0097] 도 10은, 본 실시예에 따른 가변 위상차 유닛의 구성을 개략적으로 나타내는 도면이다. 본 실시예에 따른 가변 위상차 유닛(9)은, 어포컬 렌즈(7)의 동공면 또는 그 근방에, 즉 조명 광학계(2~17)의 동공 또는 그 근방에 배치되어 있다. 따라서, 윤대 조명의 경우, 가변 위상차 유닛(9)에는, 광축 AX를 중심으로 한 대략 윤대 형상의 단면을 갖는 광속이 입사하게 된다. 또한, 8극 조명의 경우, 가변 위상차 유닛(9)에는, 예컨대 광축 AX를 중심으로 한 8개의 대략 원 형상의 단면을 갖는 광속이 입사하게 된다. 이하, 설명을 단순화하기 위하여 8극 조명의 경우에 대해 설명한다.
- [0098] 도 10을 참조하면, 가변 위상차 유닛(9)은, 광축 AX를 중심으로 하는 원의 둘레 방향을 따라 배치된 8개의 원 형상의 가변 위상차 부재(9a, 9b, 9c, 9d, 9e, 9f, 9g, 9h)에 의해 구성되어 있다. 각 가변 위상차 부재(9a~9h)는, 서로 동일한 기본 구성을 갖고, 구체적으로는 도 3(a)에 나타내는 솔레일 보상기로서, 혹은 도 3(b)에 나타내는 바비네 보상기로서 각각 구성되어 있다.
- [0099] 또한, 각 가변 위상차 부재(9a~9h)는, 예컨대 원 형상의 외형의 중심을 지나 광축 AX에 평행한(Y 방향에 평행한) 축선을 중심으로 하여 회전 자유롭게 구성되어 있다. 일례로서 전술한 둘레 방향 편광 상태로 8극 조명을 실시하는 경우, 도 11에 도시하는 바와 같이 편광 상태 전환 수단(3~5)의 작용에 의해, 가변 위상차 유닛(9)에 입사하는 8극 형상의 광속(33)을 구성하는 8개의 원 형상의 광속(33a~33h)은 모두 Z 방향으로 편광 방향을 갖는 직선 편광인 것이다.
- [0100] 그러나, 제 2 가변 위상차 부재(4)와 가변 위상차 유닛(9) 사이의 광로 중에 배치된 광학 부재의 편광 특성 등의 영향에 의해, 가변 위상차 유닛(9)에 도달하는 광속의 편광 상태가 Z 방향으로 편광 방향을 갖는 직선 편광 상태에서부터 변화하는 경우가 있다. 단순한 구체예로서, 도 11에 도시하는 바와 같이, 예컨대 가변 위상차 유닛(9)의 가변 위상차 부재(9a)에 입사하는 원 형상의 광속(33a)이 타원 편광 상태로 되거나, 가변 위상차 부재(9h)에 입사하는 원 형상의 광속(33h)이 Z 방향에 대하여 기울어진 방향으로 편광 방향을 갖는 직선 편광 상태로 되거나 한다.
- [0101] 이 경우, 본 실시예의 가변 위상차 유닛(9)에서는, 가변 위상차 부재(9a)가 1/4 파장판으로서 정확하게 기능하도록, 제 1 편각 프리즘(21b)과 제 2 편각 프리즘(21c)의 상대 위치(혹은 제 1 편각 프리즘(22a)과 제 2 편각 프리즘(22b)의 상대 위치)를 조정한다. 또한, 가변 위상차 부재(9h)가 1/2 파장판으로서 정확하게 기능하도록, 제 1 편각 프리즘(21b)과 제 2 편각 프리즘(21c)의 상대 위치(혹은 제 1 편각 프리즘(22a)과 제 2 편각 프리즘(22b)의 상대 위치)를 조정한다.
- [0102] 이어서, 가변 위상차 부재(9a)를 중심 축선 둘레의 소정의 각도 위치에 설정함으로써, 타원 편광의 입사광을 Z 방향으로 편광 방향을 갖는 직선 편광의 광으로 변환한다. 또한, 가변 위상차 부재(9h)를 중심 축선 둘레의 소정의 각도 위치에 설정함으로써, 직선 편광의 입사광을 Z 방향으로 편광 방향을 갖는 직선 편광의 광으로 변환한다. 이렇게 하여, 조명 동공면 또는 그 근방에 배치된 편광 변환 소자로서의 가변 위상차 유닛(9)의 작용에

의해, 입사광의 편광 상태를 소망하는 편광 상태(구체예에서는 Z 방향으로 편광 방향을 갖는 직선 편광 상태)로 변환할 수 있으며, 나아가서는 소망하는 편광 상태(예컨대, 둘레 방향 편광 상태, 직경 방향 편광 상태, Z 방향으로 편광 방향을 갖는 직선 편광 상태 등)로 마스크 M 및 웨이퍼 W를 조명할 수 있다. 즉, 본 실시예에 따른 가변 위상차 유닛(9)을 이용하여, 조명 동공면 또는 그 근방의 위치에서의 편광 상태를 국소적으로 변경함으로써, 조명 동공면 또는 그 근방에 있어서 소망하는 편광 상태의 분포를 갖는 조명광으로 마스크 M 및 웨이퍼 W를 조명할 수 있으며, 나아가서는 소망하는 해상도나 초점 심도 향상의 효과를 얻을 수 있을 뿐만 아니라, 예컨대 패턴 좌우 방향이나 상하 방향에 있어서의 비대칭 오차의 발생을 억제할 수 있다.

[0103] 또, 전술한 설명에서는, 8극 조명을 실시하는 경우에 주목하고 있지만, 이것에 한정되지 않고, 예컨대 2극, 4극과 같은 복수극 조명이나, 윤대 조명을 실시하는 경우에도 마찬가지로, 편광 변환 소자로서의 가변 위상차 유닛(9)의 작용에 의해 입사광의 편광 상태를 소망하는 편광 상태로 변환할 수 있다. 또한, 전술한 설명에서는, 가변 위상차 유닛(9)을 어포컬 렌즈(7)의 동공면 또는 그 근방에 배치하고 있지만, 이것에 한정되지 않고, 일반적으로 조명 광학계(2~17)의 동공면 또는 그 근방에 배치하는 것도 가능하다. 또한, 가변 위상차 유닛(9)을 조명 광로에 대하여 삽탈 자유롭게 마련하여도 좋고, 조명 광로 중에 고정적으로 마련하여도 좋다.

[0104] 또한, 전술한 설명에서는, 가변 위상차 유닛(9)을 통과한 직후의 8극 형상의 광속(33a~33h)이 모두 Z 방향으로 편광 방향을 갖는 직선 편광 상태로 되도록 조정하고 있지만, 이것에 한정되지 않고, 가변 위상차 유닛(9)을 통과한 직후의 광속이 여러 가지 편광 상태로 되도록 조정하는 것도 가능하다.

[0105] 또한, 편광 상태 측정부(18)의 측정 결과에 근거하여, 어떤 조정 상태로부터 각 가변 위상차 부재(9a~9h)를 더욱 적극적으로 각각 미조정함으로써, 더욱 다양한 편광 상태의 광으로 피조사면으로서의 마스크 M을, 나아가서는 웨이퍼 W를 조명하는 것도 가능하다. 이 경우, 제어부 CR은, 도 1에 나타난 구동부 DR2를 거쳐서 가변 위상차 유닛(9) 중의 각 가변 위상차 부재(9a~9h)를 조정한다.

[0106] 또, 도 5에 나타난 가변 선광 유닛(12)과 도 10에 나타난 가변 위상차 유닛(9)을 조합하여 이용하여도 좋다. 이 경우, 가변 위상차 유닛(9)에 의해서 조명광의 타원 편광율을 제어하고, 가변 선광 유닛(12)에 의해서 편광 방향(타원 편광의 경우에는 그 장축 방향)을 제어하는 것이 바람직하다. 이 때, 가변 위상차 유닛(9)과 가변 선광 유닛(12)을 인접한 상태로 배치하여도 좋고, 이들 유닛 사이에 릴레이 광학계(7b, 11)를 사이에 두고, 이들의 유닛(9, 12)이 서로 공역으로 되도록 배치하여도 좋다.

[0107] 도 12는, 본 실시예에 따른 별도의 가변 위상차 유닛의 구성을 개략적으로 나타내는 도면이다. 도 12에 나타내는 가변 위상차 유닛(19)은, 도 12(a)에 도시하는 바와 같이 마스크 블라인드(16)의 근방에, 즉 조명 광학 장치(1~17)의 피조사면과 광학적으로 공역인 위치 또는 그 근방에 배치되어 있다. 따라서, 가변 위상차 유닛(19)에는, 윤대 조명이나 복수극 조명이나 원형 조명 등에 의존하지 않고, 마스크 M 상의 조명 영역이나 웨이퍼 W 상의 노광 영역(스캔 노광의 경우에는 정지 노광 영역)과 거의 상사(相似)인 직사각형 형상의 광속이 입사하게 된다.

[0108] 도 12(b)를 참조하면, 가변 위상차 유닛(19)은, 광축 AX를 중심으로 하는 직사각형 형상의 영역 내에 대략 조밀 배치된 다수의 원 형상의 가변 위상차 부재(19a, 19b, 19c, 19d, 19e, ...)에 의해 구성되어 있다. 각 가변 위상차 부재(19a~19e, ...)는, 서로 동일한 기본 구성을 갖고, 구체적으로는 도 3(a)에 나타내는 솔레일 보상기로서, 혹은 도 3(b)에 나타내는 바비네 보상기로서 각각 구성되어 있다.

[0109] 또한, 각 가변 위상차 부재(19a~19e, ...)는, 예컨대 원 형상의 외형의 중심을 지나 광축 AX에 평행한(Y 방향에 평행한) 축선을 중심으로 하여 회전 자유롭게 구성되어 있다. 일례로서 Y 방향으로 편광 방향을 갖는 직선 편광 상태로 마스크 M 및 웨이퍼 W를 조명하는 경우, 도 13에 도시하는 바와 같이 편광 상태 전환 수단(3~5)의 작용에 의해, 가변 위상차 유닛(19)의 각 가변 위상차 부재(19a~19e, ...)에 입사하는 광속은 모두 Z 방향으로 편광 방향을 갖는 직선 편광인 것이다.

[0110] 그러나, 제 2 가변 위상차 부재(4)와 가변 위상차 유닛(19) 사이의 광로 중에 배치된 광학 부재의 편광 특성 등의 영향에 의해, 가변 위상차 유닛(19)에 도달하는 광속의 편광 상태가 Z 방향으로 편광 방향을 갖는 직선 편광 상태로부터 변화하는 경우가 있다. 단순한 구체예로서, 도 13에 도시하는 바와 같이, 예컨대 가변 위상차 유닛(19)의 가변 위상차 부재(19a)에 입사하는 광속이 타원 편광 상태로 되거나, 가변 위상차 부재(19e)에 입사하는 광속이 Z 방향에 대하여 기울어진 방향으로 편광 방향을 갖는 직선 편광 상태로 되거나 한다.

[0111] 이 경우, 도 12의 가변 위상차 유닛(19)에서는, 가변 위상차 부재(19a)가 1/4 파장판으로서 정확하게 기능하도록, 제 1 편각 프리즘(21b)과 제 2 편각 프리즘(21c)의 상대 위치(혹은 제 1 편각 프리즘(22a)과 제 2 편각 프

리즘(22b)의 상대 위치)를 조정한다. 또한, 가변 위상차 부재(19e)가 1/2 파장판으로서 정확하게 기능하도록, 제 1 편각 프리즘(21b)과 제 2 편각 프리즘(21c)의 상대 위치(혹은 제 1 편각 프리즘(22a)과 제 2 편각 프리즘(22b)의 상대 위치)를 조정한다.

[0112] 이어서, 가변 위상차 부재(19a)를 중심 축선 둘레의 소정의 각도 위치에 설정함으로써, 타원 편광의 입사광을 Z 방향으로 편광 방향을 갖는 직선 편광의 광으로 변환한다. 또한, 가변 위상차 부재(19e)를 중심 축선 둘레의 소정의 각도 위치에 설정함으로써, 직선 편광의 입사광을 Z 방향으로 편광 방향을 갖는 직선 편광의 광으로 변환한다. 이렇게 해서, 피조사면과 광학적으로 공역인 위치 또는 그 근방에 배치된 편광 변환 소자로서의 가변 위상차 유닛(19)의 작용에 의해, 입사광의 편광 상태를 소망하는 편광 상태(구체예에서는 Z 방향으로 편광 방향을 갖는 직선 편광 상태)로 변환할 수 있으며, 나아가서는 소망하는 편광 상태(Y 방향으로 편광 방향을 갖는 직선 편광 상태)로 마스크 M 및 웨이퍼 W를 조명할 수 있다. 즉, 본 실시예에 따른 별도의 가변 위상차 유닛(19)을 이용하여, 피조사면(마스크 M, 웨이퍼 W)을 조명하는 광의 편광 상태를 국소적으로 변경함으로써, 피조사면 상에 있어서 소망하는 편광 상태의 분포를 갖는 조명광으로 마스크 M 및 웨이퍼 W를 조명할 수 있으며, 나아가서는 웨이퍼 W 상에 형성되는 패턴의 선폭이 노광 영역 내의 위치마다 분산되는 것을 억제하여, 이른바 필드 내 선폭 차의 발생을 억제할 수 있다.

[0113] 또, 도 5의 가변 선광 유닛과 도 12의 가변 위상차 유닛, 혹은 도 10의 가변 위상차 유닛과 도 12의 가변 위상차 유닛을 병용하는 것도 가능하다. 이 경우, 조명 동공면 또는 그 근방에서의 편광 상태를 국소적으로 연속 변경하면서 피조사면(마스크 M, 웨이퍼 W)을 조명하는 광의 편광 상태를 국소적으로 연속 변경함으로써, 조명 동공면 또는 그 근방에 있어서 소망하는 편광 상태의 분포를 갖고, 또한 피조사면 상에 있어서 소망하는 편광 상태의 분포를 갖는 조명광으로 마스크 M 및 웨이퍼 W를 조명할 수 있으며, 나아가서는 패턴의 비대칭 오차의 발생 및 필드 내 선폭 차의 발생 등을 억제할 수 있다.

[0114] 또, 전술한 설명에서는, 가변 위상차 유닛(19)을 마스크 블라인드(16)의 근방에 배치하고 있다. 그러나, 이것에 한정되지 않고, 마스크 블라인드(16)의 근방 이외에, 조명 광학 장치(1~17)의 피조사면의 근방(예컨대 마스크 M의 근방), 피조사면과 광학적으로 공역인 위치, 또는 해당 공역인 위치의 근방에 배치하는 것도 가능하다. 또한, 가변 위상차 유닛(19)을 조명 광로에 대하여 삼탈 자유롭게 마련하여도 좋고, 조명 광로 중에 고정적으로 마련하여도 좋다. 또, 스캔 노광의 경우에는, 다수의 원 형상의 가변 위상차 부재를 비(非) 스캔 방향을 따라서 배치하는 것이 바람직하고, 또한 비스캔 방향에 따른 배치가 같지자 형상(혹은 지그재그 형상)으로 되는 것이 바람직하다.

[0115] 또한, 전술한 설명에서는, 가변 위상차 유닛(19)을 통과한 직후의 광속이 모두 Z 방향으로 편광 방향을 갖는 직선 편광 상태로 되도록 조정하고 있지만, 이것에 한정되지 않고, 가변 위상차 유닛(19)을 통과한 직후의 광속이 여러 가지 편광 상태로 되도록 조정하는 것도 가능하다. 또한, 편광 상태 측정부(18)의 측정 결과에 근거하여, 어떤 조정 상태로부터 각 가변 위상차 부재(19a~19e, ...)를 더욱 적극적으로 각각 미조정함으로써, 다양한 편광 상태의 광으로 피조사면으로서의 마스크 M을, 나아가서는 웨이퍼 W를 조명하는 것도 가능하다.

[0116] 이 경우, 도 12에 도시하는 바와 같이, 제어부 CR은, 편광 상태 측정부(18)로부터의 측정 결과를 수취하여, 가변 위상차 유닛(19) 중의 가변 위상차 부재(19a~19e)를 구동하는 구동부 DR4를 제어하고, 피조사면으로서의 마스크 M 또는 웨이퍼 W 상에서의 광속의 편광 상태 분포가 소망하는 상태로 되도록, 가변 위상차 유닛(19)에 의한 위상차량의 분포를 조정한다.

[0117] 또한, 전술한 실시예에서는, 조명 광학 장치(1~17)의 피조사면과 광학적으로 공역인 위치 또는 그 근방에 가변 위상차 유닛(19)을 배치하고 있지만, 이 가변 위상차 유닛 대신에, 복수의 가변 선광 유닛을 배치하여도 좋다. 이 경우, 각각의 가변 선광 부재의 형상은, 도 5에 나타난 바와 같은 부채꼴 형상이 아니라, 원 형상인 것이 바람직하다. 이 구성에 의해, 피조사면 상에 있어서 소망하는 편광 방향의 분포를 갖는 조명광으로 직선 편광 조명을 실시할 수 있다. 나아가서는, 피조사면 상에 있어서 소망하는 편광 상태의 분포를 갖는 조명광으로 편광 조명을 실시할 수 있다. 또, 이러한 가변 선광 유닛과 가변 위상차 유닛을 조합하여 이용하여도 좋다. 이 경우, 가변 위상차 유닛에 의해서 조명광의 타원 편광율을 제어하고, 가변 선광 유닛에 의해서 편광 방향(타원 편광의 경우에는 그 장축 방향)을 제어하는 것이 바람직하다.

