



(19) 대한민국특허청(KR)  
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2015년08월06일  
(11) 등록번호 10-1542268  
(24) 등록일자 2015년07월30일

- (51) 국제특허분류(Int. Cl.)  
G02B 17/06 (2006.01) G03F 7/20 (2006.01)
- (21) 출원번호 10-2010-7009120
- (22) 출원일자(국제) 2008년10월02일  
심사청구일자 2013년10월01일
- (85) 번역문제출일자 2010년04월26일
- (65) 공개번호 10-2010-0069700
- (43) 공개일자 2010년06월24일
- (86) 국제출원번호 PCT/EP2008/008336
- (87) 국제공개번호 WO 2009/052925  
국제공개일자 2009년04월30일
- (30) 우선권주장  
10 2007 051 669.1 2007년10월26일 독일(DE)  
60/982,850 2007년10월26일 미국(US)
- (56) 선행기술조사문헌  
US20070153247 A1\*  
US20030218730 A1\*  
WO2007077875 A1  
WO2007119466 A1  
\*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

- (73) 특허권자  
칼 짜이스 에스엠티 게엠베하  
독일 오버코헨 73447 루돌프-에버-슈트라세 2
- (72) 발명자  
만, 한스-위르겐  
독일, 73447 오베코헨, 카젠바흐슈트라세 49
- (74) 대리인  
한양특허법인

전체 청구항 수 : 총 25 항

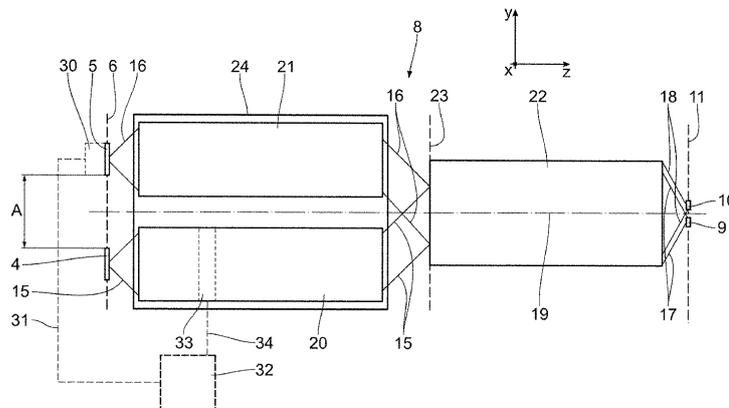
심사관 : 오군규

(54) 발명의 명칭 **결상 광학 시스템, 이러한 유형의 결상 광학 시스템을 구비하는 마이크로소그래피용 투영 노광 장치 및 이러한 유형의 투영 노광 장치로 미세구조 요소를 제조하는 방법**

(57) 요약

결상 광학 시스템(8)의 일 실시예는 빔 안내 요소들로서 전용으로 미러들을 갖는다. 상기 결상 광학 시스템(8)은 적어도 하나의 물체면(6) 내의 적어도 하나의 물체 필드(4,5)를, 적어도 하나의 이미지면(11) 내의 적어도 하나의 이미지 필드(9,10)로 결상한다. 상기 결상 광학 시스템(8)에서는, 서로 공간적으로 분리되고, 마찬가지로 서로 공간적으로 분리되는 두 개의 이미지 필드들(9,10)과 연관되는 두 개의 물체 필드(4,5)가 있다. 그 결과 결상 광학 시스템에서는 사용의 유연성이 증가된다.

대표도



**명세서**

**청구범위**

**청구항 1**

요소들(M1 내지 M6;M1 내지M8;M1 내지 M10)이 모두 하나의 또한 동일한 연속적인 광축(19)에 연관될 수 있고, 적어도 하나의 물체면(6;6a,6b) 내의 적어도 하나의 물체 필드(4,5;4a,5a)를 적어도 하나의 이미지면(11;11,11a) 내의 적어도 하나의 이미지 필드(9,10;9,10a)로 결상하는 결상 광학 시스템(8)으로서,

적어도 두 개의 물체 필드들(4,5;4a,5a)은 공간적으로 서로 분리되고, 마찬가지로 공간적으로 서로 분리된 두 개의 이미지 필드들(9,10;9a,10a)이 적어도 두 개의 물체 필드들(4,5;4a,5a)과 연관되고,

두 개의 필드 요소 그룹들(20,21) 각각은 상기 두 개의 물체 필드들(4,5;4a;5a)과 상기 결상 광학 시스템(8)의 동공면(23) 사이에 배열되고,

상기 적어도 두 개의 물체 필드들과 상기 적어도 두 개의 이미지 필드들 사이의 결상 광경로들은 상기 결상 광학 시스템의 적어도 하나의 동공면을 공동으로 사용하고, 상기 두 개의 필드 요소 그룹들(20,21)을 떠나는 두 개의 광선들은 상기 결상 광학 시스템(8)의 상기 동공면(23)에서 오버랩하는 것을 특징으로 하는 결상 광학 시스템.

**청구항 2**

청구항 1에 있어서,

적어도 세 개의 요소 그룹들(20,21,22;20,21,41,43,44;45,20,21,22;35,36)로 구성되고, 상기 요소 그룹들(20,21,22;20,21,41,43,44;45,20,21,22;35,36)의 각각은 두 개의 다음의 그룹들 중 하나의 형식과 연관될 수 있는 것인 구조를 특징으로 하는 결상 광학 시스템.

-정확히 하나의 물체 필드(4,5;4a,5a)로부터 진행되는 결상 광선들(25)이 안내되는 필드 요소 그룹(20,21;20,21,43,44;35,36);

-모든 물체 필드들(4,5;4a,5a)로부터 진행되는 결상 광선들(25)이 안내되는 개구 요소 그룹(22;41;45)

**청구항 3**

청구항 2에 있어서,

상기 요소 그룹들(20,21,22;20,21,41,43,44;45,20,21,22;35,36)의 적어도 하나가 전용으로 미러들(M1 내지 M6; M1 내지 M8;M1 내지 M10)을 구비하는 것을 특징으로 하는 결상 광학 시스템.

**청구항 4**

청구항 2에 있어서,

상기 적어도 하나의 필드 요소 그룹(20,21;20,21,43,44;35,36)이 상기 적어도 하나의 개구 요소 그룹(22,41) 보다 더 낮은 개구수를 갖는 것을 특징으로 하는 결상 광학 시스템.

**청구항 5**

청구항 2에 있어서,

정확히 두 개의 물체 필드들(4,5;4a,5a); 정확히 두 개의 이미지 필드들(9,10); 및 적어도 세 개인 요소 그룹들(20,21,22;20,21,41,43,44;45,20,21,22;35,36)을 특징으로 하는 결상 광학 시스템으로서,

-두 개의 필드 요소 그룹들(20,21)은 두 개의 물체 필드들(4,5;4a,5a) 중 하나와 결상 광학 시스템(8)의 동공면(23) 사이에 각각 배치되고,

-개구 요소 그룹(22)은 상기 동공면(23)과 상기 두 개의 이미지 필드들(9,10) 사이에 배치되는 것인 결상 광학 시스템.

**청구항 6**

청구항 5에 있어서,

-두 개의 필드 요소 그룹들(20,21)이 각각 두 개의 물체 필드들(4,5) 중 하나와 상기 결상 광학 시스템(8)의 동공면(37) 사이에 배치되고,

-두 개의 다른 필드 요소 그룹들(43,44)은 이 동공면(37)과 결상 광학 시스템(8)의 다른 동공면(39) 사이에 배치되고,

-개구 요소 그룹(23)은 상기 다른 동공면(39)과 상기 두 개의 이미지 필드들(9,10) 사이에 배치되는 것을 특징으로 하는 결상 광학 시스템.

**청구항 7**

청구항 1에 있어서,

상기 결상 광학 시스템(8)은, 제 2 물체 필드(5;5a)와, 연관된 제 2 이미지 필드(10;10a) 사이의 광경로 내에서의 결상 광선들의 파장과는 상이한, 제 1 물체 필드(4;4a)와, 연관된 제 1 이미지 필드(9) 사이의 광경로 내의 결상 광선들(25)의 파장을 위해 구성되는 것을 특징으로 하는 결상 광학 시스템.

**청구항 8**

청구항 1에 있어서,

상기 두 개의 물체 필드들(4a,5a)은 서로 이격된 물체면들(6a,6b) 내에 배치되는 것을 특징으로 하는 결상 광학 시스템.

**청구항 9**

청구항 1에 있어서,

2 차원의 광학 감지 수단(30)이 상기 두 개의 물체 필드들 중 하나의 물체 필드(5)에 배치되고, 이 물체 필드(5)와 연관된 이미지 필드(10)와 상기 물체 필드(5) 사이의 결상 광선들(16)을 감지하는 것을 특징으로 하는 결상 광학 시스템.

**청구항 10**

청구항 9에 있어서,

상기 광학 감지 수단(30)이 배치되지 않은, 물체 필드(4)와 이미지 필드(9) 사이의 결상 광경로 내의 결상 광학 시스템(8)의 요소 그룹(20)의 결상 특성들을 보정하기 위한 보정 수단(33),

상기 광학 감지 수단(30) 및 상기 보정 수단(33)과 신호 연결(31,34)되는 제어 수단(32)을 특징으로 하는 결상 광학 시스템.