[0118] 또한, 도 14에 제 2 변형예로서 도시하는 바와 같이, 가변 선광 유닛(80)으로서, 비스캔 방향(X 방향)에 대응한 방향을 따라서, 쉼기 형상으로 형성된 선광성을 갖는 광학 재료(예컨대 수정)로 이루어지는 가변 선광 부재(81a~81f)를 배치하여도 좋다. 이들 가변 선광 부재(81a~81f)는 스캔 방향에 대응하는 방향(Z 방향)으로 움직일 수 있으며, 그 이동량은, 제어부 CR에 의해 제어되고 각 가변 선광 부재(81a~81f)에 접속된 구동 유닛(82a~



82f)에 의해 조정된다.

- [0119] 도 14(b)를 참조하여, 각 가변 선광 부재(81a~81f)의 작용에 대하여 설명한다. 또, 여기서는 가변 선광 부재(81f)를 대표로 설명한다. 도 14(b)에 있어서, 가변 선광 부재(81f)의 이동 방향(Z 방향)에 따른 복수의 위치(83f1~83f5)를 생각한다. 이 때, 마스크 블라인드(16)의 개구부(16a) 내의 복수의 위치(83f1~83f5)를 통과한 각 광속의 편광 상태를 참조 부호 "84f1~84f5"로 나타낸다. 가변 선광 부재(81f)를 거치지 않은 광속의 편광 상태(84f1~84f3)에 대하여, 가변 선광 부재(81f)를 거친 광속의 편광 상태(84f4, 84f5)는, 가변 선광 부재(81f)의 광축 방향(Y 방향)의 두께에 따라서, 입사한 직선 편광의 편광 방향이 광축 둘레로 회전한다.
- [0120] 여기서, 스캔 노광을 생각해 보면, 웨이퍼 W 상의 한 점에 도달하는 광속의 편광 상태는, 스캔 방향에 따른 광속군의 평균적인 편광 상태라고 생각할 수 있다. 제 2 변형예에서는, 가변 선광 부재(81f)의 Z 방향 위치에 따라서, Z 방향에 따른 광속의 편광 상태(84f1~84f5)가 평균적인 편광 상태를 변경할 수 있기 때문에, 웨이퍼 W 상의 한 점에 도달하는 광속의 편광 상태를 변경할 수 있다. 그리고, 비스캔 방향에 따른 각 가변 선광 부재(81a~81f)의 Z 방향 위치를 각각 변경함으로써, 비스캔 방향에서의 광속의 편광 상태의 분포를 변경할 수 있다. 또, 도 15에 도시하는 바와 같이, 가변 선광 유닛의 각 가변 선광 부재(81a~81f)에, 광축 보정용의 비정질 재료(예컨대 석영)로 이루어지는 쉼기 형상의 광학 부재(85a~85f)(도 15에서는 "85f"만 도시함)를 마련하고, 전체로서 평행 평면판 형상으로 하여도 좋다.
- [0121] 도 16은, 제 3 변형예에 따른 가변 선광 / 이상 유닛의 구성을 개략적으로 나타내는 도면이다. 제 3 변형예는, 가변 선광자를 이용하여 직선 편광의 편광 방향(타원 편광의 장축 방향의 방향)을 제어하면서, 가변 이상자를 이용하여 편광의 타원율을 제어하는 것이다. 도 16(a)에 나타내는 측면도, 도 16(b)에 나타내는 상면도 및 도 16(c)에 나타내는 하면도를 참조하면, 선광자(51~55)는 각각 결정 광학축이 광축 방향을 향한 수정으로 형성되어 있고, 이상자(61~66)는 각각 결정 광학축이 광축 직교 방향을 향한 수정으로 형성되어 있다.
- [0122] 여기서, 선광자(51) 및 이상자(61)는 사각뿔 형상을 하고 있으며, 선광자(52~55) 및 이상자(62~65)는 각각(광축을 포함하는 면내에서의) 단면이 쉼기 형상이고 광축 방향에서 보아 4분원 형상을 하고 있다. 또한, 이상자(61~65)에 있어서의 선광 작용을 제거(cancel)하기 위하여, 이상자(61~65)의 결정 광학축 방향과 이상자(66)의 결정 광학축 방향은 서로 직교하고 있다. 또한, 선광자(52~55)는, 선광자(51)에 대하여 광축을 기준으로 하는 반경 방향으로 움직일 수 있도록 마련되어 있으며, 이상자(62~65)는, 이상자(61)에 대하여 광축을 기준으로 하는 반경 방향으로 움직일 수 있도록 마련되어 있다. 이 때, 선광자(52~55)는, 사각뿔 형상의 선광자(51)의 사면을 따라 움직일 수 있는 것이 바람직하고, 이상자(62~65)는, 사각뿔 형상의 이상자(61)의 사면을 따라 움직일 수 있는 것이 바람직하다.
- [0123] 선광자(52~55)의 반경 방향의 위치에 따라서, 선광자 전체로서의 광축 방향의 두께가 국소적으로 변경된다. 또한, 이상자(62~65)의 반경 방향의 위치에 따라서 이상자 전체로서의 광축 방향의 두께가 국소적으로 변경된다. 따라서, 선광자(51, 52) 및 이상자(61, 62, 66)를 통과하는 제 1 광속, 선광자(51, 53) 및 이상자(61, 63, 66)를 통과하는 제 2 광속, 선광자(51, 54) 및 이상자(61, 64, 66)를 통과하는 제 3 광속, 및 선광자(51, 55) 및 이상자(61, 65, 66)를 통과하는 제 4 광속의 각각에 부여하는 선광량 및 이상량을 독립적으로 조정할 수 있으므로, 제 1 ~ 제 4 광속의 각각의 편광 상태(편광 방향 및 타원율)를 독립 조정할 수 있다.
- [0124] 또, 이상량을 효과적으로 조정(보정)하기 위해서는, 본 변형예와 같이 가변 이상 유닛(61~66)의 입사 측에 가변 선광 유닛(51~55)을 배치하는 것이 바람직하다. 여기서, 가변 이상 유닛(61~66)의 사출 측에 가변 선광 유닛(51~55)이 배치되는 경우에는, 가변 이상 유닛(51~55)의 이상자의 결정축 방위와 이상자(51~55)에 입사하는 광의 편광 방향이 평행 또는 수직으로 될 가능성이 있어, 이 때에는 입사광에 대하여 이상 작용을 부여할 수 없다. 이 경우에는, 가변 위상 유닛(51~55)의 이상자(51~55)의 결정축을 광축 직교 면내에서 임의의 방향으로 회전시키기 위한 이상자 회전 기구를 마련하거나, 서로 다른 방위의 결정축을 갖는 이상자와 교환 가능하도록 마련하는 것이 바람직하다. 이와 같이, 광의 입사 측으로부터 가변 선광 유닛 및 가변 이상 유닛의 순으로 배치하는 것은, 본 변형예뿐만 아니라 후술하는 변형예 및 실시예에 있어서도 유효하다.
- [0125] 이 가변 선광 / 이상 유닛(51~55;61~66)은, 도 5에 나타난 가변 선광 유닛(12), 도 10에 나타난 가변 위상 유닛(9) 대신에, 조명 광학 장치의 동공면 또는 그 근방에 배치할 수 있다. 이 때, 조명 광학 장치의 동공면에 형성되는 2차 광원으로서, 예컨대 도 17(a)에 나타내는 바와 같은 다극 형상의 2차 광원(35a~35d)을 적용할 수 있다. 이 다극 형상의 2차 광원(35a~35d)을 형성하는 광속이 가변 이상 유닛(61~65)의 이상자(62~65)로부터 사출될 때의 위치 관계를 도 17(b)에 나타낸다. 이 도 17의 예에서는, 2차 광원(35a~35d)의 원주 방향의 절단선을, 광축을 중심으로 한 방위각으로 10도 이상으로 하고 있다. 이에 따라, 분할된 이상자(선광자)의 경계에

2차 광원(35a~35d)을 형성하는 광이 가해지지 않도록 할 수 있다. 또한, 도 12에 나타난 가변 위상차 유닛(19) 대신에, 조명 광학 장치의 피조사면, 해당 피조사면의 근방 또는 그들의 공역면에 배치할 수 있다.

[0126] 또한, 전술한 예에서는, 4개의 영역을 통과하는 광속에 대한 선광량 및 이상량을 독립 제어하였지만, 영역의 수는 4개에 한정되지 않고, 6개여도 8개여도 몇 개여도 좋다. 여기서, 조명광(노광광)의 파장이 193nm인 경우, 수정의 선광능은 90도 / 228 $\mu$ m이며, 이상량은 180도 / 7 $\mu$ m이다. 선광자에 의한 직선 편광 방향의 가변량을, 예컨대 20도로 하고, 이상자에 의한 위상 조정량을 10도로 할 때, 선광자의 쉐기각을 7.2도로 하면, 선광자(52~55)에게 요구되는 반경 방향의 스트로크는 1mm이며, 이상자의 쉐기각을 0.35도로 하면, 이상자(62~65)에 요구되는 반경 방향의 스트로크는 100 $\mu$ m이다.

[0127] 도 18은, 제 4 변형예에 따른 한 쌍의 비구면 선광자의 구성 및 작용을 모식적으로 도시하는 도면이다. 본 변형예에서는, 도 18에 도시하는 바와 같이, 마스크 블라인드(16)의 전측(광원 측)에 제 1 비구면 선광자쌍(58)이 배치되고, 마스크 블라인드(16)의 후측(마스크 측)에 제 2 비구면 선광자쌍(59)이 배치되어 있다. 제 1 비구면 선광자쌍(58)은, YZ 단면이 오목형인 선광자(58a)와 당해 선광자(58a)의 오목면과 상보적인 볼록면을 갖는 광축 보정판(58b)과의 조합을 갖고, 제 2 비구면 선광자쌍(59)은, YZ 단면이 볼록 형상의 선광자(59a)와 당해 선광자(59a)의 볼록면과 상보적인 오목면을 갖는 광축 보정판(59b)과의 조합을 갖는다. 이들 제 1 비구면 선광자쌍(58) 및 제 2 비구면 선광자쌍(59)에서는, 광속의 입사 위치에 따라서 선광자의 두께가 서로 다른 구성이다.

[0128] 구체적으로, 제 1 비구면 선광자쌍(58)은, 도 19(a)에 도시하는 바와 같이, 예컨대 Y 방향을 따라서 유효 영역의 중심에 있어서 선광량이 가장 작고, 또한 중심으로부터의 거리의 이차 함수에 따라서 선광량이 주변을 향하여 단조롭게 증대되는 것과 같은 2차의 오목 형상 패턴의 선광량 분포를 갖는다. 한편, 제 2 비구면 선광자쌍(59)은, 도 19(b)에 도시하는 바와 같이, 예컨대 Y 방향을 따라서 유효 영역의 중심에 있어서 선광량이 가장 크고, 또한 중심으로부터의 거리의 이차 함수에 따라서 선광량이 주변을 향하여 단조롭게 감소하는 것과 같은 2차의 볼록 형상 패턴의 선광량 분포를 갖는다.

[0129] 그리고, 본 변형예에서는, 제 1 비구면 선광자쌍(58)에 있어서의 유효 영역의 주변에 있어서의 선광량의 최대값과 중심에 있어서의 선광량의 최소값과의 차와, 제 2 비구면 선광자쌍(59)에 있어서의 유효 영역의 중심에 있어서의 선광량의 최대값과 주변에 있어서의 선광량의 최소값과의 차가 같도록 설정되어 있다. 즉, 제 1 비구면 선광자쌍(58)은 2차의 오목 형상 패턴의 선광량 분포를 갖고, 제 2 비구면 선광자쌍(59)은 2차의 볼록 형상 패턴의 선광량 분포를 갖는다. 그 결과, 제 1 비구면 선광자쌍(58)과 제 2 비구면 선광자쌍(59)은 상보적인 선광량 분포를 갖게 된다.

[0130] 또한, 본 변형예에서는, 제 1 비구면 선광자쌍(58)(엄밀하게는 그 오목면)과 마스크 블라인드(16)와의 거리와, 제 2 비구면 선광자쌍(59)(엄밀하게는 그 볼록면)과 마스크 블라인드(16)와의 거리가 서로 같아지도록 설정되어 있다. 이하, 피조사면으로서의 마스크 M(또는 최종적인 피조사면으로서의 웨이퍼 W) 상에 있어서 광축 AX와 교차하는 중심점 P1에 도달하는 광선, 중심점 P1에서부터 +Y 방향으로 소정 거리만큼 떨어진 점 P2에 도달하는 광선, 및 중심점 P1에서부터 -Y 방향으로 동일한 소정 거리만큼 떨어진 점 P3에 도달하는 광선에 주목한다.

[0131] 여기서, 2차의 오목 형상 패턴의 선광량 분포를 갖는 제 1 비구면 선광자쌍(58)만이 개재된 경우를 생각해 본다. 도 18에 있어서, 제 1 비구면 선광자쌍(58)과 마스크 블라인드(16) 사이의 3개의 그래프 (A)는, 제 1 비구면 선광자쌍(58)과 마스크 블라인드(16) 사이의 광로를 진행하는, 점 P1, P2, P3에 관한 광속의 각각의 개구 내 선광량의 분포를 나타내는 것이고, 마스크 블라인드(16)와 제 2 비구면 선광자쌍(59) 사이의 3개의 그래프 (B)는, 마스크 블라인드와 제 2 비구면 선광자쌍(59) 사이의 광로를 진행하는, 점 P1, P2, P3에 관한 광속의 각각의 개구 내 선광량의 분포를 나타내는 것이다.

[0132] 또한, 제 2 비구면 선광자쌍(59)과 결상 광학계(17)(또는 결상 광학계(17)와 투영 광학계 PL) 사이의 3개의 그래프 (C)는, 제 2 비구면 선광자쌍(59)과 결상 광학계(17)(또는 결상 광학계(17)와 투영 광학계 PL) 사이의 광로를 진행하는, 점 P1, P2, P3에 관한 광속의 각각의 개구 내 선광량의 분포를 나타내는 것이며, 결상 광학계(17)(또는 결상 광학계(17)와 투영 광학계 PL)와 피조사면(M, W) 사이의 3개의 그래프 (D)는, 결상 광학계(17)(또는 결상 광학계(17)와 투영 광학계 PL)와 피조사면(M, W) 사이의 광로를 진행하는, 점 P1, P2, P3에 관한 광속의 각각의 개구 내 선광량의 분포를 나타내는 것이다. 이들 그래프 (A)~(D)에서는, 세로축에 선광량, 가로축에 개구수 NA를 취하고 있다.

[0133] 여기서, 그래프 (A)로부터, 제 1 비구면 선광자쌍(58)과 마스크 블라인드(16) 사이에 있어서는, 중심점 P1에 관한 개구 내 선광량 분포는 오목 형상 패턴으로 되고, 점 P2에 관한 개구 내 선광량 분포는 경사 패턴으로 되며,

점 P3에 관한 개구 내 선광량 분포는 점 P2의 경사 패턴과는 경사 방향이 반대인 경사 패턴으로 된다. 그래프 (B)에 도시하는 바와 같이, 마스크 블라인드(16)(중간 결상점)를 통과한 후에는, 중심점 P1에 관한 개구 내 선광량 분포는 오목 형상 패턴 그대로지만, 점 P2에 관한 개구 내 선광량 분포와 점 P3에 관한 개구 내 선광량 분포는 경사 방향이 반대 방향인 경사 패턴으로 된다.

[0134] 또한 제 1 비구면 선광자쌍(58)에 부가하여 2차의 볼록 형상 패턴의 선광량 분포를 갖는 제 2 비구면 선광자쌍(59)도 개재시키면, 제 2 비구면 선광자쌍(59)의 작용에 의해, 도 18의 그래프 (C, D)에 도시하는 바와 같이, 중심점 P1에 관한 선광량 분포가 오목 형상 패턴으로부터 균일한 패턴으로 되돌아가고, 점 P2 및 점 P3에 관한 선광량 분포의 경사 패턴의 정도가 더 조장된 경사 패턴으로 변화한다.

[0135] 바꿔 말하면, 제 1 보정 비구면 선광자쌍(58)과 제 2 비구면 선광자쌍(59)의 협동 작용에 의해, 중심점 P1(및 P1과 동일한 Y 좌표를 갖는 점)에 관한 선광량 분포가 변화하는 일 없이, 점 P2(및 P2와 동일한 Y 좌표를 갖는 점)에 관한 선광량 분포가 선형적인 경사 패턴으로 변화하고, 점 P3(및 P3과 동일한 Y 좌표를 갖는 점)에 관한 선광량 분포가 점 P2의 경사 패턴과는 경사 방향이 반대이고 경사의 정도가 동등한 선형적인 경사 패턴으로 변화한다. 또, 점 P2 및 점 P3에 관한 선광량 분포의 선형적인 경사 조정의 정도는, 점 P2 및 점 P3의 중심점 P1에서부터의 Y 방향에 따른 거리에 의존한다.

[0136] 즉, 중심점 P1에서부터 Y 방향을 따라 멀어질수록, 그 점에 관한 선광량 분포의 선형적인 경사 조정의 정도는 커진다. 또한, 도 18을 참조하면 명백하겠지만, 피조사면 상의 각 점에 도달하는 광선이 제 1 비구면 선광자쌍(58) 및 제 2 비구면 선광자쌍(59)을 각각 통과하는 영역(이하, 「파셜(partial) 영역」이라고 함)의 크기는, 제 1 비구면 선광자쌍(58) 및 제 2 비구면 선광자쌍(59)이 마스크 블라인드(16)로부터 멀어질수록 커지고, 각 점에 관한 선광량 분포의 선형적인 경사 조정의 정도도 커진다. 물론, 제 1 비구면 선광자쌍(58) 및 제 2 비구면 선광자쌍(59)의 선광량 분포의 변화의 정도를 더욱 크게 설정하면, 각 점에 관한 선광량 분포의 선형적인 경사 조정의 정도도 커진다.

[0137] 또한, 전술한 바와 같이, 본 변형예에서는, 제 1 비구면 선광자쌍(58)과 제 2 비구면 선광자쌍(59)이 상보적인 선광량 분포를 갖고, 제 1 비구면 선광자쌍(58)과 제 2 비구면 선광자쌍(59)이 마스크 블라인드(16)를 사이에 두고 같은 거리에 설정되어 있기 때문에, 피조사면 상의 각 점에 관한 파셜 영역의 위치 및 크기는 제 1 비구면 선광자쌍(58)과 제 2 비구면 선광자쌍(59)에서 대략 일치한다. 그 결과, 제 1 비구면 선광자쌍(58)과 제 2 비구면 선광자쌍(59)의 협동 작용에 의해, 피조사면 상의 각 점에 관한 선광량 분포는 점마다 각각 조정되지만, 피조사면 상의 선광량 분포는 실질적으로 변화하는 일은 없다.

[0138] 이상과 같이, 본 변형예에서는, 제 1 비구면 선광자쌍(58)과 제 2 비구면 선광자쌍(59)이, 피조사면(M, W) 상의 각 점에 관한 선광량 분포를 각각 독립적으로 조정하기 위한 조정 수단, 바꿔 말하면, 본 변형예에서는, 제 1 비구면 선광자쌍(58)과 제 2 비구면 선광자쌍(59)이, 피조사면(M, W) 상의 각 점에 도달하는 광속의 개구 내의 편광 상태를 독립적으로 조정하기 위한 조정 수단을 구성하고 있다. 그 결과, 본 변형예의 노광 장치에서는, 피조사면(M, W)에서의 선광량 분포를 대략 균일하게 유지하면서, 피조사면 상의 각 점에서의 편광 상태 분포를 각각 소망하는 분포로 조정할 수 있기 때문에, 마스크 M의 미세 패턴을 노광 영역의 전체에 걸쳐 소망하는 선풍으로 웨이퍼 W 상에 충실히 전사할 수 있다.

[0139] 또, 전술한 설명에서는, 제 1 비구면 선광자쌍(58)과 제 2 비구면 선광자쌍(59)이 마스크 블라인드(16)를 사이에 두고 같은 거리에 설정되어 있지만, 최종적인 피조사면인 웨이퍼 W와 광학적으로 공역인 공역면을 사이에 두고 같은 거리에, 구체적으로는, 예컨대 마스크 M을 사이에 두고 같은 거리에 설정하더라도, 전술한 실시예와 마찬가지로의 효과가 얻어진다. 또한, 전술한 설명에서는, 제 1 비구면 선광자쌍(58)이 2차의 오목 형상 패턴의 선광량 분포를 갖고, 또한 제 2 비구면 선광자쌍(59)이 2차의 볼록 형상 패턴의 선광량 분포를 갖지만, 제 1 비구면 선광자쌍(58)이 2차의 볼록 형상 패턴의 선광량 분포를 갖고, 또한 제 2 비구면 선광자쌍(59)이 2차의 오목 형상 패턴의 선광량 분포를 갖는 경우에도 전술한 변형예와 마찬가지로의 효과가 얻어진다.

[0140] 또한, 전술한 설명에서는, 제 1 비구면 선광자쌍(58) 및 제 2 비구면 선광자쌍(59)이 소정의 패턴의 선광량 분포를 부여하기 위하여, 예컨대 결정축이 광축과 평행하게 위치 결정된 수정으로 이루어지는 선광자를 이용하였지만, 그 대신에, 예컨대 결정축이 광축과 수직으로 위치 결정된 수정으로 이루어지는 이상자와 광축 보정판을 조합하여, 제 1 비구면 이상자쌍 및 제 2 비구면 이상자쌍을 이용하여도 좋다. 이 경우, 예컨대 제 1 비구면 이상자쌍은, YZ 단면이 오목 형상인 이상자와 당해 이상자의 오목면과 상보적인 볼록면을 갖는 광축 보정판과의 조합을 갖고, 제 2 비구면 이상자쌍은, YZ 단면이 볼록 형상인 이상자와 당해 이상자의 볼록면과 상보적인 오목면을 갖는 광축 보정판과의 조합을 갖는다. 이들 제 1 비구면 이상자쌍 및 제 2 비구면 이상자쌍에서는, 광속



의 입사 위치에 따라서 이상자의 두께가 상이한 구성이다.

[0141] 구체적으로, 제 1 비구면 이상자쌍은, 도 19(c)에 도시하는 바와 같이, 예컨대 Y 방향을 따라서 유효 영역의 중심에 있어서 이상량이 가장 작고, 또한 중심으로부터의 거리의 2차 함수에 따라서 이상량이 주변을 향하여 단조롭게 증대되는 것과 같은 2차의 오목 형상 패턴의 이상량 분포를 갖는다. 한편, 제 2 비구면 이상자쌍은, 도 19(d)에 도시하는 바와 같이, 예컨대 Y 방향을 따라서 유효 영역의 중심에 있어서 이상량이 가장 크고, 또한 중심으로부터의 거리의 2차 함수에 따라서 이상량이 주변을 향하여 단조롭게 감소하는 것과 같은 2차의 볼록 형상 패턴의 이상량 분포를 갖는다. 이들 제 1 비구면 이상자쌍과 제 2 비구면 이상자쌍에 의해, 피조사면 상의 각 점에 관한 이상량 분포의 각각을 독립적으로 조정할 수 있다. 바꿔 말하면, 제 1 비구면 이상자쌍과 제 2 비구면 이상자쌍에 의해, 피조사면(M, W) 상의 각 점에 도달하는 광속의 개구 내의 편광 상태를 독립적으로 조정할 수 있다. 또, 이 비구면 이상자쌍과 전술한 비구면 선광자쌍의 쌍방을 조합시켜도 좋다.

[0142] 또한, 전술한 설명에서는, 제 1 비구면 선광자(이상자)쌍(58) 및 제 2 비구면 선광자(이상자)쌍(59)이 2차의 패턴의 선광량(이상량) 분포를 갖지만, 이것에 한정되지 않고, 제 1 비구면 선광자(이상자)쌍(58) 및 제 2 비구면 선광자(이상자)쌍(59)에 부여하는 선광량(이상량) 분포의 패턴에 대해서는 여러 가지 변형예가 가능하다. 구체적으로, 예컨대 제 1 비구면 선광자(이상자)쌍(58)이, 도 20(a), (c)에 도시하는 바와 같이, 예컨대 유효 영역의 중심으로부터의 Y 방향에 따른 거리의 4차 함수에 따라서 중심으로부터 주변을 향하여 투과율이 일단 증대된 후에 감소하는 것과 같은 4차의 M자 형상 패턴의 선광량(이상량) 분포를 갖는 변형예도 가능하다.

[0143] 이 제 5 변형예에서는, 제 2 비구면 선광자(이상자)쌍(59)은, 도 20(b), (d)에 도시하는 바와 같이 유효 영역의 중심으로부터의 Y 방향에 따른 거리의 4차 함수에 따라서 중심으로부터 주변을 향하여 선광량(이상량)이 일단 감소한 후에 증대되는 것과 같은 4차 W자 형상 패턴의 선광량(이상량) 분포를 갖게 된다. 이 경우, 제 1 비구면 선광자(이상자)쌍(58)의 선광량(이상량) 분포와 제 2 비구면 선광자(이상자)쌍(59)의 선광량(이상량) 분포를 상보적으로 설정하면, 전술한 변형예와 마찬가지로의 효과가 얻어진다. 단, 제 1 비구면 선광자(이상자)쌍(58) 및 제 2 비구면 선광자(이상자)쌍(59)이 4차의 패턴의 선광량(이상량) 분포를 갖기 때문에, 선형적인 경사 조정 이 아니라 3차 함수적인 경사 조정 효과가 얻어진다. 또, 제 1 비구면 선광자(이상자)쌍(58) 및 제 2 비구면 선광자(이상자)쌍(59)의 패턴의 선광량(이상량) 분포는 4차 이상이어도 좋다.

[0144] 또한, 전술한 설명에서는, 제 1 비구면 선광자(이상자)쌍(58) 및 제 2 비구면 선광자(이상자)쌍(59)에 Y 방향에 따른 일차원의 선광량(이상량) 분포를 부여하고 있는, 즉 선광자(이상자)가 실린드릭 렌즈 형상이지만, 일차원의 선광량(이상량) 분포의 변화 방향에 대해서는 여러 가지 변형예가 가능하다. 또한, 제 1 비구면 선광자(이상자)쌍(58) 및 제 2 비구면 선광자(이상자)쌍(59)에 이차원적인 선광량(이상량) 분포를 부여하는 것도 가능하다. 또한, 제 1 비구면 선광자(이상자)쌍(58) 및 제 2 비구면 선광자(이상자)쌍(59)에 부여해야 할 선광량(이상량) 분포를 다른 적당한 함수에 따라서 규정하는 것도 가능하다. 일례로서, 예컨대 후술하는 제르니케 다항식을 이용하여 제 1 비구면 선광자(이상자)쌍(58) 및 제 2 비구면 선광자(이상자)쌍(59)의 선광량(이상량) 분포를 규정함으로써, 피조사면 상의 각 점에 관한 개구 내 편광 상태 분포를 다양한 형태에 따라서 점마다 각각 조정하는 것이 가능하게 된다.

[0145] 그런데, 전술한 변형예에 있어서, 결정축이 광축과 수직하게 위치 결정된 수정으로 이루어지는 이상자를 이용하여 제 1 비구면 이상자쌍과 제 2 비구면 이상자쌍을 구성하였지만, 이상자로서는 수정에 한정되지 않고, 예컨대 불화마그네슘( $MgF_2$ ) 등의 복굴절성을 나타내는 결정 재료로 형성되는 것이나, 응력 왜곡 분포를 갖는 광 투과성 재료로 형성되는 것이나, 구조 복굴절성을 갖는 패턴을 갖는 광 투과성 재료로 형성되는 것 등 여러 가지의 것을 적용할 수 있다.

[0146] 또, 전술한 변형예에서는, 제 1 비구면 선광자(이상자)쌍(58)의 투과율 분포와 제 2 비구면 선광자(이상자)쌍(59)의 선광량(이상량) 분포가 상보적으로 설정되어 있지만, 이것에 한정되지 않고, 제 1 비구면 선광자(이상자)쌍(58)의 선광량(이상량) 분포에 대하여 상보적인 선광량(이상량) 분포와는 실질적으로 다른 선광량(이상량) 분포를 제 2 비구면 선광자(이상자)쌍(59)에 부여하는 변형예도 가능하다. 이 변형예에서는, 제 1 비구면 선광자(이상자)쌍(58)의 선광량(이상량) 분포에 대하여 상보적인 선광량(이상량) 분포와 제 2 비구면 선광자(이상자)쌍(59)의 선광량(이상량) 분포의 차에 따라 피조사면 상의 편광 상태의 분포가 조정되게 되어, 피조사면 상의 편광 상태의 분포를 대략 일정하게 유지하면서, 피조사면 상의 각 점에서의 개구 내에서의 편광 상태의 분포를 각각 대략 균일하게 조정할 수 있다.

[0147] 마찬가지로, 피조사면 상의 편광 상태의 분포를 적극적으로 조정하는 변형예로서, 마스크 블라인드(16)를 사이에 두고 제 1 비구면 선광자(이상자)쌍(58)과 제 2 비구면 선광자(이상자)쌍(59)을 서로 다른 거리에 설정하는



것도 가능하다. 이 경우, 마스크 블라인드(16)와 제 1 비구면 선광자(이상자)쌍(58)과의 거리와 마스크 블라인드(7)와 제 2 비구면 선광자(이상자)쌍(59)과의 거리와의 차에 따라 피조사면에 있어서의 편광 상태의 분포를 조정할 수 있으며, 나아가서는 피조사면 상의 편광 상태의 분포를 대략 일정하게 유지하면서, 피조사면 상의 각 점에서의 개구 내에서의 편광 상태의 분포를 각각 대략 균일하게 조정할 수 있다.

[0148] 또한, 전술한 설명에서는, 한 쌍의 비구면 선광자(이상자)쌍(58, 59)을 이용하는 것에 의해, 피조사면 상의 편광 상태의 분포를 대략 균일하게 유지 또는 조정하면서 피조사면 상의 각 점에서의 개구 내의 편광 상태의 분포를 각각 대략 균일하게 조정하고 있다. 그러나, 이것에 한정되지 않고, 일반적으로는 소정의 선광량 분포 또는 이상량 분포를 갖는 복수의 비구면 선광자 또는 비구면 이상자로 이루어지는 조정 수단을 이용하여, 본 발명의 효과를 얻을 수 있다. 즉, 조정 수단을 구성하는 비구면 선광자(이상자)의 수 및 배치에 대하여 여러 가지 변형예가 가능하다.

[0149] 구체적으로, 예컨대 도 21에 도시하는 바와 같이, 입사 위치에 따라서 선광량(이상량)이 서로 다른 선광량(이상량) 분포를 갖는 3개의 비구면 선광자(이상자)(71a~71c)를 이용하는 제 6 변형예도 가능하다. 도 21의 제 6 변형예에서는, 마이크로 플라이 아이 렌즈(13)와 마스크 블라인드(16) 사이의 콘덴서 광학계(15)의 광로 중에 제 1 비구면 선광자(이상자)(71a) 및 제 2 비구면 선광자(이상자)(71b)가 광원 측에서부터 순서대로 배치되고, 콘덴서 광학계(15)와 마스크 블라인드(16) 사이의 광로 중에 제 3 비구면 선광자(이상자)(71c)가 배치되어 있다.

[0150] 이 경우, 도 22에 도시하는 바와 같이, 축상 광속(마스크 블라인드(16)와 광축 AX와의 교점에 도달하는 광속)이 비구면 선광자(이상자)(71a~71c)를 각각 통과하는 영역, 즉 축상 파절 영역(71aa, 71ba, 71ca)이 비구면 선광자(이상자)(71a~71c)마다 다르게 되어 있다. 마찬가지로, 축외 광속(광축 AX로부터 떨어진 마스크 블라인드(16) 상의 점에 도달하는 광속)이 비구면 선광자(이상자)(71a~71c)를 각각 통과하는 영역, 즉 축외 파절 영역(71lab, 71bb, 71cb)도 비구면 선광자(이상자)(71a~71c)마다 다르게 되어 있다.

[0151] 이 제 6 변형예에서는, 각 비구면 선광자(이상자)(71a~71c)의 선광량(이상량) 분포, 각 비구면 선광자(이상자)(71a~71c)에 있어서의 축상 파절 영역 및 축외 파절 영역의 위치 및 크기 등을 적절히 설정함으로써, 피조사면에서의 편광 상태의 분포를 대략 균일하게 조정하면서, 피조사면 상의 각 점에서의 개구 내에서의 편광 상태의 분포를 각각 대략 균일하게 조정할 수 있다. 또한 일반적으로는, 입사 위치에 따라서 선광량(이상량)이 변화하는 소정의 선광량(이상량) 분포를 갖는 복수의 비구면 선광자(이상자)로 이루어지는 조정 수단을 이용하여, 각 비구면 선광자(이상자)의 선광량(이상량) 분포, 각 비구면 선광자(이상자)에 있어서의 축상 파절 영역 및 축외 파절 영역의 위치 및 크기 등을 적절히 설정함으로써, 본 발명의 효과를 얻을 수 있다.

[0152] 이하, 광원(1)에서부터 투영 광학계 PL까지를 피조사면으로서의 웨이퍼 W를 조명하는 조명 광학 장치라고 생각하고, 이 조명 광학 장치(1~PL)의 조정 방법에 대하여 설명한다. 또, 본 실시예에서는, 조정 방법의 설명을 간소화하기 위하여, 소정의 선광량(이상량) 분포를 갖는 복수(2개 또는 그 이상)의 비구면 선광자(이상자)를 이용하여, 피조사면(웨이퍼 W가 설정되는 면)에서의 편광 상태의 분포를 대략 균일하게 조정하면서, 피조사면 상의 각 점에서의 개구 내에서의 편광 상태의 분포를 각각 대략 균일하게 조정하는 것으로 한다.