**청구항 11**

청구항 1에 있어서,

정확히 두 개의 물체 필드들(4,5); 정확히 두 개의 이미지 필드들(9,10;9,10a); 및 적어도 세 개의 요소 그룹들(20,21,41,43,44)을 특징으로 하는 결상 광학 시스템으로서,

-하나의 개구 요소 그룹(41)은 상기 두 개의 물체 필드들(4,5) 및 동공면(42) 사이에 배치되고,

-적어도 두 개의 필드 요소 그룹들(43,44)은 상기 동공면(42)과 상기 두 개의 이미지 필드들(9,10;9,10a) 중 하나의 사이에서 각각 배치되는 것인 결상 광학 시스템.

**청구항 12**

청구항 11에 있어서,

상기 두 개의 필드 요소 그룹들(43,44)은, 제 2 이미지 필드(10a)가 제 1 이미지 필드(9)의 이미지면(11)과 간

격을 두고 배치되는 방식으로 구성되는 것을 특징으로 하는 결상 광학 시스템.

**청구항 13**

청구항 12에 있어서,

상기 두 개의 필드 요소 그룹들(43,44)은, 상기 제 2 이미지 필드(10a)의 이미지 필드면(11a)이 제 1 이미지 필드(9)의 이미지 필드면(11)과 평행하게 또한 간격을 두고 배치되는 방식으로 구성되는 것을 특징으로 하는 결상 광학 시스템.

**청구항 14**

청구항 1에 있어서,

정확히 두 개의 물체 필드들(4,5); 정확히 두 개의 이미지 필드들(9,10;9,10a); 및 정확히 5개의 요소 그룹들(20,21,41,43,44)을 특징으로 하는 결상 광학 시스템으로서,

-두 개의 필드 요소 그룹들(20,21)은 두 개의 물체 필드들(4,5) 중 하나와 상기 결상 광학 시스템(8)의 동공면(23) 사이에서 각각 배치되고,

-하나의 개구 요소 그룹은 이 동공면(23)과, 상기 결상 광학 시스템(8)의 다른 동공면(42) 사이에 배치되고,

-두 개의 다른 필드 요소 그룹들(43,44)은 상기 다른 동공면(42)과 상기 두 개의 이미지 필드들(9,10;9,10a) 중 하나의 사이에서 각각 배치되는 것인 결상 광학 시스템.

**청구항 15**

청구항 1에 있어서,

정확히 두 개의 물체 필드들(4,5); 정확히 2 개의 이미지 필드들(9,10); 및 정확히 네 개의 요소 그룹들(45,20,21,22)을 특징으로 하는 결상 광학 시스템으로서,

-하나의 개구 요소 그룹(45)은 상기 두 개의 물체 필드들(4,5)과 상기 결상 광학 시스템(8)의 제 1 동공면(46)의 사이에서 배치되고,

-두 개의 필드 요소 그룹들(20,21)은 이 동공면(46)과, 상기 결상 광학 시스템(8)의 다른 동공면(23)의 사이에서 각각 배치되고,

-하나의 다른 개구 요소 그룹(22)은 상기 다른 동공면(23)과 상기 두 개의 이미지 필드들(9,10)의 사이에서 배치되는 것인 결상 광학 시스템.

**청구항 16**

청구항 3에 있어서,

필드 미러 그룹들(20,21;20,21,35,36;20,21,43,44)의 미러들(M1a/b,M2a/b,M3a/b,M4a/b,M5a/b,M6a/b)의 반사 면들은 각각의 경우에 있어서, 공통의 축(19)에 대해 회전 대칭인 표면의 표면부들의 쌍으로서 구성되는 것을 특징으로 하는 결상 광학 시스템.

**청구항 17**

청구항 3에 있어서,

상기 적어도 하나의 개구 요소 그룹(22;41;22;45)은 차폐된 동공 시스템, 즉 내부 동공 음영부를 갖는 미러 그룹으로 구성되는 것을 특징으로 하는 결상 광학 시스템.

**청구항 18**

청구항 1에 있어서,

필드들(4,5,9,10;4a,5a;9,10a) 중 적어도 하나는 링 필드로서 구성된 것을 특징으로 하는 결상 광학 시스템.

**청구항 19**

청구항 1에 기재된 결상 광학 시스템(8)을 구비하고,

조명광(3)을 위한 광원(2)을 구비하고,

조명광(3)을, 상기 결상 광학 시스템(8)의 상기 물체 필드들(4,5) 중 적어도 하나에 안내하기 위한 조명 광학 시스템(7)을 구비하는 마이크로리소그래피용 투영 노광 장치(1).

**청구항 20**

청구항 19에 있어서,

상기 광원은 EUV 광원으로 구성된 것을 특징으로 하는 마이크로리소그래피용 투영 노광 장치(1).

**청구항 21**

청구항 19에 기재된 투영 노광 장치(1)로 미세구조 요소를 제조 하는 방법으로서,

레티클(12) 및 웨이퍼(13)를 제공하는 단계,

제 1 물체 필드(4) 내에 배치되는, 레티클(12) 상의 구조를, 제 1 이미지 필드(9) 내의 웨이퍼(13)의 감광층 상에 투영하는 단계,

상기 노광된 감광층을 제 1 이미지 필드(9)로부터 제 2 이미지 필드(10;10a)로 이동시키는 단계,

제 2 물체 필드(5) 내에 배치되는 레티클(12) 상의 구조를, 제 2 이미지 필드(10;10a) 내의 웨이퍼(13)의 앞서 노광된 감광층 상에 투영시키는 단계,

웨이퍼(13) 상에 미세구조를 제조하는 단계를 구비하는 투영 노광 장치(1)로 미세구조 요소를 제조하는 방법.

**청구항 22**

청구항 19에 기재된 투영 노광 장치(1)로 미세구조 요소를 제조하는 방법으로서,

레티클(12) 및 웨이퍼(13)를 제공하는 단계,

처리광(preparation light)(15)에 의하여 결상 광학 시스템(8)으로 제 1 이미지 필드(9) 내의 웨이퍼(13)의 감광층을 노광하는 단계,

처리된 감광층을 제 1 이미지 필드(9)로부터 제 2 이미지 필드(10;10a)로 이동하는 단계,

제 2 물체 필드(5) 내에 배치되는, 레티클(12) 상의 구조를 투영 노광 장치(1)로 제 2 이미지 필드(10;10a) 내의 웨이퍼(13)의 상기 처리된 감광층 상에 투영시키는 단계,

웨이퍼(13) 상에 미세구조를 제조하는 단계를 구비하는 투영 노광 장치(1)로 미세구조 요소를 제조하는 방법.

**청구항 23**

청구항 19에 기재된 투영 노광 장치(1)로 미세구조 요소를 제조하는 방법으로서,

레티클(12) 및 웨이퍼(13)를 제공하는 단계,

제 1 물체 필드(4) 내에 배치되는, 레티클(12) 상의 구조를 제 1 이미지 필드(9) 내의 상기 웨이퍼(13)의 감광층 상에 투영시키는 단계,

상기 노광된 감광층을 제 1 이미지 필드(9)로부터 제 2 이미지 필드(10,10a)로 이동하는 단계,

처리광(16)에 의하여 결상 광학 시스템(8)으로 상기 제 2 이미지 필드(10;10a) 내의 상기 웨이퍼(13)의 앞서 노광된 상기 감광층을 노광하는 단계,

웨이퍼(13) 상에 미세구조를 제조하는 단계를 구비하는 투영 노광 장치(1)로 미세구조 요소를 제조하는 방법.

**청구항 24**

청구항 10에 기재된 결상 광학 시스템을 갖는, 청구항 19에 기재된 투영 노광 장치(1)로 미세구조 요소를 제조 하는 방법으로서,

레티클(12) 및 웨이퍼(13)를 제공하는 단계,

이미지 필드들(10) 중 제 1 이미지 필드 내의 상기 웨이퍼(13)의 표면 형태 또는 위치를, 이 이미지 필드(10)와 연관되는 다른 물체 필드(5)에 배치되는 광학 감지 수단(30)을 이용하여 측정하는 단계,

상기 광학 감지 수단(30)으로부터 전달되는 표면 형태 데이터 또는 위치 데이터를 이용하여 제어 수단(32) 내에서 보정값을 계산하는 단계,

계산된 보정값을 기초로 보정 수단(33)을 제어하여 결상 광학 시스템(8)의 결상 특성들을 보정하는 단계,

결상 광학 시스템(8)의 제 1 물체 필드(4) 내에 배치되는, 레티클(12) 상의 구조를, 보정된 결상 광학 시스템(8)으로 연관된 이미지 필드(9) 내의 웨이퍼(13)의 감광층 상에 투영하는 단계를 구비하는 투영 노광 장치(1)로 미세구조 요소를 제조하는 방법.

**청구항 25**

청구항 9에 기재된 결상 광학 시스템을 갖는, 청구항 19에 기재된 투영 노광 장치(1)로 미세구조 요소를 제조하는 방법으로서,

레티클(12) 및 웨이퍼(13)를 제공하는 단계,

결상 광학 시스템(8)의 제 1 물체 필드(4) 내에 배치되는, 레티클(12) 상의 구조를, 보정된 결상 광학 시스템(8)으로 연관된 이미지 필드(9) 내의 상기 웨이퍼(13)의 감광층 상에 투영하는 단계,

상기 웨이퍼(13)의 노광된 감광층을 제 2 이미지 필드(10)에 이동하는 단계,

상기 결상 광학 시스템(8)의 제 2 이미지 필드(10) 내의 웨이퍼(13)의, 투영 과정의 영향을 받는 표면 형태를, 결상 광학 시스템(8)의 상기 제 2 이미지 필드(10)와 연관되는 상기 물체 필드(5) 내에 배치되는 광학 감지 수단(30)을 이용하여 측정하는 단계를 구비하는 투영 노광 장치(1)로 미세구조 요소를 제조하는 방법.