[0153] 도 23은, 본 실시예에 따른 조명 광학 장치의 조정 방법의 각 공정을 개략적으로 나타내는 플로우차트이다. 도 23에 도시하는 바와 같이, 본 실시예에 따른 조명 광학 장치(1~PL)의 조정 방법에서는, 피조사면 상의 복수 점에 관한 개구 내에서의 편광 상태의 분포(동공 편광 상태 분포) 및 피조사면에 있어서의 편광 상태의 분포를 얻는다(S11). 구체적으로, 분포 획득 공정 S11에서는, 조명 광학 장치(1~PL)의 설계 데이터에 근거하여, 피조사면 상의 복수 점에 관한 개구 내에서의 편광 상태의 분포 및 피조사면에 있어서의 편광 상태의 분포를 산출한다.

[0154] 여기서, 조명 광학 장치(1~PL)의 설계 데이터로서, 예컨대 마이크로 플라이 아이 렌즈(13)의 직후부터 웨이퍼 W의 직전까지의 광학계(15~PL)의 데이터, 즉 각 광학면의 곡률 반경, 각 광학면의 축상 간격, 각 광학 부재를 형성하는 광학 재료의 굴절률 및 종류, 사용광의 파장, 각 광학 부재의 선광량(이상량), 반사 방지막이나 반사막의 입사 각도 특성(선광량이나 이상(리타데이션)량) 등의 데이터를 이용한다. 또, 설계 데이터에 근거하여 피조사면 상의 복수 점에 관한 개구 내에서의 편광 상태의 분포를 산출하는 방법에 대해서는, 예컨대 미국 특허 제 6,870,668 호 공보를 참조할 수 있다.

[0155] 혹은, 분포 획득 공정 S11에 있어서, 실제로 제조된 장치마다 피조사면 상의 복수 점에 관한 개구 내에서의 편광 상태의 분포 및 피조사면에 있어서의 편광 상태의 분포를 측정하여도 좋다. 구체적으로, 피조사면 상의 복

수 점에 관한 개구 내에서의 편광 상태의 분포 및 피조사면에 있어서의 편광 상태의 분포는, 예컨대 도 2에 나타난 편광 상태 측정부(18)를 이용하여 측정할 수 있다.

[0156] 본 실시예에서는, 피조사면 상의 복수 점에 관한 개구 내(피조사면 상의 복수 점의 각각에 대한 동공 내)에서의 편광 상태 분포로서, 스톡스 파라미터( $S_0, S_1, S_2, S_3$ )에 의해 규정되는 특정 편광도( $DSP_1, DSP_2, DSP_3$ )의 분포를 이용할 수 있다. 여기서, 특정 편광도  $DSP_1$ 은 동공 상의 한 점을 통과하여 상면(像面) 상의 한 점에 도달하는 광선에 관한 스톡스 파라미터  $S_0$ 에 대한 스톡스 파라미터  $S_1$ 의 비(比)  $S_1 / S_0$ 으로 표시된다. 마찬가지로 특정 편광도  $DSP_2$ 는 동공 상의 한 점을 통과하여 상면 상의 한 점에 도달하는 광선에 관한 스톡스 파라미터  $S_0$ 에 대한 스톡스 파라미터  $S_2$ 의 비  $S_2 / S_0$ 으로 표시되며, 특정 편광도  $DSP_3$ 은 동공 상의 한 점을 통과하여 상면 상의 한 점에 도달하는 광선에 관한 스톡스 파라미터  $S_0$ 에 대한 스톡스 파라미터  $S_3$ 의 비  $S_3 / S_0$ 으로 표시된다. 여기서,  $S_0$ 은 전(全) 강도이고,  $S_1$ 은 (수평 직선 편광 강도-수직 직선 편광 강도)이며,  $S_2$ 는 (45도 직선 편광 강도-135도 직선 편광 강도)이며,  $S_3$ 은 (우회전 원 편광 강도-좌회전 원 편광 강도)이다.

[0157] 이어서, 본 실시예의 조정 방법에서는, 설계 데이터에 근거하는 산출 혹은 편광 상태 측정부(18)를 이용한 측정에 의해 얻어진 피조사면 상의 복수 점에 관한 개구 내에서의 편광 상태의 분포 및 피조사면에 있어서의 편광 상태의 분포가 각각 소망하는 정도로 대략 균일한지 여부를 판정한다(S12). 판정 공정 S12에 있어서, 개구 내에서의 편광 상태의 분포 및 편광 상태의 분포 중의 적어도 한쪽이 소망하는 정도로 대략 균일하지 않다고 판정된 경우(도면 중 NO인 경우), 비구면 선광자(이상자)의 설계 공정 S13으로 진행한다. 한편, 판정 공정 S12에 있어서, 개구 내에서의 편광 상태의 분포 및 편광 상태의 분포의 쌍방이 소망하는 정도로 대략 균일하다고 판정된 경우(도면 중 YES인 경우), 비구면 선광자(이상자)의 형상 결정 공정 S15로 진행한다.

[0158] 설계 공정 S13에서는, 개구 내에서의 편광 상태의 분포 및 편광 상태의 분포의 쌍방이 소망하는 정도로 대략 균일하게 되도록, 피조사면 상의 복수 점에 관한 개구 내에서의 편광 상태의 분포를 각각 독립적으로 조정하고, 또한 필요에 따라서 피조사면에 있어서의 편광 상태의 분포를 조정하기 위하여 복수의 비구면 선광자(이상자)에 각각 부여해야 할 소요의 선광량(이상량) 분포를 결정(산출)한다. 구체적으로는, 산출 또는 측정된 개구 내에서의 편광 상태의 분포 및 편광 상태의 분포의 정보를 참조하여 사용하는 비구면 선광자(이상자)의 수 및 위치를 미리 상정하고, 피조사면에서의 편광 상태의 분포를 대략 균일하게 유지 또는 조정하면서 피조사면 상의 각 점에서의 개구 내에서의 편광 상태의 분포를 각각 대략 균일하게 조정하기 위하여 각 비구면 선광자(이상자)에 부여해야 할 선광량(이상량) 분포를 구한다.

[0159] 이어서, 설계 공정 S13에서 결정한 선광량(이상량) 분포를 부여한 복수의 비구면 선광자(이상자)를 각각 상정 위치에 배치한 상태, 즉 비구면 선광자(이상자)의 탑재 상태에서, 피조사면 상의 복수 점에 관한 개구 내에서의 편광 상태의 분포(동공 편광 상태 분포) 및 피조사면에서의 편광 상태의 분포를 산출한다(S14). 구체적으로, 분포 산출 공정 S14에서는, 전술한 설계 데이터 정보에 부가하여 각 비구면 선광자(이상자)의 선광량(이상량) 분포 및 위치에 관한 정보를 참조하여, 개구 내에서의 편광 상태의 분포 및 편광 상태의 분포를 산출한다.

[0160] 이어서, 분포 산출 공정 S14에서 산출된 피조사면 상의 복수 점에 관한 개구 내에서의 편광 상태의 분포 및 피조사면에 있어서의 편광 상태의 분포가 각각 소망하는 정도로 대략 균일한지 여부를 판정한다(S12). 판정 공정 S12에 있어서, 개구 내에서의 편광 상태의 분포 및 편광 상태의 분포 중의 적어도 한쪽이 소망하는 정도로 대략 균일하지 않다고 판정된 경우(도면 중 NO인 경우), 다시 비구면 선광자(이상자)의 설계 공정 S13으로 진행하게 된다. 한편, 판정 공정 S12에 있어서, 개구 내에서의 편광 상태의 분포 및 편광 상태의 분포의 쌍방이 소망하는 정도로 대략 균일하다고 판정된 경우(도면 중 YES인 경우), 비구면 선광자(이상자)의 형상 결정 공정 S15로 진행한다.

[0161] 예컨대, 시행 착오적으로 설계 공정 S13과 분포 산출 공정 S14를 반복하고 진행한 형상 결정 공정 S15에서는, 설계 공정 S13에서 산출된 소요의 선광량(이상량) 분포(각 비구면 선광자(이상자)에 부여해야 할 선광량(이상량) 분포)를 실현하는 데에 필요한 비구면 선광자(이상자)의 면 형상을 결정한다. 마지막으로, 형상 결정 공정 S15에서 결정된 면 형상을 갖는 복수의 비구면 선광자(이상자) 및 당해 면 형상과 상보적인 면 형상을 갖는 광축 보정판을 제조하고, 제조된 각 비구면 선광자(이상자)를 광학계 중의 소정의 위치에 각각 조립해 넣는다(S16). 이상과 같이, 형상 결정 공정 S15 및 제조 탑재 공정 S16은, 소요의 선광량(이상량) 분포를 갖는 복수의 비구면 선광자(이상자)를 각각 형성하여 배치하는 조정 공정을 구성하고 있다. 이렇게 해서, 본 실시예의 조정 방법은 종료한다.

[0162] 다음에, 본 실시예의 변형예로서, 각 비구면 선광자(이상자)에 부여해야 할 소요의 선광량(이상량) 분포를 시행 착오적이 아니라 간단하고 정확하게 구할 수 있는 조정 방법을 설명한다. 도 24는, 본 실시예의 변형예에 따른 조정 방법의 각 공정을 개략적으로 나타내는 플로우차트이다. 도 24에 나타내는 변형예의 조정 방법에서는, 도 23에 나타내는 조정 방법과 마찬가지로, 피조사면 상의 복수 점에 관한 동공 내에서의 편광 상태의 분포(동공 내 편광 상태 분포 또는 동공 편광 상태 분포) 및 피조사면에 있어서의 편광 상태의 분포를 얻는다(S21). 구체적으로, 분포 획득 공정 S21에서는, 조명 광학 장치(1~PL)의 설계 데이터에 근거하여, 피조사면 상의 복수 점에 관한 동공 내 편광 상태 분포 및 피조사면에 있어서의 편광 상태의 분포를 산출한다. 혹은, 전술한 편광 측정부(18)를 이용하여, 실제로 제조된 장치마다 피조사면 상의 복수 점에 관한 동공 내 편광 상태 분포 및 피조사면에 있어서의 편광 상태의 분포를 측정한다.

[0163] 이어서, 도 23에 나타내는 조정 방법과 마찬가지로, 설계 데이터에 근거한 산출 혹은 편광 측정부(18)를 이용한 측정에 의해 얻어진 피조사면 상의 복수 점에 관한 동공 내 편광 상태 분포 및 피조사면에 있어서의 편광 상태의 분포가 각각 소망하는 정도로 대략 균일한지 여부를 판정한다(S22). 판정 공정 S22에 있어서, 동공 내 편광 상태의 분포 및 편광 상태의 분포 중의 적어도 한쪽이 소망하는 정도로 대략 균일하지 않다고 판정된 경우(도면 중 NO인 경우), 동공 내 편광 상태 분포의 근사 공정 S23으로 진행한다. 한편, 판정 공정 S22에 있어서, 동공 내 편광 상태 분포 및 편광 상태의 분포의 쌍방이 소망하는 정도로 대략 균일하다고 판정된 경우(도면 중 YES인 경우), 비구면 선광자(이상자)의 형상 결정 공정 S27로 진행한다.

[0164] 동공 내 편광 상태 분포의 근사 공정 S23에서는, 분포 획득 공정 S21에서 얻어진 피조사면 상의 각 점에 관한 동공 내 편광 상태 분포를 조명 동공면에 있어서의 동공 좌표의 함수로서의 소정의 다항식으로 근사한다. 예컨대 본 실시예에서는, 예컨대 2극 조명이나 윤대 조명의 경우, 제르니케·애눌러(Zernike Annular) 다항식을 이용하여, 조명광의 동공 내에 있어서의 편광 상태의 분포를, 특정 편광도 DSP(DSP<sub>1</sub>, DSP<sub>2</sub>, DSP<sub>3</sub>)의 분포에 의해 표현한다. 이것은, 윤대 조명에서는 동공 내의 유효 광원 영역의 형상이 원환상(圓環狀)(윤대형)이며, 2극 조명에서는 동공 내의 2극 형상의 유효 광원 영역이 원환상의 영역의 일부를 차지하고 있기 때문이다. 특정 편광도 DSP의 동공 내의 분포를 나타내는 제르니케·애눌러 다항식의 표현에서는, 좌표계로서 동공극 좌표 (ρ, θ)를 이용하고, 직교 함수계로서 제르니케·애눌러의 원통 함수를 이용한다.

[0165] 즉, 특정 편광도 DSP(ρ, θ)는, 제르니케·애눌러의 원통 함수 AZi(ρ, θ)를 이용하여, 다음 식 b에 나타내는 바와 같이 전개된다.

$$\begin{aligned} \text{DSP}(\rho, \theta) &= \sum C_i \cdot \text{AZ}_i(\rho, \theta) \\ &= C_1 \cdot \text{AZ}_1(\rho, \theta) + C_2 \cdot \text{AZ}_2(\rho, \theta) \\ &\quad \dots + C_n \cdot \text{AZ}_n(\rho, \theta) \quad (\text{b}) \end{aligned}$$

[0166]

[0167] 여기서, Ci는, 제르니케·애눌러 다항식의 각 항의 계수이다. 이하, 제르니케·애눌러 다항식의 각 항의 함수계 AZi(ρ, θ) 중, 제 1 항~제 16 항에 관한 함수 AZ1~AZ16만을 다음 표 1에 나타낸다. 또, 함수 AZ2~AZ16에 포함되는 「ε」은, 동공 내에 있어서 유효 광원 영역이 부분적 혹은 전체적으로 차지하는 원환상의 영역의 윤대비(원환상의 영역의 내경 / 외경 = σ inner / σ outer)이다.

표 1

AZ1	1
AZ2	$\frac{\rho \cos \theta}{\sqrt{1+\varepsilon^2}}$
AZ3	$\frac{\rho \sin \theta}{\sqrt{1+\varepsilon^2}}$
AZ4	$\frac{2\rho^2-1-\varepsilon^2}{1-\varepsilon^2}$
AZ5	$\frac{\rho^2 \cos 2\theta}{\sqrt{1+\varepsilon^2+\varepsilon^4}}$
AZ6	$\frac{\rho^2 \sin 2\theta}{\sqrt{1+\varepsilon^2+\varepsilon^4}}$
AZ7	$\frac{(3\rho^3(1+\varepsilon^2)-2\rho(1+\varepsilon^2+\varepsilon^4))\cos \theta}{(1-\varepsilon^2)\sqrt{(1+\varepsilon^2)(1+4\varepsilon^2+\varepsilon^4)}}$
AZ8	$\frac{(3\rho^3(1+\varepsilon^2)-2\rho(1+\varepsilon^2+\varepsilon^4))\sin \theta}{(1-\varepsilon^2)\sqrt{1+5\varepsilon^2+5\varepsilon^4+\varepsilon^6}}$
AZ9	$\frac{6\rho^4-6\rho^2(1+\varepsilon^2)+(1+4\varepsilon^2+\varepsilon^4)}{(1-\varepsilon^2)^2}$
AZ10	$\frac{\rho^3 \cos 3\theta}{\sqrt{1+\varepsilon^2+\varepsilon^4+\varepsilon^6}}$
AZ11	$\frac{\rho^3 \sin 3\theta}{\sqrt{1+\varepsilon^2+\varepsilon^4+\varepsilon^6}}$
AZ12	$\frac{\sqrt{(1-\varepsilon^2)}(4\rho^4(1+\varepsilon^2+\varepsilon^4)-3\rho^2(1+\varepsilon^2+\varepsilon^4+\varepsilon^6))\cos 2\theta}{\sqrt{1+4\varepsilon^2+10\varepsilon^4+4\varepsilon^6+\varepsilon^8}}$
AZ13	$\frac{\sqrt{(1-\varepsilon^2)}(4\rho^4(1+\varepsilon^2+\varepsilon^4)-3\rho^2(1+\varepsilon^2+\varepsilon^4+\varepsilon^6))\sin 2\theta}{\sqrt{1+4\varepsilon^2+10\varepsilon^4+4\varepsilon^6+\varepsilon^8}}$
AZ14	$\frac{(10\rho^5(1+4\varepsilon^2+\varepsilon^4)-12\rho^3(1+4\varepsilon^2+4\varepsilon^4+\varepsilon^6)+3\rho(1+4\varepsilon^2+10\varepsilon^4+4\varepsilon^6+\varepsilon^8))\cos \theta}{(1-\varepsilon^2)^3\sqrt{1+13\varepsilon^2+46\varepsilon^4+46\varepsilon^6+13\varepsilon^8+\varepsilon^{10}}}$
AZ15	$\frac{(10\rho^5(1+4\varepsilon^2+\varepsilon^4)-12\rho^3(1+4\varepsilon^2+4\varepsilon^4+\varepsilon^6)+3\rho(1+4\varepsilon^2+10\varepsilon^4+4\varepsilon^6+\varepsilon^8))\sin \theta}{(1-\varepsilon^2)^3\sqrt{1+13\varepsilon^2+46\varepsilon^4+46\varepsilon^6+13\varepsilon^8+\varepsilon^{10}}}$
AZ16	$\frac{20\rho^6-30\rho^4(1+\varepsilon^2)+12\rho^2(1+3\varepsilon^2+\varepsilon^4)-(1+9\varepsilon^2+9\varepsilon^4+\varepsilon^6)}{(1-\varepsilon^2)^3}$
.	.
.	.
$\varepsilon =$	$\frac{\sigma_{\text{inner}}}{\sigma_{\text{outer}}}$

[0168]

[0169]

한편, 예컨대 원형 조명의 경우, 프린지·제르니케(Fringe Zernike) 다항식을 이용하여, 조명광의 동공 내에 있어서의 편광 상태의 분포를, 특정 편광도 DSP(DSP<sub>1</sub>, DSP<sub>2</sub>, DSP<sub>3</sub>)의 분포에 의해 표현한다. 이것은, 원형 조명에 서는 동공 내의 유효 광원 영역의 형상이 원 형상이기 때문이다. 특정 편광도 DSP의 동공 내의 분포를 나타내는 프린지·제르니케 다항식의 표현에서는, 좌표계로서 동공극 좌표 (ρ, θ)를 이용하고, 직교 함수계로서 프린지·제르니케의 원통 함수를 이용한다.

[0170]

즉, 특정 편광도 DSP(ρ, θ)는, 프린지·제르니케의 원통 함수 FZi(ρ, θ)를 이용하여, 다음 식 c에 나타내는 바와 같이 전개된다.

$$\begin{aligned} \text{DSP}(\rho, \theta) &= \sum \text{Bi} \cdot \text{FZi}(\rho, \theta) \\ &= \text{B1} \cdot \text{FZ1}(\rho, \theta) + \text{B2} \cdot \text{FZ2}(\rho, \theta) \\ &\quad \dots + \text{Bn} \cdot \text{FZn}(\rho, \theta) \quad (\text{c}) \end{aligned}$$

[0171]

[0172]

여기서, Bi는, 프린지·제르니케 다항식의 각 항의 계수이다. 이하, 프린지·제르니케 다항식의 각 항의 함수 계 FZi(ρ, θ) 중, 제 1 항~제 16 항에 관한 함수 FZ1~FZ16만을 다음 표 2에 나타낸다.

표 2

FZ1:	1
FZ2:	$\rho \cos \theta$
FZ3:	$\rho \sin \theta$
FZ4:	$2\rho^2-1$
FZ5:	$\rho^2 \cos 2\theta$
FZ6:	$\rho^2 \sin 2\theta$
FZ7:	$(3\rho^2-2)\rho \cos \theta$
FZ8:	$(3\rho^2-2)\rho \sin \theta$
FZ9:	$6\rho^4-6\rho^2+1$
FZ10:	$\rho^3 \cos 3\theta$
FZ11:	$\rho^3 \sin 3\theta$
FZ12:	$(4\rho^2-3)\rho^2 \cos 2\theta$
FZ13:	$(4\rho^2-3)\rho^2 \sin 2\theta$
FZ14:	$(10\rho^4-12\rho^2+3)\rho \cos \theta$
FZ15:	$(10\rho^4-12\rho^2+3)\rho \sin \theta$
FZ16:	$20\rho^6-30\rho^4+12\rho^2-1$
	.
	.
	.

[0173]

[0174]

이어서, 본 변형예의 조정 방법에서는, 근사 공정 S23에서 얻어진 제르니케 다항식에 있어서의 각 항의 계수  $C_i$ 에 근거하여, 각 점에 관한 편광 상태의 분포를 상면극 좌표 ( $h$ ,  $\alpha$ ) 및 동공극 좌표 ( $\rho$ ,  $\theta$ )의 함수로서의 편광 상태 분포 다항식에 의해 평가한다(S24). 구체적으로, 평가 공정 S24에서는, 각 점에 관한 편광 상태의 분포를 상면극 좌표 ( $h$ ,  $\alpha$ ) 및 동공극 좌표 ( $\rho$ ,  $\theta$ )의 함수로서 나타내는 편광 상태 분포 다항식을 설정한다. 또, 편광 상태 분포 다항식의 설정에 대해서는, 미국 특허 공개 US 2003 / 0206289호 공보나 일본 특허 공개 제 2005-12190 호 공보를 참조할 수 있다.

[0175]

전술한 공보 등에서는, 투영 광학계의 파면 수차를 상면극 좌표 ( $h$ ,  $\alpha$ ) 및 동공극 좌표 ( $\rho$ ,  $\theta$ )의 함수로서 나타내는 수차(收差) 다항식을 설정하고 있지만, 마찬가지로의 방법에 의해 편광 상태 분포 다항식을 설정할 수 있음은 분명하다. 이렇게 해서, 평가 공정 S24에서는, 근사 공정(S23)에서 얻어진 제르니케 다항식에 있어서의 각 항의 제르니케 계수  $C_i$ 에 근거하여, 편광 상태 분포 다항식에 있어서의 각 항의 계수를 결정하고, 나아가서는 각 점에 관한 편광 상태의 분포를 편광 상태 분포 다항식에 의해 나타내고 평가한다.

[0176]

구체적으로는, 전술한 공보 등에 개시되어 있는 바와 같이, 예컨대 특정 항의 제르니케 함수  $Z_i$ 에 주목하여, 대응하는 제르니케 계수  $C_i$ 의 상면 내 분포(각 점에 있어서의 계수  $C_i$ 의 분포)에 근거하여, 편광 상태 분포 다항식에 있어서의 특정 항의 계수를, 예컨대 최소 제곱법을 이용하여 결정한다. 또한, 다른 특정 항의 제르니케 함수  $Z_i$ 에 주목하여, 대응하는 제르니케 계수  $C_i$ 의 상면 내 분포에 근거하여, 편광 상태 분포 다항식에 있어서의 다른 항의 계수를, 예컨대 최소 제곱법을 이용하여 순차적으로 결정한다.

[0177]

이렇게 해서, 평가 공정 S24에서는, 편광 상태 분포의 동공 내 분포 및 상면 내 분포를 동시에 표현하는 편광 상태 분포 다항식이 최종적으로 얻어진다. 이와 같이, 편광 상태 분포의 동공 내 분포 및 상면 내 분포를 동시에 표현하는 편광 상태 분포 다항식을 이용하는 것에 의해, 편광 상태 분포를 해석적으로 분해하는 것이 가능하게 되어, 컴퓨터를 사용하여 시행 착오적으로 수치 최적화를 하는 방법에 비해, 광학 조정 해(解)를 신속하고도 정확하게 산출하는 것이 가능하게 된다. 즉, 편광 상태 분포 다항식에 의해 편광 상태 분포 상황의 특징을 파악하기 쉽게 되기 때문에, 광학 조정의 예측 수립이 용이하게 된다.

[0178]

이어서, 비구면 선광자(이상자)의 설계 공정 S25에서는, 동공 편광 상태 분포 및 피조사면 내에서의 편광 상태의 분포의 쌍방이 소망하는 정도로 대략 균일하게 되도록, 피조사면 상의 복수 점에 관한 편광 상태의 분포를



각각 독립적으로 조정하고, 또한 필요에 따라서 피조사면에 있어서의 편광 상태 분포를 조정하기 위하여 복수의 비구면 선광자(이상자)에 각각 부여해야 할 소요의 선광량(이상량) 분포를 결정(산출)한다. 구체적으로는, 우선 필요에 따라서, 분포 획득 공정 S21에서 얻어진 피조사면(상면)에 있어서의 편광 상태의 분포를 상면극 좌표( $h$ ,  $\alpha$ )의 함수로서의 제르니케 다항식에 의해 근사시켜 둔다.

[0179] 또한, 각 비구면 선광자(이상자)에 부여해야 할 선광량(이상량) 분포를, 예컨대 비구면 선광자(이상자)의 광학면에 있어서의 극 좌표를 이용한 제르니케 다항식에 의해 표현한다. 그리고, 각 비구면 선광자(이상자)의 선광량(이상량) 분포를 나타내는 제르니케 다항식의 각 항의 계수와 피조사면 상의 각 점에 관한 동공 편광 상태 분포의 변화와의 관계를 나타내는 제 1 테이블 T21, 및 각 비구면 선광자(이상자)의 선광량(이상량) 분포를 나타내는 제르니케 다항식의 각 항의 계수와 피조사면에 있어서의 편광 상태 분포의 변화와의 관계를 나타내는 제 2 테이블 T22를 준비한다.

[0180] 이렇게 해서, 설계 공정 S25에서는, 평가 공정 S24에서 얻어진 편광 상태 분포에 관한 평가 결과(구체적으로는 편광 상태 분포의 동공 내 분포 및 상면 내 분포를 동시에 표현하는 편광 상태 분포 다항식), 필요에 따라서 제르니케 다항식에 의해 근사된 편광 상태 분포 정보, 제 1 테이블 T21에 있어서의 각 비구면 선광자(이상자)의 선광량(이상량) 분포와 동공 편광 상태 분포의 변화와의 상관 관계, 및 제 2 테이블 T22에 있어서의 각 비구면 선광자(이상자)의 선광량(이상량) 분포와 편광 상태의 분포의 변화와의 상관 관계를 참조한 선형 결합에 의한 최적화 방법에 근거하여, 피조사면에서의 편광 상태 분포를 대략 균일하게 유지 또는 조정하면서 피조사면 상의 각 점에서의 동공 편광 상태의 분포를 각각 대략 균일하게 조정하기 위하여 각 비구면 선광자(이상자)에 부여해야 할 선광량(이상량) 분포를 구한다.

[0181] 이어서, 설계 공정 S25에서 결정된 선광량(이상량) 분포를 부여한 복수의 비구면 선광자(이상자)를 각각 상정 위치에 배치한 상태, 즉 비구면 선광자(이상자)의 탑재 상태에서, 피조사면 상의 복수 점에 관한 동공 편광 상태 분포 및 피조사면에 있어서의 편광 상태 분포를 산출한다(S26). 또한, 분포 산출 공정 S26에서 산출된 피조사면 상의 복수 점에 관한 동공 편광 상태 분포 및 피조사면에 있어서의 편광 상태 분포가 각각 소망하는 정도로 대략 균일한지 여부를 판정한다(S22). 선형 결합에 의한 최적화 방법을 이용하여 소요의 선광량(이상량) 분포가 시행 착오적이지 아니라 간단하고 정확하게 구해져 있기 때문에, 판정 공정 S22에 있어서 동공 편광 상태 분포 및 편광 상태 분포의 쌍방이 소망하는 정도로 대략 균일하다고 판정되어, 비구면 선광자(이상자)의 형상 결정 공정 S27로 진행하게 된다.

[0182] 형상 결정 공정 S27에서는, 설계 공정 S25에서 산출된 소요의 선광량(이상량) 분포를 실현하는 데에 필요한 비구면 선광자(이상자)의 면 형상을 결정한다. 마지막으로, 형상 결정 공정 S27에서 결정된 면 형상을 갖는 복수의 비구면 선광자(이상자) 및 해당 면 형상과 상보적인 면 형상을 갖는 광축 보정판을 제조하고, 제조된 각 비구면 선광자(이상자)쌍을 광학계 중의 소정의 위치에 각각 조립해 넣는다(S28). 이렇게 해서, 변형예의 조정 방법은 종료한다.

[0183] 전술한 각 실시예 또는 변형예에 따른 조정 방법은, 예컨대, 반도체 제조 공장에 설치된 복수의 노광 장치를 조정할 때에도 적용할 수 있다. 이 경우, 복수의 노광 장치의 편광 상태를 서로 동일한 편광 상태로 되도록 조정하는 것이 바람직하다. 이에 따라, 노광 장치의 사용자가 사용하는 마스크의 OPC(광학 근접 효과 보정)를 복수의 노광 장치 사이에서 공통화할 수 있어, 마스크 비용의 저감을 도모할 수 있다.

[0184] 이하, 복수의 노광 장치를 갖는 노광 시스템을 이용한 마이크로 디바이스(IC나 LSI 등의 반도체 칩, 액정 패널, CCD, 박막 자기 헤드, 마이크로 머신 등)의 생산 시스템의 일례를 설명한다. 이것은, 반도체 제조 공장에 설치된 제조 장치의 문제(trouble) 대응이나 정기 유지 보수(maintenance), 혹은 소프트웨어 제공 등의 보수 서비스를, 제조 공장 밖의 컴퓨터 네트워크를 이용하여 실행하는 것이다.

[0185] 도 25는, 본 실시예의 전체 시스템을 임의의 소정 각도에서 잘라내어 표현한 것이다. 도면 중, 참조 부호 "301"은 반도체 디바이스의 제조 장치를 제공하는 벤더(vendor)(장치 공급 메이커)의 사업소이다. 제조 장치의 실례로서, 반도체 제조 공장에서 사용하는 각종 프로세스용의 반도체 제조 장치, 예컨대, 전(前) 공정용 기기(노광 장치, 레지스트 처리 장치, 예칭 장치 등의 리소그래피 장치, 열 처리 장치, 성막 장치, 평탄화 장치 등)이나 후(後) 공정용 기기(조립 장치, 검사 장치 등)를 상정하고 있다. 사업소(301) 내에는, 제조 장치의 보수 데이터베이스를 제공하는 호스트 관리 시스템(308), 복수의 조각 단말 컴퓨터(310), 이들을 연결하여 인트라넷을 구축하는 로컬 에리어 네트워크(LAN)(309)를 구비한다. 호스트 관리 시스템(308)은, LAN(309)을 사업소의 외부 네트워크인 인터넷(305)에 접속하기 위한 게이트웨이와, 외부로부터의 액세스를 제한하는 보안(security) 기능을 구비한다.

- [0186] 한편, 참조 부호 "302~304"는, 제조 장치의 사용자로서의 반도체 제조 메이커의 제조 공장이다. 제조 공장(302~304)은, 서로 다른 메이커에 속하는 공장이어도 좋고, 동일한 메이커에 속하는 공장(예컨대, 전 공정용의 공장, 후 공정용의 공장 등)이어도 좋다. 각 공장(302~304) 내에는, 각각, 상기한 노광 시스템(복수의 노광 장치)을 포함하는 복수의 제조 장치(306)와, 그들을 연결하여 인트라넷을 구축하는 로컬 에리어 네트워크(LAN)(311)와, 각 제조 장치(306)의 가동 상황을 감시하는 감시 장치로서 호스트 관리 시스템(307)이 마련되어 있다. 각 공장(302~304)에 마련된 호스트 관리 시스템(307)은, 각 공장 내의 LAN(311)을 공장의 외부 네트워크인 인터넷(305)에 접속하기 위한 게이트웨이를 구비한다. 이에 따라, 각 공장의 LAN(311)으로부터 인터넷(305)을 거쳐서 벤더(301) 측의 호스트 관리 시스템(308)에 액세스가 가능하게 되며, 호스트 관리 시스템(308)의 보안 기능에 의해서 한정된 사용자만이 액세스 허가되도록 되어 있다.
- [0187] 구체적으로는, 인터넷(305)을 거쳐서, 각 제조 장치(306)의 가동 상황을 나타내는 상태(status) 정보(예컨대, 문제가 발생한 제조 장치의 증상)를 공장 측으로부터 벤더 측으로 통지하는 것 외에, 그 통지에 대응하는 응답 정보(예컨대, 문제에 대한 대처 방법을 지시하는 정보, 대처용 소프트웨어나 데이터)나, 최신의 소프트웨어, 도움말 정보 등의 보수 정보를 벤더 측으로부터 수취할 수 있다. 각 공장(302~304)과 벤더(301) 사이의 데이터 통신 및 각 공장 내의 LAN(311)으로의 데이터 통신에는, 인터넷에서 일반적으로 사용되고 있는 통신 프로토콜(TCP/IP)이 사용된다. 또, 공장 밖의 외부 네트워크로서 인터넷을 이용하는 대신에, 제3자로부터의 액세스가 불가능하여 보안성이 높은 전용선 네트워크(ISDN 등)를 이용하는 것도 가능하다. 또한, 호스트 관리 시스템은 벤더가 제공하는 것에 한정되지 않고, 사용자가 데이터베이스를 구축하여 외부 네트워크 상에 두고, 사용자의 복수의 공장으로부터 해당 데이터베이스로의 액세스를 허가하도록 하여도 좋다.
- [0188] 한편, 도 26은, 본 실시예의 전체 시스템을 도 25와는 다른 각도에서 잘라내어 표현한 개념도이다. 도 25의 예에서는 각각이 제조 장치를 구비한 복수의 사용자 공장과, 해당 제조 장치의 벤더의 관리 시스템을 외부 네트워크로 접속하여, 해당 외부 네트워크를 거쳐서 각 공장의 생산 관리나 적어도 1대의 제조 장치의 정보를 데이터 통신하는 것이었다. 이에 반하여, 본 예는, 복수의 벤더의 제조 장치를 구비한 공장과, 해당 복수의 제조 장치의 각각의 벤더의 관리 시스템을 공장 밖의 외부 네트워크로 접속하여, 각 제조 장치의 보수 정보를 데이터 통신하는 것이다. 도면 중, 참조 부호 "201"은 제조 장치 사용자(반도체 디바이스 제조 메이커)의 제조 공장이며, 공장의 제조 라인에는 각종 프로세스를 실행하는 제조 장치, 여기서는 일례로서 상기 실시예의 제 1 및 제 2 노광 장치(202), 레지스트 처리 장치(203), 성막 처리 장치(204)가 도입되어 있다. 또, 도 26에서는 제조 공장(201)은 1개만 묘사하고 있지만, 실제로는 복수의 공장이 마찬가지로 네트워크화되어 있다. 공장 내의 각 장치는 LAN(206)에 의해 접속되어 인트라넷을 구성하고, 호스트 관리 시스템(205)에서 제조 라인의 가동 관리가 이루어지고 있다.
- [0189] 한편, 노광 장치 메이커(210), 레지스트 처리 장치 메이커(220), 성막 장치 메이커(230) 등 벤더(장치 공급 메이커)의 각 사업소에는, 각각 공급한 기기의 원격 보수를 하기 위한 호스트 관리 시스템(211, 221, 231)을 구비하고, 이들은 전술한 바와 같이 보수 데이터베이스와 외부 네트워크의 게이트웨이를 구비한다. 사용자의 제조 공장 내의 각 장치를 관리하는 호스트 관리 시스템(205)과, 각 장치의 벤더의 관리 시스템(211, 221, 231)은, 외부 네트워크(200)인 인터넷 또는 전용선 네트워크에 의해서 접속되어 있다. 이 시스템에 있어서, 제조 라인의 일련의 제조 기기 중의 어느 것인가에 문제가 생기면, 제조 라인의 가동이 중지되어 버리는데, 문제가 발생한 기기의 벤더로부터 인터넷(200)을 통한 원격 보수를 받음으로써 신속한 대응이 가능하여, 제조 라인의 중지를 최소한으로 억제할 수 있다.
- [0190] 반도체 제조 공장에 설치된 각 제조 장치는 각각, 디스플레이와, 네트워크 인터페이스와, 기억 장치에 저장된 네트워크 액세스용 소프트웨어 및 장치 동작용 소프트웨어를 실행하는 컴퓨터를 구비한다. 기억 장치로는, 내장 메모리나 하드 디스크, 혹은 네트워크 파일 서버 등이다. 상기 네트워크 액세스용 소프트웨어는, 전용 또는 범용의 웹 브라우저를 포함하며, 예컨대 도 27에 나타난 일례와 같은 화면의 사용자 인터페이스를 디스플레이 상에 제공한다.
- [0191] 각 공장에서 제조 장치를 관리하는 오퍼레이터는, 화면을 참조하면서, 제조 장치의 기종(401), 일련 번호(serial number)(402), 문제의 건명(件名)(403), 발생일(404), 긴급도(405), 증상(406), 대처법(407), 경과(408) 등의 정보를 화면 상의 입력 항목에 입력한다. 입력된 정보는 인터넷을 통해 보수 데이터베이스로 송신되고, 그 결과의 적절한 보수 정보가 보수 데이터베이스로부터 회신되어 디스플레이 상에 제시된다. 또한, 웹 브라우저가 제공하는 사용자 인터페이스는 또한 도시한 바와 같이 하이퍼링크 기능(410~412)을 실현하여, 오퍼레이터는 각 항목의 더욱 상세한 정보로 액세스하거나, 벤더가 제공하는 소프트웨어 라이브러리로부터 제조 장치에 사용하는 최신 버전의 소프트웨어를 꺼내오거나, 공장의 오퍼레이터의 참고에 제공하는 조작 가이드(도움