**청구항 26**

삭제

**발명의 설명**

**기술분야**

[0001] 본 발명은 청구항 1 및 청구항 2의 전제부에 기재된 결상 광학 시스템에 관한 것이다. 본 발명은 또한 청구항 19에 기재된 투영 노광 장치 및 청구항 21,22,23,24 및 25에 기재된 미세구조 요소를 제조하는 방법에 관한 것이다.

**배경 기술**

[0002] 특히, 마이크로리소그래피용 투영 노광 장치에서 사용될 수 있는 결상 광학 시스템들이 US 7,046,335 B2, US 2007/0153247 A1, US 6,600,608 B1 및 US 6,631,036 B2에서 알려져 있다.

**발명의 내용**

**해결하려는 과제**

[0003] 본 발명의 목적은 서두에서 언급된 유형의 결상 광학 시스템을 그것의 사용의 유연성이 증가되는 방식으로 개발하는 것이다.

**과제의 해결 수단**

[0004] 본 발명에 따르면, 이 목적은 청구항 1의 특성들을 갖는 결상 광학 시스템 및 청구항 2의 특성들을 갖는 결상 광학 시스템에 의해 달성될 수 있다.

[0005] 청구항 1의 발명에 기재된 해결 방안에서는, 전용의 미러들은 광범위한 사용의 가능성을 제공하고 컴팩트한 구

조로 두 개의 물체 필드들과 두 개의 이미지 필드들이 동시에 사용될 수 있는 광학 시스템이라는 결과를 가져온다. 따라서, US 2007/0153247 A1에서의 예시의 경우에서와 같은 두 개의 결상 광학 시스템에 의한 사용이 아니라 두 개의 물체 필드들과 두 개의 이미지 필드들 사이에 두 개의 결상 광경로들에 의하여 공동으로 사용되는 적어도 하나의 광학 요소를 갖는 정확히 하나인 결상 광학 시스템에 의한 사용이며, 이러한 단일한 결상 광학 시스템은 두 개의 물체 필드들과 두 개의 이미지 필드들을 구비한다. 전체로서의 결과는 컴팩트한 결상 구조이다.

- [0006] 청구항 2를 따르는 본 발명에 의한 해결 방안에서는, 접혀진 광경로는 직렬 구조로 인해 분산될 수 있다. 두 개의 물체 필드들과 연관되는 광경로들은 바람직하게는 광축에 대하여 반사적이고 대칭적으로 연장한다. 이 직렬 배치는 결상 광학 시스템의 제조를 전체로서 단순화하고, 또한 컴팩트한 시스템이 획득되도록 기여한다.
- [0007] 적어도 두 개의 물체 필드들 사이의 거리는 바람직하게는 적어도 50mm, 보다 바람직하게는 적어도 100mm, 보다 더 바람직하게는 150mm, 그보다 바람직하게는 적어도 164mm 이다. 적어도 두 개의 이미지 필드들 사이의 거리는 적어도 두 개인 물체 필드들의 거리 및 결상 광학 시스템의 결상 인자에 기인한다. 예를 들어, 적어도 두 개인 물체 필드들 간의 거리가 적어도 100mm이고 결상 축척(reduction imaging scale)이 10인 경우, 적어도 두 개의 이미지 필드들 간의 거리는 10mm 가 된다.
- [0008] 결상 광학 시스템들의 축외(off-axis)인 특정한 미러 구조들에서는, 구조는 본 발명에 따르는 해결 방안을 사용하여, 두 개의 물체 필드들을 사용하는 것에 의해, 상기 물체 필드는 본래 상기 구조에 사용되는 것이고, 따라서 또한 이미지 필드의 크기가 두 배가 되는 방식으로 확장될 수 있다.
- [0009] 청구항 3에 기재된 구조에서는, 각 경우에 있어서 항상 적어도 두 개의 필드 요소 그룹들과 적어도 하나의 개구 요소 그룹이 있다. 필드 요소 그룹들은 적어도 두 개의 물체 필드들, 적어도 두 개의 이미지 필드들 또는 결상 광학 시스템의 중간 이미지 필드들과도 연관될 수 있다. 두 개의 필드 요소 그룹들은 어느 하나로부터 구조적으로 분리되도록 구성될 수 있다. 이것은 이 두 개의 필드 요소 그룹들에, 광학 시스템의 상이한 특성 및 또한 예를 들어, 개별적인 결상 요소들의 교체를 위한 액츄에이터 또는 예를 들어 결상 광학 시스템의 광학 파라미터들을 측정하기 위한 센서와 같은 추가적인 상이한 요소들을 제공하는 것을 가능하게 한다.
- [0010] 청구항 4에 기재된 미러 그룹은 광범위한 형상으로 구성될 수 있으며, 특히 안내되기에는 충분한 특성으로 존재하지 않는 투과 물질들을 위한 파장을 갖는 빛을 허용한다.
- [0011] 청구항 5에 기재된 상대적인 개구의 크기는, 필드 요소 그룹의 빔 안내 요소들의 광학적으로 유효한 면들 사이의 공간적 분리가 가능함에도, 결상 광학 시스템의 컴팩트한 구조를 가능하게 한다.
- [0012] 청구항 6에 기재된 구성은 달성될 수 있는 두 개의 물체 필드와 관련된 요소들의 구조적 분리를 허용한다. 이것은 이들 두 개의 물체 필드들의 사용에 대한 가능성들을 넓혀준다. 특히, 이것들은, 예컨대, 한편으로는 레티클 및 다른 한편으로는 광학 감지 수단과 같이 완전히 상이한 유닛들에 의해 사용될 수 있다. 두 개의 이미지 필드과, 물체 필드들과 두 개의 필드 요소 그룹들 사이의 개구 요소와 연관된 두 개의 필드 요소들을 갖는 반대의 배치도 또한 가능하다.
- [0013] 네 개의 필드 요소 그룹들을 갖는 청구항 7을 기재된 배치는 필드 요소 그룹들의 결상 특성들이 다양하고 상호 독립된 방식으로 영향을 받도록 허용한다.
- [0014] 청구항 8에 기재된 결상 광학 시스템의 구성은 특히, 하나의 필드 요소 그룹이 다른 필드 요소 그룹에 사용되는 상이한 파장으로 작용하는 것을 가능하게 한다. 이것은 많은 방식들, 특히 처리 및 측정 목적의 방식들에 있어서 활용될 수 있다. 예를 들어, 똑같은 결상 광학 시스템이 EUV 노광에 사용될 수 있는 것과 동시에 UV 영역 또는 가시 파장 영역에서의 처리 또는 측정을 위해 사용될 수 있다. 양 파장들에 공동으로 사용되는 빔 안내 광학 요소들은 결상 광학 시스템을 통한 광 통로를 최적화하고, 사용되는 양 파장들에 동조되는 코팅들을 가질 수 있다.
- [0015] 청구항 9에 의하면, 서로 거리를 두고 있는 물체면들은 또한 결상 광학 시스템의 사용의 유연성을 증가시켜준다. 예를 들어, 상이한 파장들을 이용하는 때에는, 이러한 방식으로 색채 효과(chromatic effect)들을 보상하는 것이 가능하다. 이것은 결상 광학 시스템의 빔 안내 광학 요소들의 코팅에 의해 유도되는 색채 변화들을 보상하기 위해 사용될 수 있다. 결상 광학 시스템의, 상호 거리를 두고 있는 물체 필드들과 관련된 두 개의 부분적인 시스템에서 상이한 결상 기준이 사용될 수 있다. 이것은 예를 들어 축척이 2x에서, 물체 필드들 중 어느 하나가 연관되어, 제 1 결상 광경로를 사용하여 거친 구조들을 결상하는데 사용될 수 있고, 예를 들어 16x인 더 높은 축척에서, 다른 물체 필드들이 연관되어, 다른 결상 광경로를 사용하여 미세 구조들을 결상하는

데 사용될 수 있다. 대안으로서, 두 개의 물체면들의 거리만큼 서로 거리를 두고 있고, 물체 필드들 사이에서 두 개의 물체면들에 평행하게 이동되는 동일한 물체의 다양한 층들을 이미지 스캔하는 것이 가능하다.