말 정보)를 꺼내오거나 할 수 있다.

- [0192] 또, 전술한 실시예에 있어서의 편광 측정부(18)가 측정한 편광 상태에 관한 정보도 전술한 상태 정보에 포함시킬 수 있으며, 전술한 가변 위상차 부재나 가변 선광 부재의 조정량에 관한 정보도 전술한 응답 정보에 포함시킬 수 있다.
- [0193] 그런데, 전술한 비구면 선광자에 있어서, 이 비구면 선광자에 의해 선광량 분포의 1차 성분(경사 성분)만을 보정하면 되는 경우에는, 도 28(a)에 도시하는 바와 같이, 켜기 형상의 선광자를 이용하면 된다. 이 때, 켜기 형상의 선광자의 켜기각이 지극히 얇은 경우(예컨대, 0.5'~10'의 범위 내인 경우)에는, 광축 보정판을 마련하지 않아도 좋다.
- [0194] 또한, 전술한 비구면 이상자에 있어서, 이 비구면 이상자에 의해서 이상량 분포의 1차 성분(경사 성분)만을 보정하면 되는 경우에는, 도 28(b)에 도시하는 바와 같이, 1차 성분의 응력 왜곡 분포(응력 복굴절 분포)를 갖는 광 투과 부재를, 비구면 이상자 대신에 이용할 수 있다. 이 도 28(b)에 나타낸 광 투과 부재의 이상량의 분포는 도 28(c)에 나타내는 바와 같이, 1차 성분(경사 성분)의 이상량 분포로 된다.
- [0195] 또한, 전술한 각 실시예에 따른 조정 방법에 따르면, 예컨대 마스크를 구성하는 광 투과 부재가 복굴절 분포를 갖는 것과 같은 경우에도, 이 마스크 내부의 복굴절 분포를 보상할 수 있는 편광 분포의 조명광으로 마스크를 조명하는 것이 가능하게 되기 때문에, 마스크에 기인하는 편광 상태의 악화를 보정할 수 있으며, 감광성 기관 상에 형성되는 패턴의 선폭 이상을 저감시킬 수 있다. 또한, 투영 광학계가 소정의 리타레이션 분포를 갖는 것과 같은 경우에도, 이 리타레이션 분포를 보상할 수 있는 편광 분포의 조명광으로 마스크를 조명하는 것이 가능하게 되기 때문에, 투영 광학계에 기인하는 편광 상태의 악화를 보정할 수 있으며, 감광성 기관 상에 형성되는 패턴의 선폭 이상을 저감시킬 수 있다.
- [0196] 전술한 실시예에 따른 노광 장치에서는, 조명 광학 장치에 의해 마스크(레티클)를 조명하고(조명 공정), 투영 광학계를 이용하여 마스크에 형성된 전사용 패턴을 감광성 기관에 노광하는(노광 공정) 것에 의해, 마이크로 디바이스(반도체 소자, 촬상 소자, 액정 표시 소자, 박막 자기 헤드 등)를 제조할 수 있다. 이하, 전술한 실시예의 노광 장치를 이용하여 감광성 기관으로서의 웨이퍼 등에 소정의 회로 패턴을 형성함으로써, 마이크로 디바이스로서의 반도체 디바이스를 얻을 때의 방법의 일례에 대하여, 도 29의 플로우차트를 참조하여 설명한다.
- [0197] 우선, 도 29의 단계 301에 있어서, 1 롯트의 웨이퍼 상에 금속막이 증착된다. 다음의 단계 302에 있어서, 그 1 롯트의 웨이퍼 상의 금속막 상에 포토레지스트가 도포된다. 그 후, 단계 303에 있어서, 전술한 실시예의 노광 장치를 이용하여, 마스크 상의 패턴의 상이 그 투영 광학계를 거쳐, 그 1 롯트의 웨이퍼 상의 각 샷 영역에 순차 노광 전사된다. 그 후, 단계 304에 있어서, 그 1 롯트의 웨이퍼 상의 포토레지스트의 현상이 행해진 후, 단계 305에 있어서, 그 1 롯트의 웨이퍼 상에서 레지스트 패턴을 마스크로 하여 에칭을 실시함으로써, 마스크 상의 패턴에 대응하는 회로 패턴이, 각 웨이퍼 상의 각 샷 영역에 형성된다. 그 후, 더 위의 레이어의 회로 패턴의 형성 등을 실시함으로써, 반도체 소자 등의 디바이스가 제조된다. 전술한 반도체 디바이스 제조 방법에 따르면, 지극히 미세한 회로 패턴을 갖는 반도체 디바이스를 스루풋 좋게 얻을 수 있다.
- [0198] 또한, 전술한 실시예의 노광 장치에서는, 플레이트(유리 기관) 상에 소정의 패턴(회로 패턴, 전극 패턴 등)을 형성함으로써, 마이크로 디바이스로서의 액정 표시 소자를 얻는 것도 가능하다. 이하, 도 30의 플로우차트를 참조하여, 이 때의 방법의 일례에 대하여 설명한다. 도 30에 있어서, 패턴 형성 공정(401)에서는, 전술한 실시예의 노광 장치를 이용하여 마스크의 패턴을 감광성 기관(레지스트가 도포된 유리 기관 등)에 전사 노광하는, 이른바 광 리소그래피 공정이 실행된다. 이 광 리소그래피 공정에 의해, 감광성 기관 상에는 다수의 전극 등을 포함하는 소정의 패턴이 형성된다. 그 후, 노광된 기관은, 현상 공정, 에칭 공정, 레지스트 박리 공정 등의 각 공정을 거침으로써, 기관 상에 소정의 패턴이 형성되고, 다음의 컬러 필터 형성 공정(402)으로 이행한다.
- [0199] 다음에, 컬러 필터 형성 공정(402)에서는, R(Red), G(Green), B(Blue)에 대응한 3개의 도트의 조(組)가 매트릭스 형상으로 다수 배열되거나, 또는 R, G, B의 3개의 스트라이프의 필터의 조를 복수 수평 주사선 방향으로 배열한 컬러 필터를 형성한다. 그리고, 컬러 필터 형성 공정(402) 다음에, 셀 조립 공정(403)이 실행된다. 셀 조립 공정(403)에서는, 패턴 형성 공정(401)에서 얻어진 소정 패턴을 갖는 기관, 및 컬러 필터 형성 공정(402)에서 얻어진 컬러 필터 등을 이용하여 액정 패널(액정 셀)을 조립한다.
- [0200] 셀 조립 공정(403)에서는, 예컨대, 패턴 형성 공정(401)에서 얻어진 소정 패턴을 갖는 기관과 컬러 필터 형성 공정(402)에서 얻어진 컬러 필터와의 사이에 액정을 주입하여, 액정 패널(액정 셀)을 제조한다. 그 후, 모듈 조립 공정(404)에서, 조립된 액정 패널(액정 셀)의 표시 동작을 실행시키는 전기 회로, 백라이트 등의 각 부품



을 장착하여 액정 표시 소자로서 완성시킨다. 전술한 액정 표시 소자의 제조 방법에 따르면, 극히 미세한 회로 패턴을 갖는 액정 표시 소자를 스루풋 좋게 얻을 수 있다.

[0201] 또, 전술한 실시예에서는, 노광광으로서 ArF 엑시머 레이저광(파장:193nm)이나 KrF 엑시머 레이저광(파장:248nm)을 이용하고 있지만, 이것에 한정되지 않고, 다른 적당한 레이저 광원, 예컨대 파장 157nm의 레이저광을 공급하는 F<sub>2</sub> 레이저 광원 등에 대하여 본 발명을 적용하는 것도 가능하다.

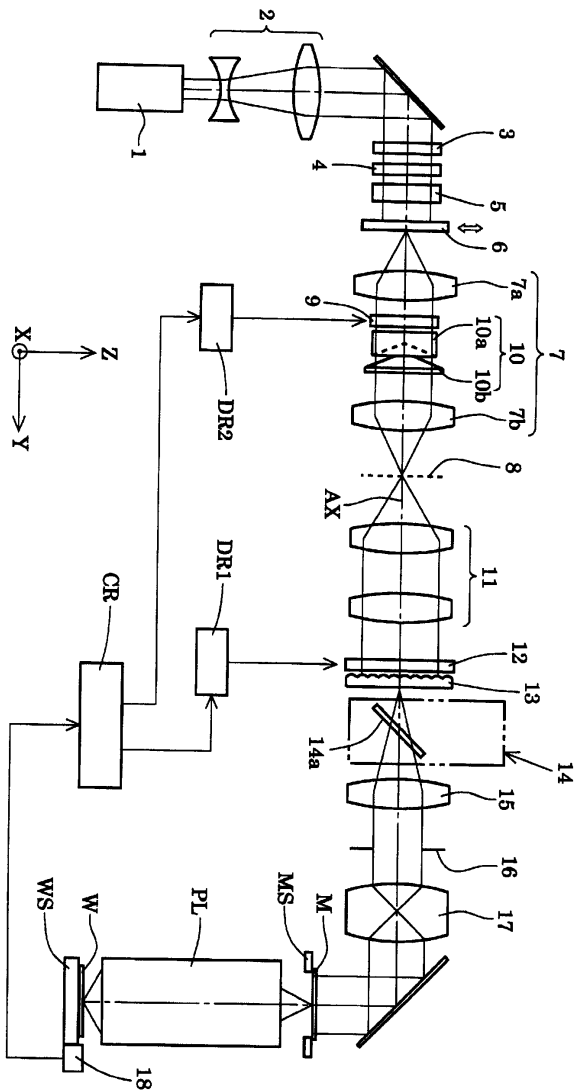
[0202] 또한, 전술한 실시예에서는, 노광 장치에 있어서 마스크를 조명하는 조명 광학 장치에 대하여 본 발명을 적용하고 있지만, 이것에 한정되지 않고, 마스크 이외의 피조사면을 조명하는 일반적인 조명 광학 장치 및 그 조정 방법에 대하여 본 발명을 적용하는 것도 가능하다.

### 부호의 설명

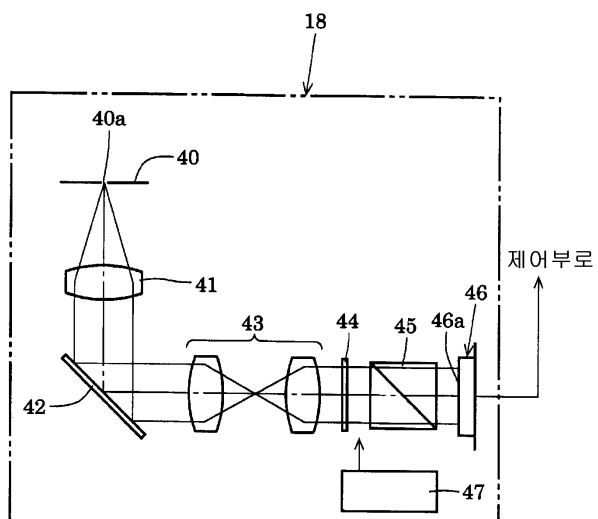
[0203] 1 : 광원  
3, 4 : 가변 위상차 부재  
5 : 디폴라라이저(depolarizer)  
6 : 회절 광학 소자  
7 : 어포컬 렌즈  
9, 19 : 가변 위상차 유닛  
10 : 원추 엑시콘계  
11 : 줌 렌즈  
12 : 가변 선광 유닛  
13 : 마이크로 플라이 아이 렌즈  
14 : 편광 모니터  
15 : 콘덴서 광학계  
16 : 마스크 블라인드  
17 : 결상 광학계  
18 : 편광 상태 측정부  
M : 마스크  
PL : 투영 광학계  
W : 웨이퍼

도면

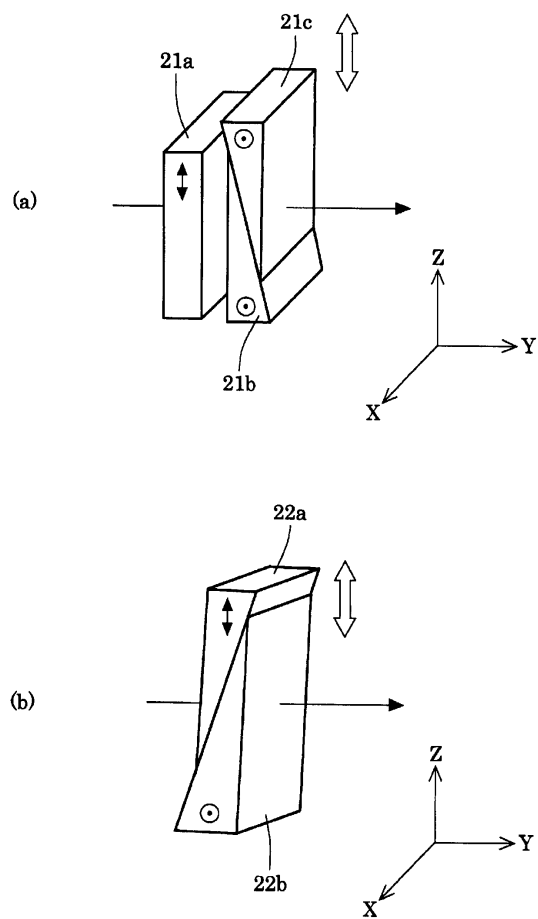
도면1



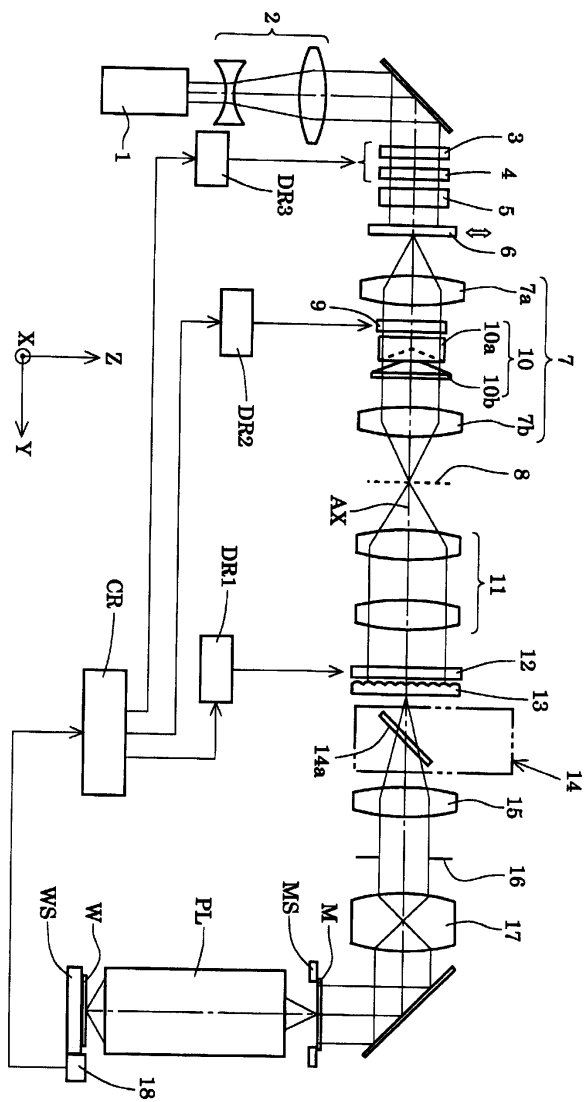
도면2



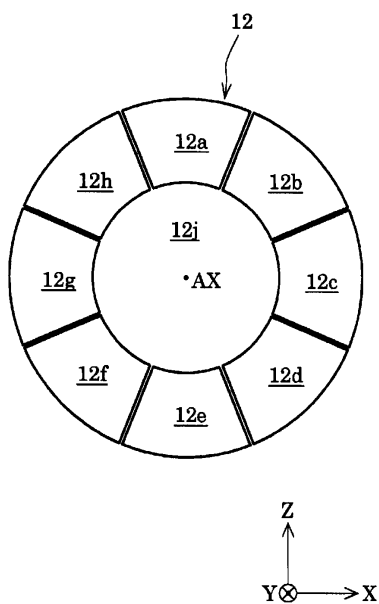
도면3



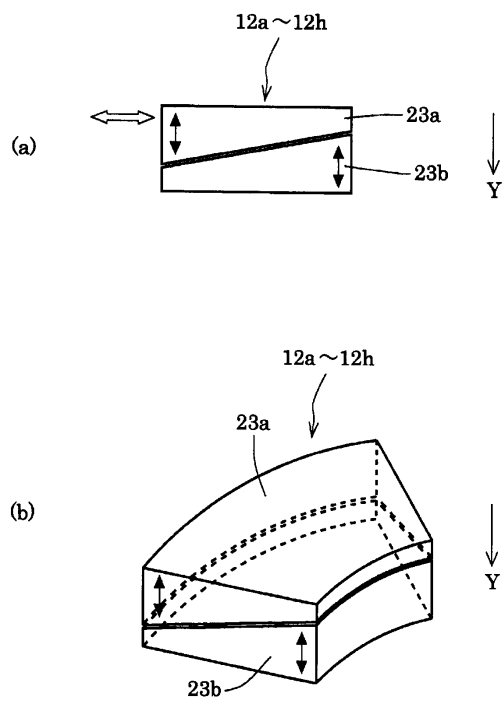
도면4



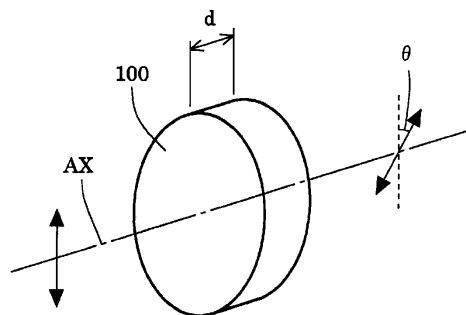
도면5



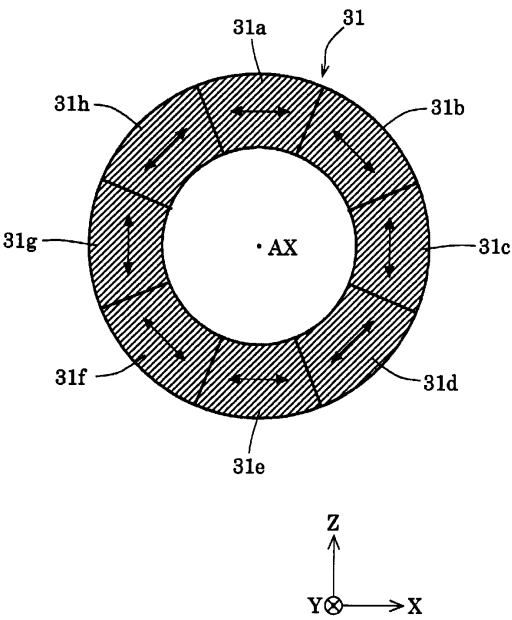
도면6



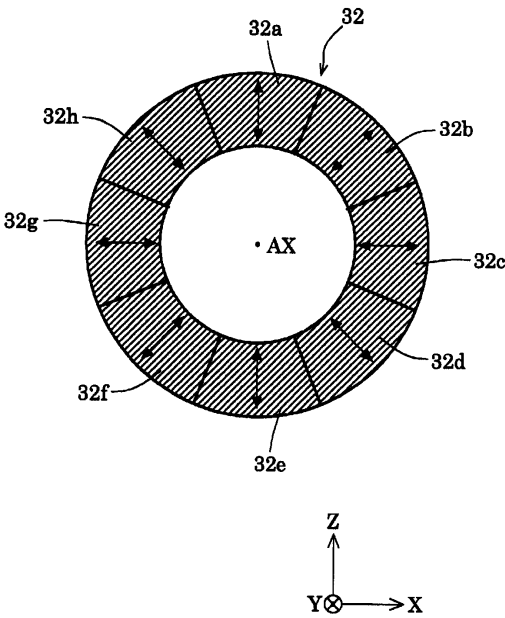
도면7



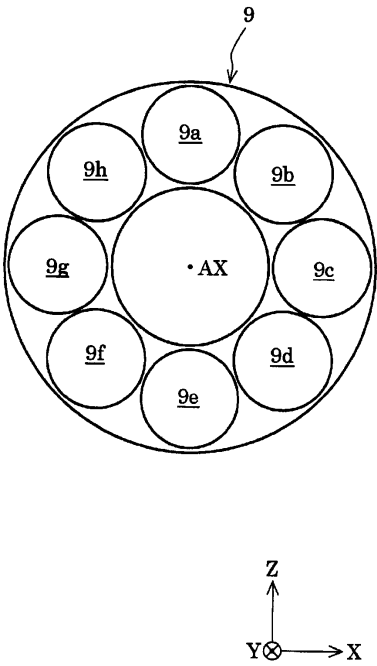
도면8



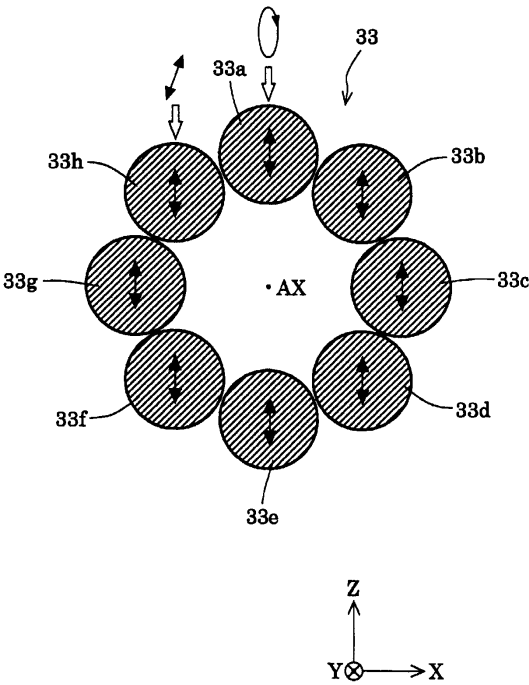
도면9



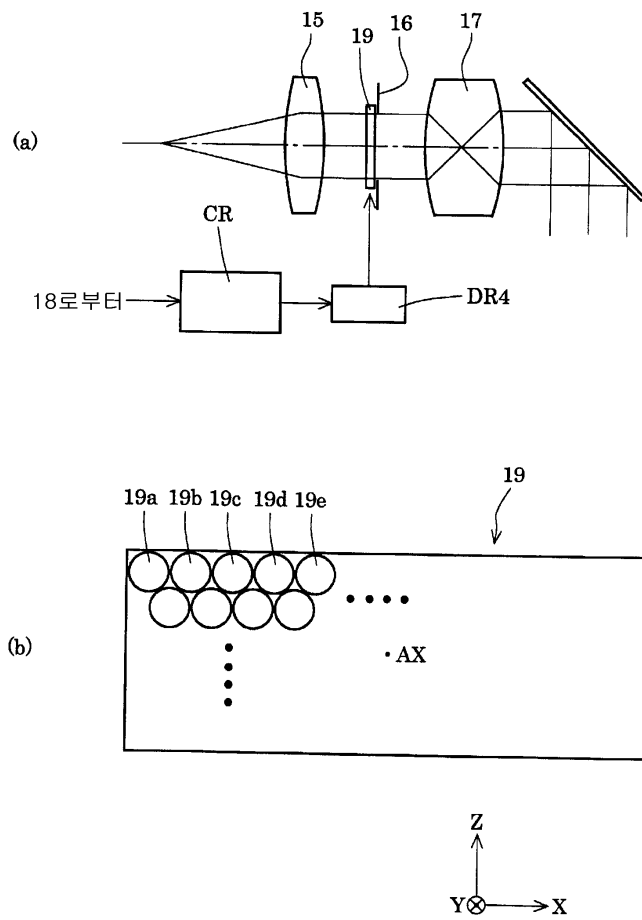
도면10



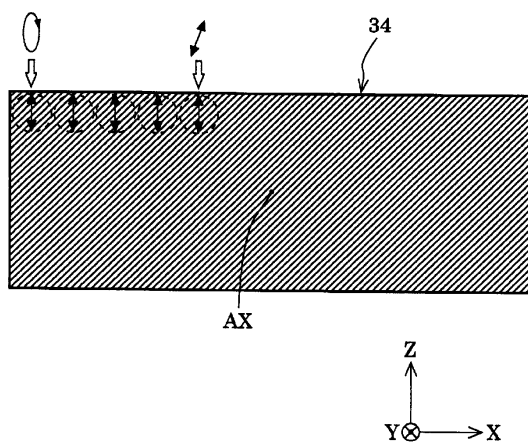
도면11



도면12

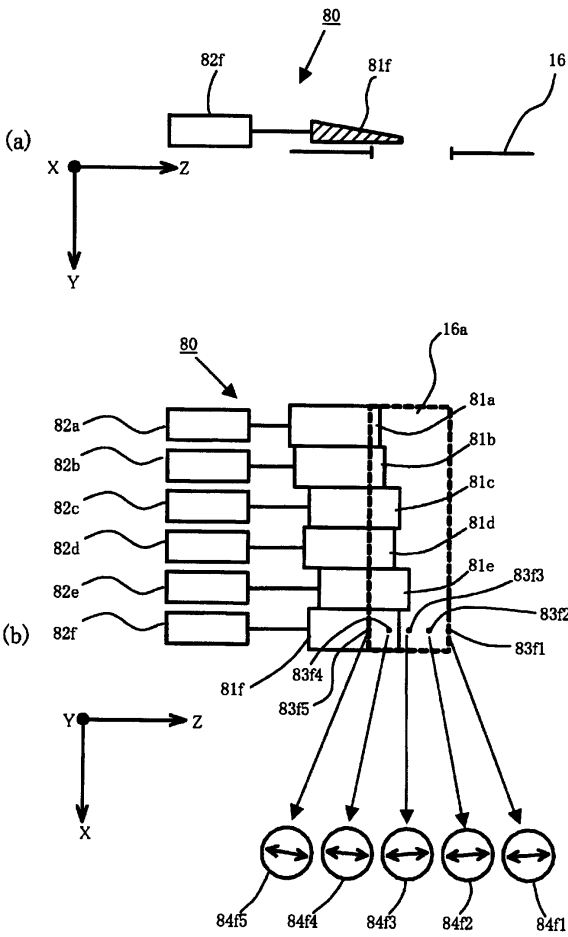


도면13

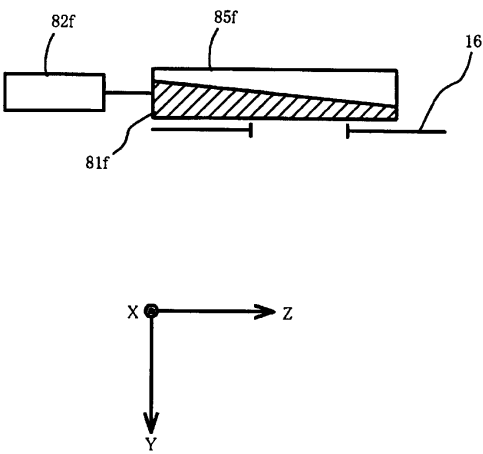




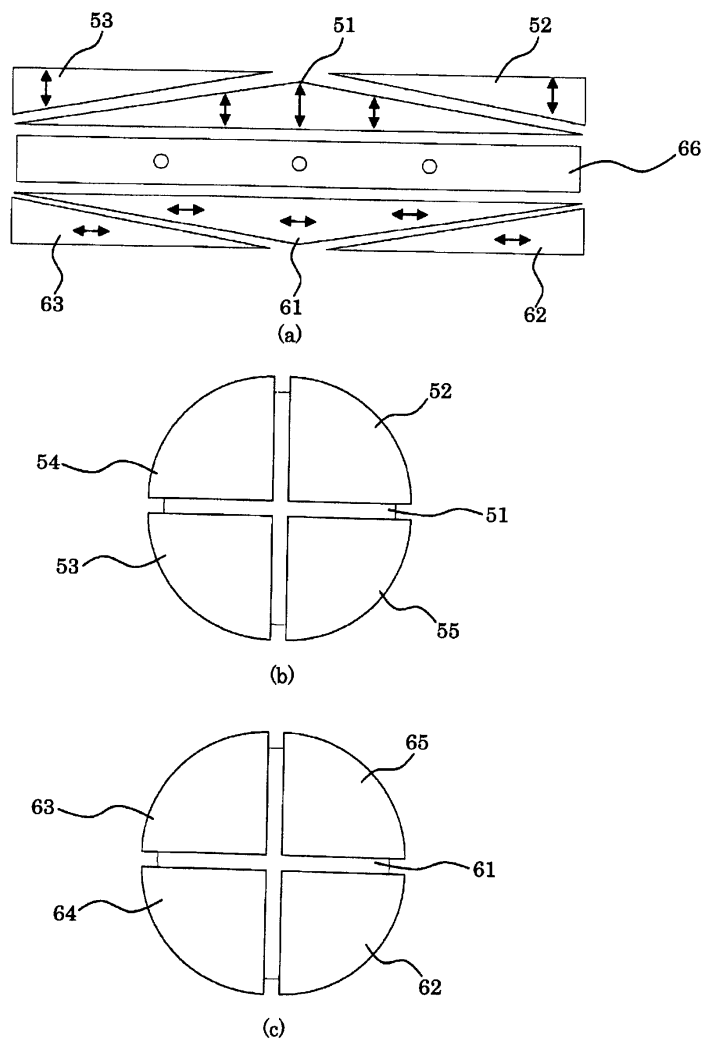
도면14



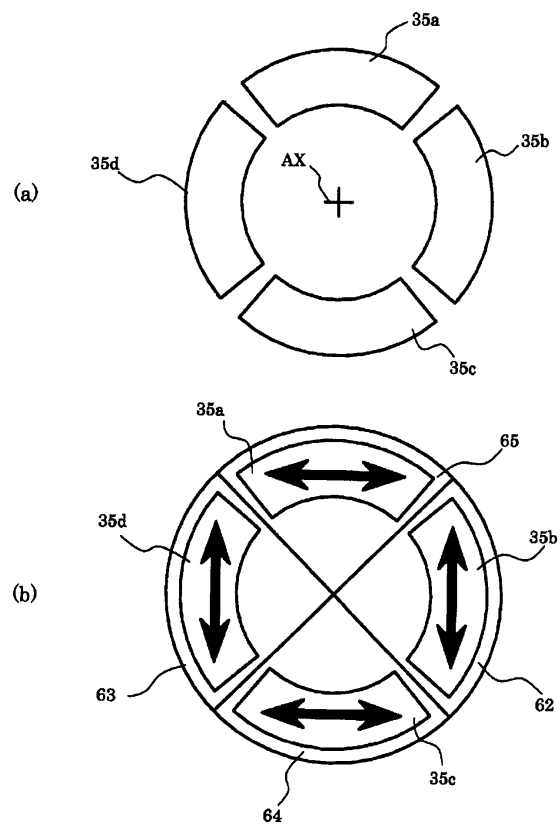
도면15



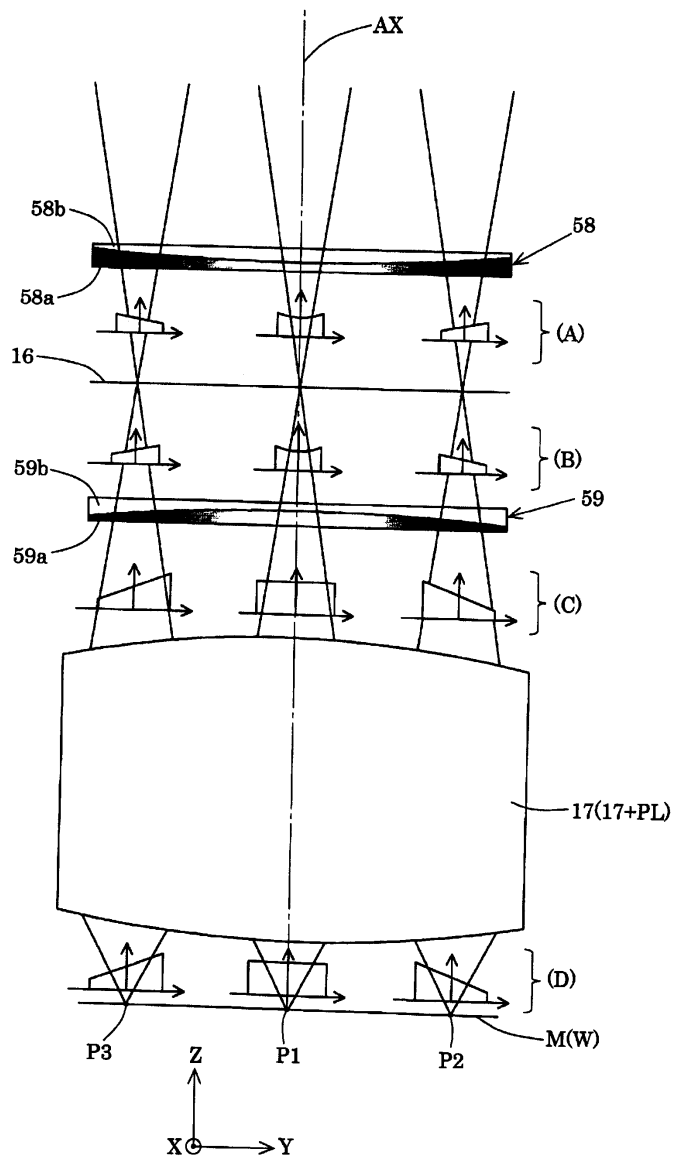
도면16



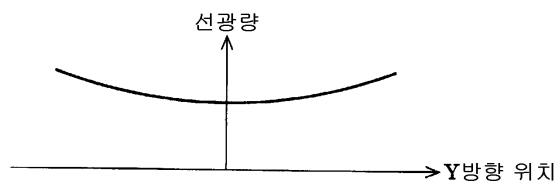
도면17



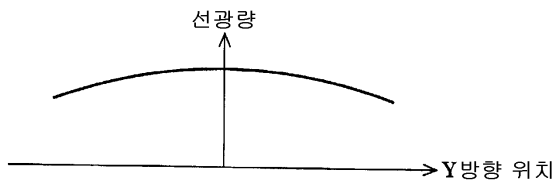
도면18