- [0016] 청구항 10에 기재된 광학 감지 수단은, 연관되는 이미지 필드로부터 시작되는 광경로 상에서의 결상 특성들이 측정되도록 한다. 이러한 방식으로, 예를 들어 다른 물체 필드내에서 배치되는 물체를 투영하는 동안, 개구 그룹의 결상 특성들이 온라인으로 제어될 수 있다. 광학 감지 수단들의 측정 결과는 결상 광학 시스템의 결상 특성들을 조절하기 위한 제어값으로서 사용될 수 있다. 특히, CCD 카메라가 광학 감지 수단으로서 사용될 수 있다. 이것은 실제 결상에 사용되는 조명광의 것과 상이한 파장의 측정광에 의해 작용 될 수 있다.
- [0017] 청구항 11에 기재된 구성은 폐쇄 제어 회로에서의 결상 광학 시스템의 결상 특성들을 조정할 수 있는 가능성을 제공한다.
- [0018] 청구항 12에 기재된 배치는 이미지 필드 측 상의 이미지 특성들을 두 개의 이미지 필드에 대해 별개로 영향을 주는 것을 가능하게 한다. 이것은 또한 많은 방식들로 사용될 수 있다.
- [0019] 청구항 13에 부합되도록, 평면상에 배치되지 않은 이미지 필드들은 결상 광학 시스템의 사용의 유연성을 증가시킨다.
- [0020] 청구항 14에 부합되도록, 서로 평행하고 또한 소정의 거리에 있는 이미지 필드들은, 두 개의 물체 필드들에서 배치되는 물체들을 이미지 필드들의 영역 내에서 배치되는 기관의 상이한 층 위치들 내에서 결상하도록 한다. 이것은 특히, 미세구조 요소들의 제조에서 3차원 구조에 사용될 수 있다.
- [0021] 청구항 15에 기재된 배치는 예를 들어, 1:1의 결상 스케일을 갖는 결상 광학 시스템에 사용될 수 있다. 결상 광학 시스템의 결상 특성들에서의 개개의 변화, 예컨대 필드 요소 그룹들의 개개의 필드들과 관련된 변화는 물체 필드측과 이미지 필드측 양쪽에서 가능하다.
- [0022] 청구항 16에 기재된 배치는 각각의 필드에 대한 개구 요소 그룹들 사이의 광경로들의 개별적인 분리를 이끈다. 이것은 두 개의 분리된 광경로들 중 하나를 분석하기 위해 사용하는 것, 즉 이것을 기준 광경로로서 사용하거나 또는 두 개의 광경로중의 어느 하나를 다른 것과는 독립적으로 조작하도록 하는 것을 위해 사용될 수 있다. 이 배치는 또한 1:1 결상을 초래하는 방식으로 구성될 수 있다.
- [0023] 청구항 17에 기재된 필드 요소 그룹들의 구성은 그것들이 구축되는 것들로 부터 빔 안내 광학 요소들의 제조 비용을 감소시킨다. 예컨대, 미러들의 각 쌍은 함께 생산될 수 있다.
- [0024] 청구항 18에 기재된 개구 요소 그룹은 높은 개구수가 얻어지는 결상 광학 시스템을 가능하게 한다.
- [0025] 청구항 19에 기재된 적어도 하나의 링 필드는 필드 형상이, 주어진 결상 요건들에 관한 결상 광학 시스템의 구조에 잘 맞도록 한다. 만약 링 필드들로서 구성된 두 개의 물체 필드들 및/또는 링 필드들로서 구성되는 두 개의 이미지 필드들이 사용된다면, 그것들은 동일한 링에서의 부분적인 링들이 될 수 있고, 이것은 결상 광학 시스템의 구조를 대칭적이게 한다. 링 필드의 경우, 결상 광학 시스템의 모든 필드들, 즉 두 개의 물체 필드들과 두 개의 링 필드들 양쪽 모두가 링 필드들로서 구성되는 것이 더 바람직하다.
- [0026] 청구항 20 및 청구항 21에 기재된 투영 노광 장치의 장점은 본 발명에 따르는 결상 광학 시스템에 관하여 앞서 논의된 것들에 대응한다. 투영 노광 장치의 광원은 광대역 광원의 형태일 수 있고, 예를 들어 1nm를 초과하거나, 10nm를 초과하거나 또는 100nm를 초과하는 대역을 가질 수도 있다. 이에 더하여, 투영 노광 장치는 특히 상이한 물체 필드들과 연관되는 상이한 파장들의 광원으로 구동될 수 있는 방식으로 구성될 수 있다. 다른 파장들, 특히 마이크로리소그래피에 사용되는 파장들의 광원들, 예컨대 365nm, 248nm, 193nm, 157nm, 126nm 및 109nm 및 또한 특히 100nm 미만인 파장들을 갖는 광원들은 본 발명을 따르는 결상 광학 시스템과 함께 사용될 수 있다.
- [0027] 본 발명의 다른 목적은, 본 발명에 따르는 투영 노광 장치로 인해 획득되는 사용의 유연성이 특히 유용한 미세구조 요소의 제조 방법을 특정하는 것이다.
- [0028] 본 발명에 의하면, 이 목적은 청구항 22 내지 26에서 특정되는 단계들을 갖는 방법들에 의해 획득된다.
- [0029] 청구항 22에 기재된 제조 방법은 웨이퍼의 감광층의 단일 노광 과정에서 획득되는 것보다 작은 선폭(critical dimension)들의 구조들을 창출하게 한다.
- [0030] 청구항 23 및 청구항 24에 기재된 방법들은 상응하는 장점들을 갖는다.

[0031] 청구항 25에 기재된 방법은, 미세구조 요소의 제조에 있어서 결정적인 투영 단계 전에 온라인 보정(online correction)이 수행되도록 한다. 이러한 방법에서, 이미지 필드들 중 하나는 측정 이미지 필드로서 사용되고, 다른 하나는 투영 이미지 필드로서 사용된다. 측정되는 웨이퍼의 표면 형태에 따라, 예컨대, 투영 이미지 필드와 관련된 필드 요소 그룹의 결상 특성들에 대해 여전히 변경이 가능하다. 투영 이미지 필드 내의 웨이퍼의 위치를 대안적으로 또는 추가적으로 더 조정하는 것이 가능하다. 이것은 또한 시선 보정(line of sight correction)으로서 알려져 있다.

[0032] 청구항 26에 기재된 방법에 있어서는, 투영 단계의 성과의 온라인-모니터링이 가능하다. 이러한 방식에서는, 투영 노광 장치의 작동의 빠른 품질 관리 점검을 행하는 것이 가능하다.

[0033] 본 발명의 실시예들은 다음과 같은 도면을 참조하여 다음에서 보다 상세하게 설명될 것이다.

**도면의 간단한 설명**

[0034] 도 1은 EUV 마이크로리소그래피용 투영 노광 장치의 개략도이다.

도 2는 각각, 두 개의 물체 필드들 중 하나와 결상 광학 시스템의 입사 동공면 사이에 두 개의 필드 미러 그룹들과, 물체면들에 각각 연관된 두 개의 이미지면들과 입사 동공면의 사이에 개구 미러 그룹을 구비하는 투영 노광 장치의 결상 광학 시스템의 개략도이다.

도 3은 도 2의 결상 광학 시스템의 광학 구조의 제 1 변형예의 자오 단면도이다.

도 4 및 도 5는 도 2의 실시예의 광학 구조들의 다른 변형예의 자오 단면도들이다.

도 6은 각각, 두 개의 물체 필드들 중 하나와 결상 광학 시스템의 입사 동공면 사이의 두 개의 필드 미러 그룹들과, 결상 광학 시스템의 입사 동공면과 사출 동공면 사이에서 개구 미러 그룹을 구비하고, 각 경우에서 사출 동공면과 두 개의 이미지면들 중 하나의 사이에 두 개의 다른 필드 미러 그룹들을 구비하는 결상 광학 시스템의 다른 실시예의, 도 2와 유사한 개략도이다.

도 7은 두 개의 물체 필드들과 결상 광학 시스템의 입사 동공면의 사이의 개구 미러 그룹과, 각각 결상 광학 시스템의 입사 동공면과 사출 동공면 사이에서 두 개의 분리된 필드 미러 그룹들과, 사출 동공면과 두 개의 분리된 이미지면들 사이에서 다른 개구 미러 그룹을 구비하는 결상 광학 시스템의 다른 변형예의, 도 2와 유사한 개략도이다.

도 8은, 제 2 필드 미러 그룹과 연관되고, 제 2 이미지 필드의 물체 필드면에 평행하고, 일정 거리에 있도록 배치되고, 제 1 필드 미러 그룹과 연관되는 제 1 물체 필드의 물체면과 도 2의 실시예와 동등하게 배치되는 미러 그룹들을 갖는 결상 광학 시스템의 다른 실시예의, 도 2와 유사한 개략도이다.

도 9는 두 개의 링 필드들의, 그것들 사이의 거리의 정의를 묘사하기 위한 개략도이다.

도 10은 두 개의 사각형 필드들의, 그것들 사이의 거리의 정의를 묘사하기 위한 개략도이다.

**발명을 실시하기 위한 구체적인 내용**

[0035] 도 1에서 개략적으로 도시되는 마이크로리소그래피용 투영 노광 장치(1)는 조명광원(2)를 갖는다. 광원(2)은 특히 5nm 내지 30nm의 파장에서 빛을 발생시키는 EUV 광원이다. 다른 EUV 파장들이 또한 가능하다. 일반적으로, 어떤 요구되는 파장들, 예를 들어 가시 파장들 또는 예를 들어, 마이크로리소그래피에서 사용되고 적절한 레이저 광원들 및/또는 LED 광원들에 유효한, 예를 들어 365nm, 248nm, 193nm, 157nm, 129nm 또는 109nm 인 어떠한 다른 파장들은 투영 노광 장치(1) 내에서 안내되는 조명광에 대해 가능하다. 조명광(3)의 광경로는 도 1에서 매우 개략적으로 도시된다.

[0036] 투영 노광 장치(1) 및 그것의 요소들의 설명을 돕기 위하여, xyz 데카르트 좌표계가 도면들에서 구비되고, 도면 내에서 도시되는 요소들의 각각의 위치들을 도시한다. 도 1에서는, x 축은 도면 평면에서 및 도면 평면을 향해 수직으로 연장한다. y 축은 오른쪽으로 연장하고 z 축은 하향으로 연장한다.