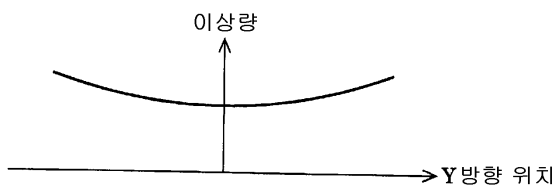
도면19



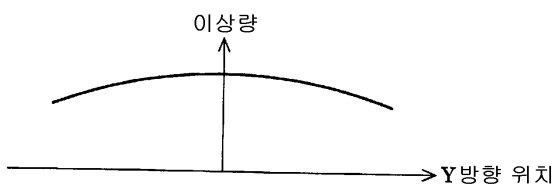
(a)



(b)



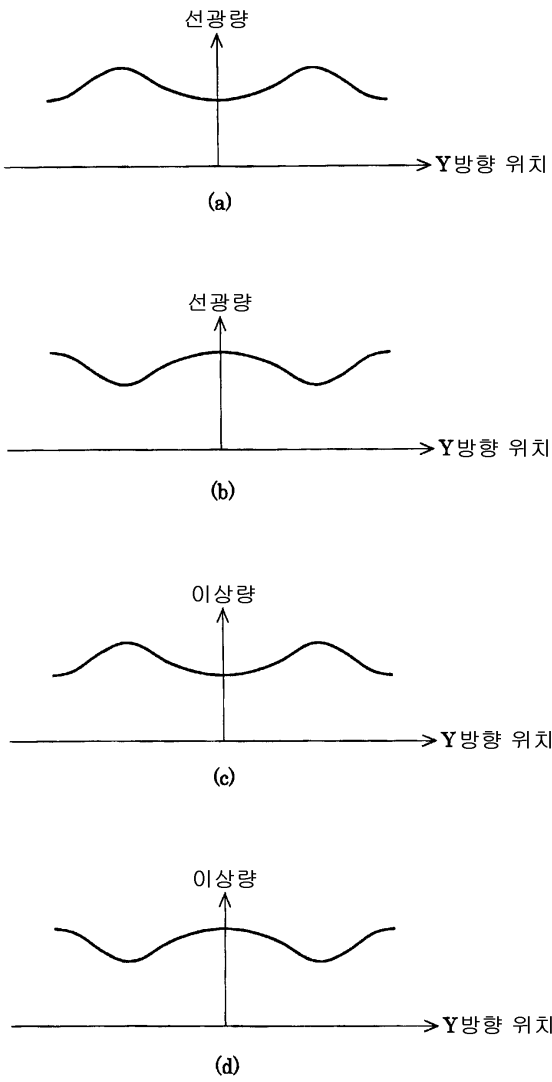
(c)



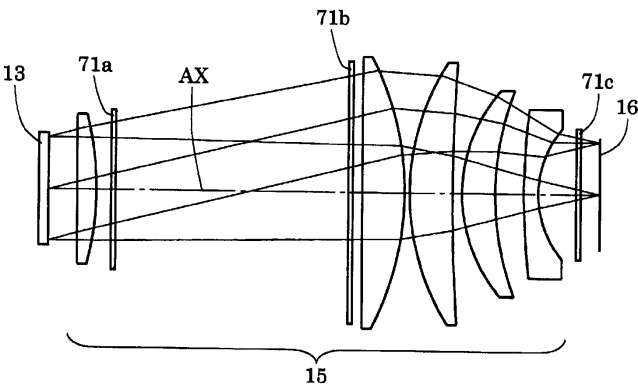
(d)



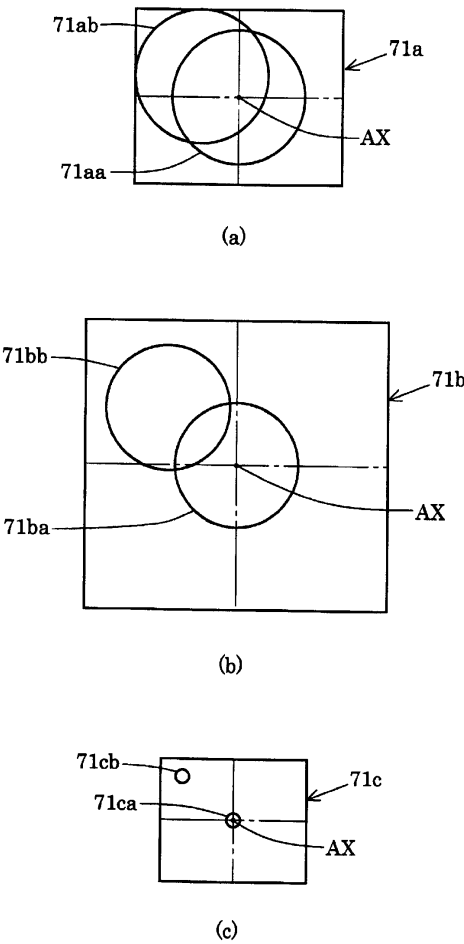
도면20



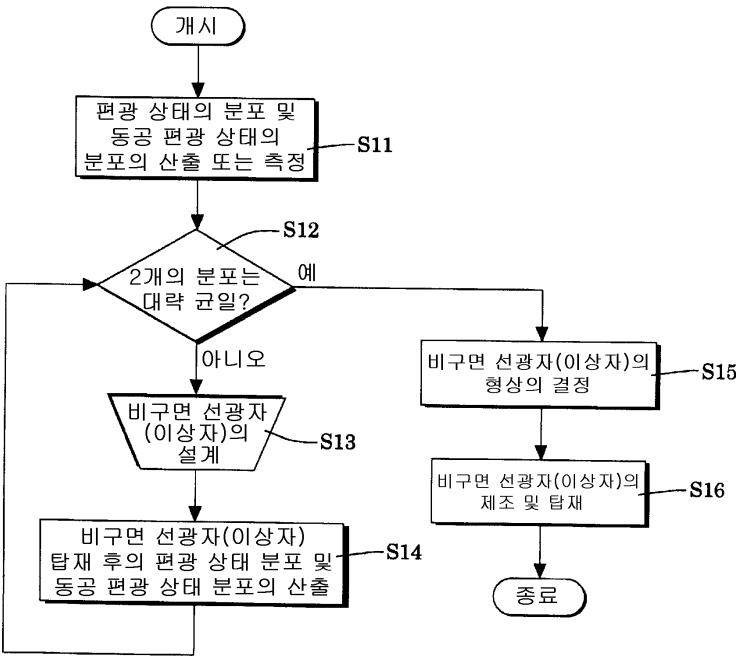
도면21



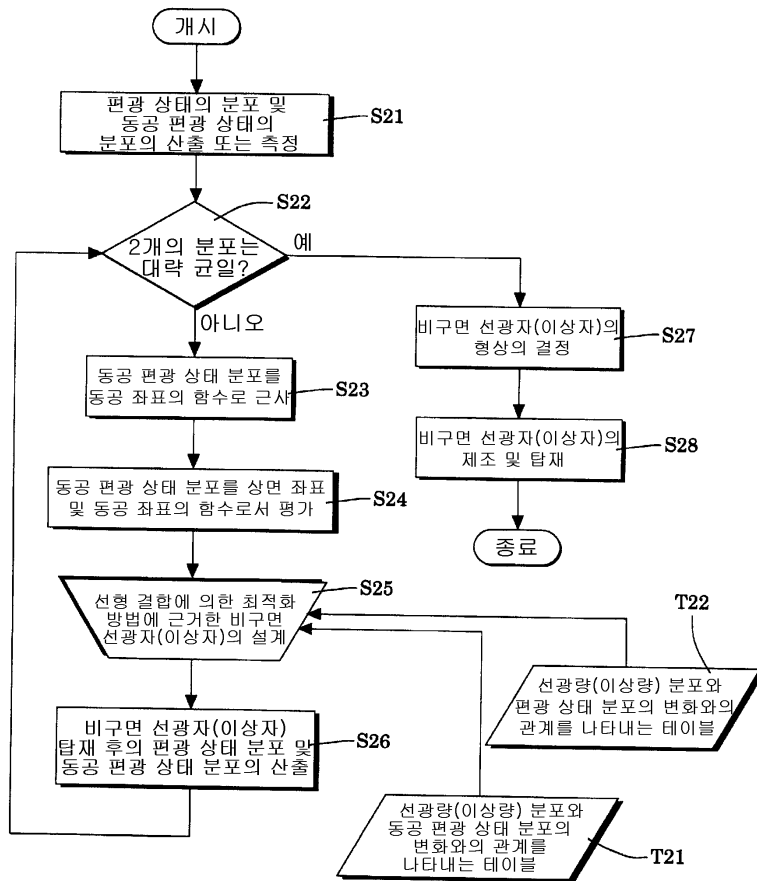
도면22



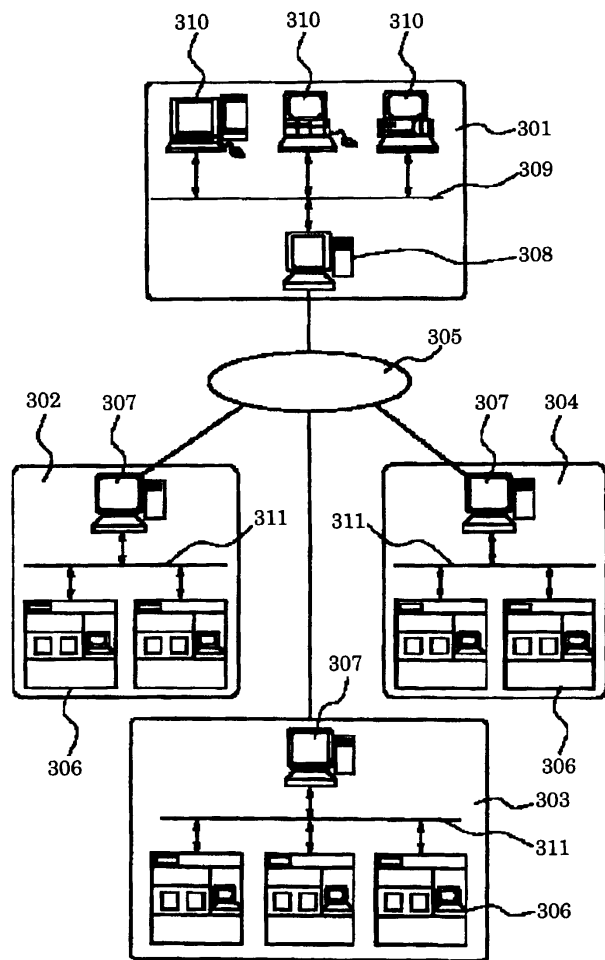
도면23



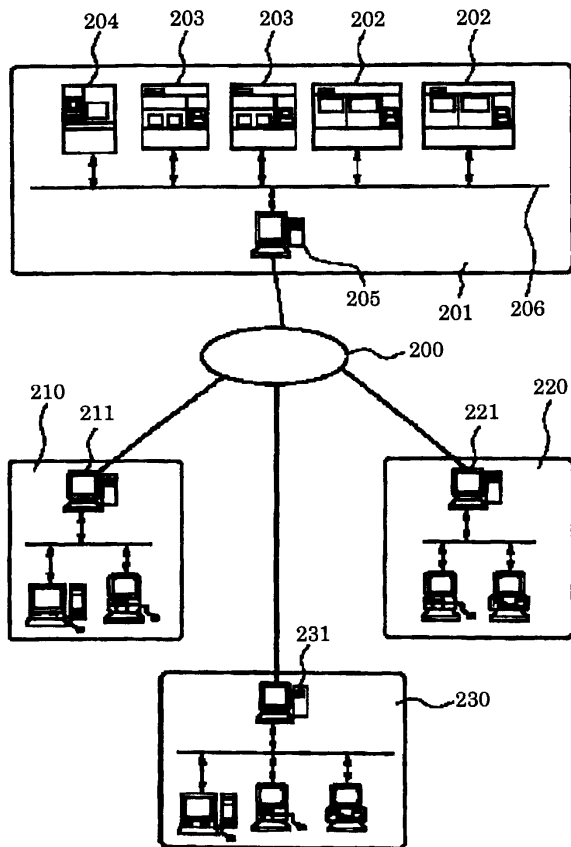
도면24



도면25



도면26



도면27

URL <http://www.maintain.co.jp/db/input.html>

문제 DB 입력 화면

발생일 2000/8/15 (404)

기종 \*\*\*\*\* (401)

건명 동작 불량(기동시 에러) (403)

기기 S/N 465NS4580001 (402)

긴급도 D (405)

증상 전원 투입 후 LED가 계속해서 점멸 (406)

대응법 전원 재투입(기동시에 적색 버튼을 누름) (407)

경과 잠정 대체 완료 (408)

보내기 리셋 (410)

결과 일람 데이터베이스로의 링크 (411)

소프트웨어 라이브러리 (411)

조작 가이드 (412)

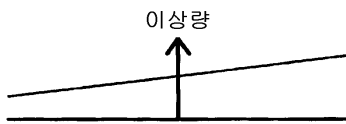
도면28



(a)

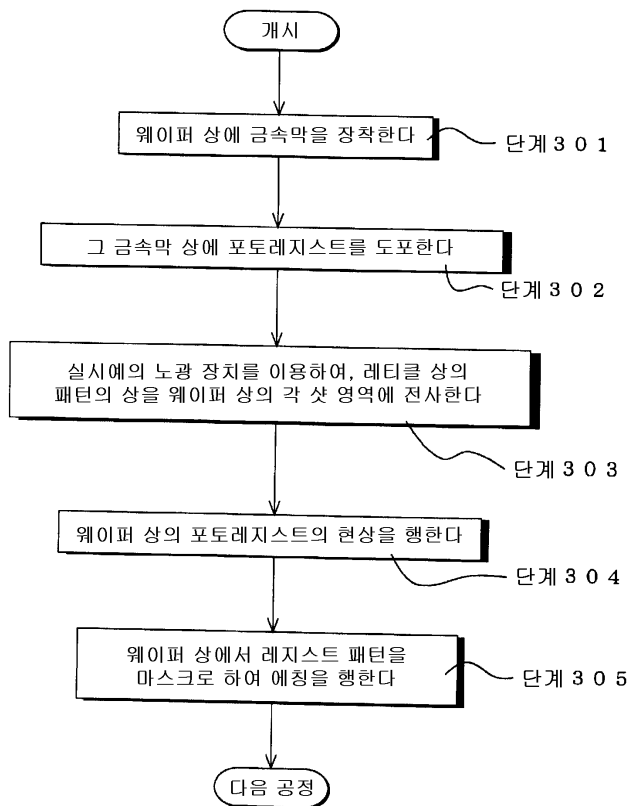


(b)



(c)

도면29





도면30