[0037] 조명광(3)은 y 축 방향으로 서로 거리 A(또한 도 9 및 도 10과 비교)만큼 공간적으로 분리되고, 도 1에서의 도면 평면에 대해 수직인 공통적인 물체면(6)에 놓여 있는 두 개의 물체 필드들(4,5)을 노광시킨다. 물체 필드들(4,5)은 링 필드들이거나 또한 사각형 필드들일 수 있다.

[0038] 렌즈 시스템(7)은 조명광(3)을 광원(2)으로부터 물체 필드들(4,5)로 안내한다. 투영 광학 시스템(8), 즉 결상

광학 시스템과 함께, 두 개의 물체 필드들(4,5)은, 그것과 함께 연관되고, 소정의 축척(reduction scale)을 갖는 공통되는 이미지면(11) 상에서, 마찬가지로 서로 간격을 갖도록 배치되는 두 개의 이미지 필드들(9,10)에서 결상된다. 이미지 면(11)은 물체면(6)에 평행하게 놓인다. 도 1에서는, 이미지 필드들(9,10)은 이미지면(11)에서 공간적으로 연장되는 것이 도시되지 않을 정도로 작다. 다음의 도면들에서 도시되는 실시예들의 하나는 투영 광학 시스템(8)을 위해 사용될 수 있다. 투영 광학 시스템(8)은, 예를 들어 감소 계수가 8이다. 다른 결상 인자들 또는 축척들은 또한 예를 들어 4x, 5x 가 가능하고 또는 8x 보다 큰 축척도 가능하다. 1:1 결상 도 또한 가능하다. 8x인 결상 배율은 특히 EUV 파장을 갖는 조명광(3)에 적합한데 이것은 반사 마스크(12)상의 물체 측 입사각이 작게 유지될 수 있기 때문이다. 이에 더하여 8x의 결상 배율은 불필요하게 큰 마스크가 사용될 것을 요하지 않는다. 투영 광학 시스템(8)은, 또한 레티클로 불리고, 물체 필드들(4,5)과 같은 공간을 차지하는, 반사 마스크(12)의 일부를 결상한다.

- [0039] 이미지 필드들(9,10)은 이미지면(11)에서 원호 형상으로 만곡되고, 이미지 필드들(9,10)의 범위를 정하는 두 개의 원호 곡선들 사이의 거리는 1mm이다. 1mm 는 또한 두 개의 원호 곡선들 사이에서 이미지 필드들(9,10)의 범위를 정하고, 서로 평행하게 또한 y축 방향으로 연장하는 직선 측면 엣지의 측면 길이이다. 도 1의 도면 평면은 이미지면들(9,10)의 이러한 측면 엣지들에 평행하게 연장한다. 이미지 필드들(9,10)의 이러한 두 개의 직선 측면 엣지들은 서로 13mm의 거리에 있다. 두 개의 만곡된 이미지 필드들(9,10)의 면적은 1mm x 13mm 의 엣지 길이를 갖는 사각형 이미지 필드에 상응한다. 이러한 유형의 사각형 이미지 필드들은 또한 이미지 필드들(9,10) 대신에 가능하다. 사각형 이미지 필드들은, 예를 들어 반사면들로서 자유 형태 면을 갖는 반사식 시스템을 사용하거나 또는 반사 굴절식 시스템들을 사용하는 때에 제조된다.
- [0040] 결상은 기관 지지 부재(14)에 의해 지지되는 웨이퍼 형태 내의 기관(13)의 표면 상에서 이루어진다. 도 1은 조명광(3)의, 레티클(12)과 투영 광학 시스템(8) 사이에서 입사하는 광선들(15,16)을 개략적으로 도시한다. 이러한 경우, 광선(15)은 물체 필드(4)에서 출발하고, 광선(16)은 물체 필드(5)에서 출발한다. 투영 광학 시스템(8)과 기관(13)의 사이에서, 투영 광학 시스템(8)으로부터 나가는 조명광의 두 개의 광선들(17,18)이 도시된다. 광선(17)은 이미지 필드(9)를 노광시키고, 광선(18)은 이미지 필드(10)를 노광시킨다.
- [0041] 광선들(15 내지 18)의 경로들은 도 1에서 매우 개략적으로 도시된다. 특히, 일 측의 광선들(15 및 17) 및 타 측의 광선들(16 및 18)은 투영 광학 시스템(8)의 배치된 축에 대하여 대칭적으로, 특히 그것의 광축에 대해 대칭적으로 연장할 수 있다.
- [0042] 투영 노광 장치(1)는 스캐너 형 장치이다. 투영 노광 장치(1)가 작동하는 동안 레티클(12) 및 기관(13) 양쪽 모두는 y축 방향으로 스캔된다. 대안적으로, 투영 노광 장치(1)는 스텝퍼 형 장치일 수 있다. 이러한 경우, 반사 마스크(12)와 연관된 기관 지지 부재(14) 및 레티클 지지 부재(도시되지 않음)는 y축 방향으로 개개의 노광들 사이에서 단계적으로 이동된다.
- [0043] 도 2 는 투영 노광 시스템(1)의 투영 광학 시스템(8)의 변형예를 개략적으로 도시한다. 도 1 을 참조하여 앞서 설명된 것들에 상응하는 요소들은 같은 참조번호를 갖고 다시 상세하게는 설명되지 않을 것이다.
- [0044] 도 2는 투영 광학 시스템(8)의 제 1 실시예의 구조를 개략적으로 도시한다. 이것은 직렬 시스템으로서 구성된다. 투영 광학 시스템(8)의 모든 빔 안내 요소들은 굽은 곳 없이 계속 연장하는 동일한 연속 광축(continuous optical axis)(19)과 연관될 수 있다.
- [0045] 도 2의 투영 광학 시스템(8)은 빔 안내 광학 요소들로서 각각 구성되는 세 개의 요소 그룹들(20,21,22)을 갖는다.
- [0046] 도 2의 좌측에서 도시되는 두 개의 요소 그룹들(20,21)은 물체면들(4,5)로부터 각각 진행되는 광선(15,16)이 안내되는 필드 그룹들이다. 광선들(15,16)은 두 개의 필드 그룹들(20,21) 내에서 서로 분리되어 안내된다.
- [0047] 도 2에서는, 필드 그룹(20)은 필드 그룹(21)의 아래에 배치된다. 필드 그룹(20)은 물체 필드(4)와 투영 광학 시스템(8)의 동공면(23) 사이에 놓인다. 필드 그룹들(20,21)을 떠나는 두 개의 광선들(15,16)은 동공면(23)에서 오버랩한다.
- [0048] 도 2의 우측에 도시되는 요소 그룹(22)은 광선들(15,16), 즉 물체면들(4,5) 모두로부터 진행되는 결상 광선들(imaging rays)이 안내되는 개구 그룹이다. 개구 그룹(22)은 동공면(23)과 두 개의 이미지 필드들(9,10) 사이에 배치된다.
- [0049] 도 2의 실시예의 요소 그룹들(20 내지 22)은 순수한 미러 그룹들 또는 반사식 그룹들, 즉 빔 안내 광학 요소들

로서 전용으로 미러들 만을 구비하는 요소그룹들이다. 원론적으로, 요소 그룹들(20 내지 22)은 또한 반사 굴절식 또는 굴절식 그룹들 일 수도 있다.

[0050] 두 개의 필드 그룹들(20,21)은 서로 구조적으로 완전히 분리될 수 있으나, 도 2에서 표시되는 바와 같이, 공통의 하우징(24)을 갖고 일체로 하나의 구조적인 유닛이 될 수 있다.

[0051] 도 3은 투영 광학 시스템(8)의 제 1 구조 변형예를 도시한다. 도 1 및 도 2를 참조하여 앞서 설명한 것들에 대응하는 요소들은 같은 참조 번호를 갖고 이는 다시 상세하게 설명되지 않을 것이다.

[0052] 도 3에서의 y축 방향으로 소정의 거리를 두고, 각각의 경우에서, 두 개의 물체 필드점들로부터 진행하는, 물체 필드들(4,5)의 세 개의 개별적인 광선(25)의 각각의 광경로가 도시된다. 전체로 네 개의 물체 필드점들 내의 것들 중 어느 하나에 속하는, 세 개의 개별적인 광선들(25)은 이미지 필드점을 위한 세 개의 상이한 조명 수단들과 각각 연관된다. 투영 광학 시스템(8)의 동공면(23)의 중앙을 통해 연장하는 주광선들(16)이 도 3에서 포함된다. 단지 분명히 묘사하기 위한 것으로서, 이와 같은 것들은 투영 광학 시스템(8)의 실제 결상 광경로들이 아니다.

[0053] 각각의 경우에 있어서 필드점의 동일한 조명각과 연관된 개개의 광선들(15)은 각각의 물체면(4,5)으로부터 확산하여 연장한다. 이것은 다음에서, 입사 동공의 음의 후초점길이로 언급된다. 도 3의 투영 광학 시스템(8)의 입사 동공은 투영 광학 시스템(8)의 내부에 놓이지 않고 광경로의 물체면(4,5) 앞에 놓인다. 대안적으로, 예를 들어, 반사 마스크를 조명하기 위한 광선 분리 요소를 사용하거나 투과 마스크를 사용하는 때에는, 입사 동공의 양의 후초점길이 또는 물체측 상의 텔레센트릭 광경로가 가능하다. 이것은 예를 들어, 투영 광학 시스템(8)의 입사 동공 내의 조명 광학 시스템(7)의 동공 요소를, 이러한 동공 요소들과 물체면들(4,5) 사이에 존재해야 하는 다른 결상 광학 요소들 없이, 광경로 상의 투영 광학 시스템(8)의 앞에 배치될 수 있도록 한다.

[0054] 투영 광학 시스템(8)의 필드 그룹(20)은 두 개의 미러들(M1a,M2a)를 갖는다. 마찬가지로, 투영 광학 시스템(8)의 필드 그룹(21)은 두 개의 미러들(M1b, M2b)를 갖는다. 다음에서는 필드 그룹내에서는 참조번호 M1z/b, M2a/b 대신에 참조번호 M1, M2가 사용되고, 예를 들어 각 경우에 있어서 그것들은 양 미러들(M1a/b, M2a/b)로 언급된다. 투영 광학 시스템(8)의 미러들의 번호는 물체 필드들(4,5)로부터 진행하는 광경로의 순서대로 번호매겨진다. 미러들(M1a 및 M1b) 및 미러들(M2a 및 M2b)는 각각, 광축(19)에 대해 회전 대칭인 동일한 평면상에 배치되는 반사면들을 갖는다. 따라서, 한편으로는 미러들(M1a 및 M1b)이 그리고 다른 한편으로는 미러들(M2a 및 M2b)이 하나의 또한 동일한 미러의 일부분일 수 있다. 그러나, 이것은 필수적인 것은 아니다. 미러들(M1a,M1b,M2a,M2b)은 동일하게 모두 서로 공간적으로 분리되어 배치될 수 있다.

[0055] 미러들(M1a/b 및 M2a/b)의 뒤에는, 투영 광학 시스템(8)은 또한 개구 그룹(22)에 속하는 4 개의 다른 미러들(M3,M4,M5 및 M6)를 구비한다.

[0056] 도 3은 미러들(M1 내지 M6)의 반사면들만을 도시한다. 미러들(M1 내지 M6)의 반사면들은 전체적으로 볼 때 광축(19)에 대해 회전 대칭인 표면의 각 경우에 있어서의 적어도 일 부분들이다. 미러들(M1,M4,M5 및 M6)은 오목 미러들로 형성된다. 미러들(M2 및 M3)은 볼록 거울들로 형성된다.

[0057] 도 3의 투영 광학 시스템(8)에 대한 광학 데이터들은 다음의 두 개의 표들을 사용하여 보여진다.

[0058] 세로단 "반경"에서, 첫 번째 표는 미러들(M1 내지 M6)의 곡률(c)의 각각의 경우의 역수를 나타낸다. 세번째 세로단(두께)은 물체면(6)으로부터 각각의 경우의, 그 다음의 면까지의 거리를 설명한다.

[0059] 두 번째 표는 미러들(M1 내지 M6)의 반사면의 정확한 표면 형태를 설명하고, 여기서 상수 K 및 A 및 G는 시상 높이(sagittal height)를 위한 다음의 식에 대입된다.

$$z(h) = \frac{ch^2}{1 + \text{SQRT}\{1 - (1+K)c^2h^2\}} + Ah^4 + Bh^6 + Ch^8 + Dh^{10} + Eh^{12} + Fh^{14} + Gh^{16}$$

[0061] 이러한 경우, h는 광축(19)으로부터의 거리를 나타낸다. 따라서:  $h^2 = x^2 + y^2$  이다. "반경"의 역수는 c로 사용된다.

표면	반경	두께	구동 모드
물체면	무한	683.665	
M1	-694.834	-271.324	REFL
M2	-411.527	1372.036	REFL
M3	346.281	-1100.613	REFL
M4	1469.502	2005.780	REFL
M5	-722.731	-41.563	REFL
정지	무한	-272.149	
M6	544.465	370.467	REFL
이미지면	무한	0.000	

[0062]

표면	K	A	B	C
M1	7.396949	-8.591818E-11	2.958631E-15	-1.515085E-19
M2	-4.696303E-01	-1.639186E-09	-1.894486E-14	-4.136066E-18
M3	-5.224549E-01	-2.010111E-09	-1.293006E-14	-2.918315E-20
M4	-3.021297E-02	9.250522E-14	5.057734E-20	4.887335E-28
M5	-3.126684E+00	2.153833E-09	1.799694E-14	-1.892202E-20
M6	6.984230E-01	-1.682769E-10	-1.422157E-15	1.234832E-20
표면	D	E	F	G
M1	4.091038E-24	-5.790509E-29	3.296826E-34	8.178384E-41
M2	1.255234E-21	-1.379809E-25	5.435466E-30	-4.566966E-36
M3	1.475407E-23	-5.835055E-28	1.288505E-32	-3.671165E-37
M4	4.320243E-35	4.670696E-39	-4.109431E-45	2.963010E-51
M5	-6.296522E-25	2.964336E-29	6.191151E-34	-1.998284E-38
M6	-1.683381E-25	8.658821E-31	-3.676860E-36	-5.905802E-41

[0063]

[0064]

두 개의 필드 그룹들(20,21)의 미러들(M1a/b 및 M2a/b)은 링 세그먼트 형상이며 광축(19)에 대하여 축에서 벗어난 형상으로 사용된다. 미러들(M1 및 M2)의 고용된 광학 반사면은 따라서 광축으로부터 일정 거리에 놓인다.

[0065]

미러(M3)의 고용된 광학 반사면은 거의 광축(19)의 중심에 있다.

[0066]

동공면(23)은 미러(M3) 상의 개별적인 광선(25)들의 반사 영역 내의 투영 광학 시스템(8)의 결상 광경로에 놓인다. 미러들(M4 및 M5) 사이의 결상 광경로에서는, 공간적으로 미러들(M6 및 M5) 사이에, 투영 광학 시스템(8)의 중간 이미지면(26)이 놓인다.

[0067]

미러들(M2a/b 및 M3) 사이에서, 개별적인 광선(25)들은 미러(M4) 내의 통과-개구(27)를 통해 통과한다. 미러(M4)는 통과-개구(27)의 둘레에서 사용된다. 따라서, 미러(M4)는 차폐된 미러이다. 미러(M4)는 물론, 미러들(M5 및 M6)는 또한 차폐되고, 둘 다 마찬가지로 통과-개구(27)를 구비한다.

[0068]

미러(M3), 즉 이미지 필드들(9 및 10) 앞의 광경로 내에 마지막 네 번째 미러는 차폐되지 않는다. 미러(M3)의 광학적으로 유효한 반사면의 외부 엣지(28)는, 미러(5) 상의 반사 영역 내의 결상 광경로 내의 사출 동공면에서 투영 광학 시스템(8), 즉 결상 광학 시스템의 중앙 음영부(central shadowing)를 제공한다. 따라서, 미러(M3)는 투영 광학 시스템(8)의 동공 차폐를 한정한다. 따라서, 미러(M3)는 미러들(M4 및 M5) 사이의 광경로를 차폐한다.

[0069]

네 번째 마지막 미러(M3)와 마지막 미러(M6) 사이의 거리는 도 3의 투영 광학 시스템(8)의 실시예에서 이미지면(11)으로부터 물체면(6)의 거리의 약 22%에 상당한다.

[0070]

도 3의 투영 광학 시스템(8)은 이미지 측 상에서 0.55의 개구수를 갖는다. 도 3의 투영 광학 시스템(8)은 1.4nm

의 최대 제곱 평균(rms) 파면수차를 갖는다. 최대 왜곡(distortion)은 1.4nm 이다. 동공 차폐는 16.8% 이다.

- [0071] 지금껏 분리된 미러들(M1a/b, M2a/b) 상에 안내되어온, 두 개의 결상 광경로의 광선들(15,16)은 개구 그룹(22) 내에서, 즉 미러들(M3 내지 M6) 상에서 오버랩한다.
- [0072] 도 3의 투영 광학 시스템(8)에서는, 두 개의 물체 필드들(4,5) 사이의 거리 A(또한 도 9 및 10을 참조)는 164mm 이다.
- [0073] 투영 광학 시스템(8)은 다음과 같은 방식의 미세구조 요소의 제조에 있어서 투영 노광 장치(1)에 사용될 수 있다. 처음에, 레티클(12) 및 웨이퍼(13)가 처리된다. 그 다음에, 물체 필드(4)들 내에서 배치되는 레티클(12) 상의 구조는 제 1 이미지 필드(9) 내의 웨이퍼(13)의 감광층 상에 투영된다. 그러면 노광된 감광층은 이미지 필드(9)로부터 제 2 이미지 필드(10)로, 기관 지지 부재(14)를 이용한 웨이퍼(13)의 이동에 의해 양의 y 축 방향으로 이동된다. 그 다음에, 제 2 물체 필드(5)내에 배치되는, 레티클(12) 상의 구조가 제 2 이미지 필드(10)내의 웨이퍼(13)의 앞서 노광된 감광층으로 투영된다. 이러한 방식으로, 웨이퍼 상에 미세구조가 제조된다. 기본적인 방법에 관한 한, 여기서 보여지는 광학 요소들의 사용이 아닌, 이 방법은 "이중 노광"으로 알려져 있고, 종래의 "단일 노광" 방법에서 가능한 것과 비교하여 더 작은 구조들을 미세구조화 할 수 있다. 투영 노광 장치(1)에 사용될 수 있는 이중 노광 방법은, 예를 들어 2007년 2월의 SPIE Advanced Lithography Symposium에서 발표된 논문인 A.Poonawala, Y.Borodovsky 및 P.Milanfar 저, "ILT for Double Exposure lithography with Conventional and Novel Materials" 에서 개시되고 있다. 이 논문에서는, 위에서 설명될, 웨이퍼의 표면 형태를 수용하기 위한 제 2 필드 영역의 사용이 또한 설명되어 있다. 나아가, 투영 노광 장치(1)의 개시된 변형예들에 사용될 수 있는 웨이퍼 모니터링 방법들은 US 2007/0080281 A1 및 US 5,268,744 에서 설명된다.
- [0074] 투영 노광 장치(1) 내의 투영 광학 시스템(8)의 대안적으로 또는 추가적으로 가능한 응용들에서는, 레티클(12) 및 웨이퍼(13)의 처리단계 이후에, 제 1 이미지 필드(9) 내의 웨이퍼(13)의 감광층은, 제 1 물체 필드(4) 및 필드 그룹(20)을 통해 제 1 이미지 필드(9)로 연결되는, 제 1 광과장의 처리광(preparation light)에 처음으로 노광된다. 그 다음에, 이러한 방식으로 처리된 감광층은 제 1 이미지 필드(9)로부터 제 2 이미지 필드(10)로, 상기에서 앞서 설명한 바와 같이 이동된다. 그 다음에, 제 2 물체 필드(5) 내에 배치되는, 레티클(12) 상의 구조는 제 2 이미지 필드(10) 내의 웨이퍼(13)의 처리된 감광층으로 투영된다. 이러한 방식에서, 미세구조는 웨이퍼(13) 상에 제조된다. 상기 방법의 변형예에서, 레티클(12)은 제 1 물체 필드(4)를 가리지 않는다. 대안으로는, 감광층을 물체 필드(5)의 위치에서 처리광으로 처리한 후에야 레티클(12)을 처리하는 것이 가능하다.
- [0075] 처리광의 조사는, 예를 들어 조명광(3)의 차후의 조사 과정에서 웨이퍼(13) 상의 감광층의 감도를 더 높이도록 사용될 수 있다.
- [0076] 투영 노광 장치(1) 내의 투영 광학 시스템(8)의 대안으로 또는 추가적으로 가능한 응용에서, 한편으로는 처리광으로 또 다른 한편으로는 조명광으로 웨이퍼(13)를 순차적으로 노광하는 것은 위에서 설명된 방법과 비교하여 반대가 된다. 제 1 이미지 필드(9)에서, 웨이퍼(13) 상의 감광층은 처음으로, 조명광(3)에 노광된다. 앞서 노광된 웨이퍼(13) 상의 감광층의 제 2 이미지 필드(10)로의 이동 후에, 앞서 노광된 감광층은 제 2 이미지 필드(10)에서 처리광에 조사된다.
- [0077] 투영 노광 장치(1) 내의 투영 광학 시스템(8)의 다른 응용에서, 투영 광학 시스템(8)은 도 2에서 파선들로 도시되는 추가적인 요소들을 갖는다. 이것은, 예를 들어 CCD 카메라일 수 있는 광학 감지 수단(30)을 포함한다. 광학 감지 수단(30)은 그것의 감광면이 필드 그룹(21)의 물체 필드(5)를 감싸는 방식으로 배치된다. 따라서, 광학 감지 수단(30)은 이미지 필드(10)와 물체 필드(5) 사이의 결상 광선들을 감싼다. 광학 감지 수단(30)은 신호선(31)을 통해 투영 노광 장치(1)의 중앙 제어 수단(32)에 신호 연결되어 있다.
- [0078] 나아가, 이러한 다른 응용에서, 투영 광학 시스템(8)은 투영 노광 장치(1)내에, 필드 그룹의(20)의, 즉 광학 감지 수단(30)과 직접적으로 연관되지 않는 필드 그룹의 결상 특성들을 보정하기 위한 보정 수단(33)을 갖는다. 그리고, 보정 수단(33)은 신호선(34)을 통해 제어 수단(32)에 신호 연결된다.
- [0079] 보정 수단(33)은 예를 들어, 적어도 하나의 액츄에이터(도시되지 않음)를 이용하여 이동가능한 미러이거나, 조정가능한 정지 수단, 또는 필터 소자일 수 있다.
- [0080] 요소들(30 내지 34)이 사용되는 투영 노광 장치(1) 내의 투영 광학 시스템(8)의 응용예에서는, 레티클(12)은, 두 개의 이미지 필드들(9 내지 10)의 영역 내의 물체 필드(4) 및 웨이퍼(13)의 영역 내에서 처리된다. 그 다음으로, 광학 감지 수단(30)을 이용하여 이미지 필드(10) 내의 웨이퍼의 표면 형태가 측정된다. 측정된 표면 형태 및 광학 감지 수단(30)으로부터 제어 수단(32)으로 전달되는 상응하는 표면 형태 데이터를 이용하여, 제어 수단

(32)은 보정값을 계산한다. 그 다음으로, 투영 광학 시스템(8)의 결상 특성들은, 계산된 보정값에 기초하여 보정 수단(33)을 작동시키는 것에 의해 보정된다. 마지막으로, 레티클(12) 상의, 물체 필드(4) 내에서 배치되는 구조는 보정된 투영 광학 시스템(8)에 의해, 이미지 필드(9) 내의 웨이퍼(13)의 감광층으로 투영된다.

[0081] 추가적인 요소들(30 내지 32), 즉 광학 감지 수단(30), 제어 수단(32) 및 연관된 신호선(31)을 갖는 투영 광학 시스템(8)의 대안적으로, 또는 추가적으로 가능한 응용에서는, 레티클은 다시 이미지 필드들(9 및 10) 내의 웨이퍼 및 물체 필드(4)에서 처리된다. 그 다음으로, 레티클(12) 상의, 제 1 물체 필드(4) 내에 배치되는 구조는, 투영 광학 시스템(8)에 의해 이미지 필드(9) 내의 웨이퍼(13)의 감광층으로 투영된다. 그 다음으로, 웨이퍼(13)는, 이미지 필드 내에서 처음 놓인 부분이 이미지 필드(10)로 전달되는 방식으로 이동된다. 그 다음으로, 투영 광학 시스템(8)의 이미지 필드(10) 내의 웨이퍼의, 앞서 언급한 투영에 의해 영향을 받는 표면 형태는 물체 필드(5)에 배치되는 광학 감지 수단(30)을 이용하여 측정된다. 이러한 방식으로, 투영 단계의 결과는 즉각적인 점검을 받게 된다.

[0082] 도 4는 투영 노광 장치(1)에서의 사용을 위한 투영 광학 시스템(8)의 다른 실시예를 도시한다. 도 1 내지 도 3을 참조하여 앞서 설명된 것들에 대응하는 요소들은 동일한 참조번호를 갖고, 다시 자세하게 설명되지 않을 것이다. 도 4의 투영 광학 시스템의 응용들은 또한, 아래에서 명시되는 것이 아니라면, 상기 앞서 설명되었던 부분에 상응한다.

[0083] 제 1 필드 그룹(20)은 도 4의 실시예에서는 총 네 개의 미러들(M1a, M2a, M3a 및 M4a)를 구비한다. 제 2 필드 그룹(21)은 광축(19)에 대해 회전 대칭인 도 3의 실시예의 미러들(M1 및 M2)과 비교하여, 광축(19)에 대해 회전 대칭인 반사면의 부분들 상에 놓이고, 또한 그것으로부터 각각 공간적으로 분리된 부분에 놓이는 미러들(M1a, M2a, M3a 및 M4a) 위에 놓이는 미러들(M1b, M2b, M3b 및 M4b)을 구비한다. 미러들(M1a 및 M1b), 미러들(M2a 및 M2b), 미러들(M3a 및 M3b) 및 미러들(M4a 및 M4b)의 반사 표면들은 따라서, 공통적인 광축(19)에 대해 회전 대칭으로 배치되는 동일한 면상에서 짝을 지어 놓인다. 이러한 경우, 미러들(M4a 및 M4b) 사이의 분리는 미러들(M1 내지 M3)의 분리와 비교하여 상대적으로 작다.

[0084] 개구 그룹(22)은 결상 광경로에서, 도 4의 투영 광학 시스템(8)의, 다음의 미러들(M5 내지 M8)을 구비한다.

[0085] 한편으로는 미러들(M3a 및 M3b)이 다른 한편으로는 미러(M6)가 그것의 반사면들이 등을 마주하도록 배치된다. 그와 동일한 것이 한편으로는 미러들(M1a 및 M1b)에 다른 한편으로는 미러들(M4a 및 M4b)에 적용된다.

[0086] 동공면(23)은 미러(M5)상의 개별적인 광선들(25)이 반사되는 지점의 바로 뒤에 미러들(M5 및 M6) 사이의 광경로 내에서 위치한다. 중간 이미지면(26)은 미러들(M6 및 M7) 사이의 광경로 내에 놓인다. 이 면은 공간적으로는, 마찬가지로 그것의 반사 면들이 서로 등을 마주하도록 사용되는 미러들(M5 내지 M8) 사이에 놓인다. 도 4의 실시예에서는, 사출 동공면(29)은 미러(M7) 상의 개별적인 광선들(25)의 반사 영역 내에 있다.

[0087] 도 4의 투영 광학 시스템(8)은 0.6nm의 제곱 평균값(rms) 최대 파면 수차, 1nm 미만인 왜곡, 6%의 동공 차폐를 갖는다.

[0088] 미러들(M1, M4 및 M5)은 볼록하다. 미러들(M2, M3, M6, M7 및 M8)은 오목하다. 미러들(M5 내지 M8)은 각각 중앙 통과-개구(27)을 구비하고 따라서 차폐된다.

[0089] 도 4의 투영 렌즈 시스템(8)은 또한 8의 축척을 갖는다. 도 4의 투영 렌즈 시스템(8)의 이미지 측 개구수는 0.60이다.

[0090] 도 4의 투영 광학 시스템(8)을 위한 광학 데이터는 도 3을 위한 표들의 배치의 면에서 대응되는 다음의 두 개의 표들을 이용하여 나타난다.

표면	반경	두께	구동 모드
물체면	무한	182.885	
M1	312.514	-135.045	REFL
M2	461.057	514.193	REFL
M3	-989.211	-295.490	REFL
M4	-210.779	875.015	REFL
M5	760.298	-545.015	REFL
M6	698.490	798.704	REFL
M7	-576.011	-19.744	REFL
정지	무한	-173.945	
M8	347.848	224.078	REFL
이미지면	무한	0.000	

[0091]

표면	K	A	B	C
M 1	0.000000E+00	2.054833E-08	-4.009641E-13	7.171735E-17
M 2	0.000000E+00	3.334553E-10	-7.634038E-15	1.024823E-19
M 3	0.000000E+00	-5.191038E-10	-4.805715E-16	1.117253E-19
M 4	0.000000E+00	-8.530524E-08	-7.872800E-12	-8.643400E-16
M 5	0.000000E+00	-9.493122E-10	-4.519746E-14	2.842871E-19
M 6	0.000000E+00	1.067524E-10	3.344389E-16	8.381905E-22
M 7	0.000000E+00	3.431647E-10	-3.006760E-15	1.681919E-19
M 8	0.000000E+00	-5.212207E-09	-4.936095E-14	3.981107E-19
표면	D	E	F	G
M 1	-2.913353E-21	1.088107E-25	0.000000E+00	0.000000E+00
M 2	-9.460244E-25	3.872599E-30	0.000000E+00	0.000000E+00
M 3	-1.418804E-24	9.313360E-30	0.000000E+00	0.000000E+00
M 4	-1.810090E-20	-3.582650E-23	0.000000E+00	0.000000E+00
M 5	-9.298310E-24	-1.362975E-28	0.000000E+00	0.000000E+00
M 6	2.378219E-27	2.644241E-33	3.062582E-38	0.000000E+00
M 7	-1.186133E-24	2.512989E-29	0.000000E+00	0.000000E+00
M 8	3.278180E-24	-3.575793E-29	0.000000E+00	0.000000E+00

[0092]

[0093]

도 4의 투영 광학 시스템(8)에서는, 두 개의 물체 필드들(4,5) 사이의 거리 A(또한 도 9 및 도 10을 참조)는 88.308mm 이다.

[0094]

투영 광학 시스템(8)의 다른 실시예는 도 5를 이용하여 다음에서 개시된다. 도 1 내지 도 4를 참조로 하여 앞서 설명된 것들에 대응되는 요소들은 동일한 참조 번호들을 갖고, 다시 상세하게 설명되지 않을 것이다. 도 5의 투영 광학 시스템의 응용들은 또한, 아래에서 명시되지 않는 한, 상기에서 먼저 설명된 것들과 대응된다.

[0095]

물체 필드들(4,5)로부터 진행하는 도 5의 투영 광학 시스템(8)은 첫 째로, 한쪽으로는 미러들(M1a,M2a), 다른 한쪽으로는 미러들(M1b,M2b)를 갖는 두 개의 필드 그룹들(20,21)을 갖고, 이는 도 3의 실시예의 필드 그룹들(20,21)의 구조와 유사하다.

[0096]

도 5의 실시예는, 두 개의 필드 그룹들(20,21)의 뒤에 배치되고 각각 한쪽으로는 네 개의 미러들(M3a,M4a,M5a,M6a)를 다른 한쪽에서는 미러들(M3b,M4b,M5b,M6b)를 구비하는 두 개의 다른 필드 그룹들(35,36)을 갖는다. 이러한 경우, 필드 그룹(35)은 물체 필드로부터 진행하는 개별적인 광선들(25)의 광경로 내에서, 필드 그룹(20)의 뒤에 배치된다. 필드 그룹(36)은 물체 필드(5)로부터 진행하는 개별적인 광선들(25)의 광경로 내에서, 필드 그룹(21)의 뒤에 배치된다. 도 5에서는, 필드 그룹(35)은 광축(19)의 위에 놓이고, 필드 그룹(36)은 광축(19)의 아래에 배치된다. 그래서, 필드 그룹들(20,21,35,36)의 미러들(M1 내지 M6)은 각각, 축의 외부에 있

고, 그것의 반사면이 공통적인 광축(19)에 대해 회전 대칭인 공통면 상에 놓인 두 개의 미러들(a/b)을 구비한다.

- [0097] 도 5의 투영 광학 시스템(8)의 제 1 동공면(37)은 한편으로는 필드 그룹들(20 및 35) 사이에, 다른 한편으로는 필드 그룹들(21 및 36) 사이에 놓인다. 제 1 동공면(37) 뒤에는, 두 개의 물체 필드들(4,5)과 연관된 개별적인 광선들의 빔들은, 필드 그룹들(35,36)의 하기의 제 1 미러들(M3a/b)이 또한 서로 공간적으로 분리되는 방식으로 다시 완전하게 분리한다.
- [0098] 한쪽으로는 미러들(M1a 및 M1b)이 다른 한쪽으로는 미러들(M4a 및 M4b)이 그것의 반사면들이 서로 등을 마주하도록 놓인다. 그와 동일한 것들이 한편으로는 미러들(M3a 및 M3b)에 다른 한편으로는 미러들(M6a 및 M6b)에 적용된다.
- [0099] 미러들(M1,M4,M5,M8,M9 및 M10)은 오목하다. 미러들(M2,M3,M6 및M7)은 볼록하다.
- [0100] 미러들(M7 내지 M10)은 도 5의 투영 광학 시스템의 개구 그룹(22)에 속한다. 미러들(M7 내지 M10)은 각각 중앙 통과-개구(27)를 구비하고 따라서 차폐된다.
- [0101] 한편으로는 미러들(M5a 및 M6a) 사이에서의, 다른 한편으로는 미러들(M5b 및 M6b) 사이에서의 광경로에서, 투영 광학 시스템(8)의 제 1 중간 이미지면(38)이 놓인다. 미러(M7) 상의 개별적인 광선들(25)이 반사되는 근방에, 도 4의 실시예의 동공면(23)과 거의 대응하는 다른 동공면(39)이 놓인다. 미러들(M8 및 M9) 사이의 광경로에, 도 5의 투영 광학 시스템(8)의 다른 중간 이미지면(40)이 놓인다. 이 다른 중간 이미지면(40)은 공간적으로는 미러들(M7 및 M10) 사이에 놓인다.
- [0102] 한편으로는 미러들(M5a 및 M5b)이, 다른 한편으로는 미러(M8)가 그것의 반사면이 서로 등을 대고 마주하도록 배치된다. 미러(M7)와 미러(M10)는 그것의 반사면들이 서로 등을 대고 마주하도록 배치된다.
- [0103] 사출 동공면(29)은 미러(M9) 상에 개별적인 광선들(25)이 반사되는 근방에 배치된다.
- [0104] 도 5의 투영 광학 시스템(8)은 8x의 축척을 갖고, 0.80의 개구수를 갖는다. 파면 수차의 제곱 평균값(rms)은 2nm이다. 왜곡은 최대 1.5nm 이고 동공 차폐는 9%이다.
- [0105] 도 5의 투영 광학 시스템(8)에 대한 광학 데이터는 도 3에 대한 표들의 배치에 대응하는 다음의 두 개의 표들을 이용하여 나타난다.

표면	반경	두께	구동 모드
물체면	무한	231.437	
M1	-288.093	-103.544	REFL
M2	-377.155	292.180	REFL
M3	448.302	-138.636	REFL
M4	454.8	523.231	REFL
M5	-589.203	-216.254	REFL
M6	-145.829	1018.283	REFL
M7	2703.619	-649.781	REFL
M8	912.571	920.886	REFL
M9	-812.217	-31.279	REFL
정지	무한	-179.826	
M10	359.686	256.105	REFL
이미지면	무한	0.000	

[0106]

표면	K	A	B	C
M1	0.000000E+00	-2.770331E-09	-1.945643E-13	1.458478E-17
M2	0.000000E+00	-5.212535E-09	1.710190E-12	-8.085597E-16
M3	0.000000E+00	-3.752077E-08	5.246057E-14	-6.894048E-17
M4	0.000000E+00	-2.462750E-09	-3.344608E-14	-1.092346E-19
M5	0.000000E+00	-5.521295E-10	-4.038243E-14	6.719521E-19
M6	0.000000E+00	-3.262600E-07	-1.087971E-10	-1.914029E-14
M7	0.000000E+00	4.368648E-10	-1.436480E-15	-9.017326E-21
M8	0.000000E+00	4.738372E-11	6.475997E-17	8.529830E-23
M9	0.000000E+00	1.300125E-09	-3.133782E-15	2.232463E-19
M10	0.000000E+00	-1.582356E-09	-1.336421E-14	-2.713010E-20

[0107]

표면	D	E	F	G
M1	-1.046226E-21	5.585585E-26	-2.261643E-30	4.656384E-35
M2	5.785045E-19	-1.744933E-22	3.203600E-26	-2.339477E-30
M3	1.505618E-20	-1.372039E-24	6.258658E-29	-1.139523E-33
M4	-1.945640E-23	1.214453E-28	3.518208E-33	-1.581797E-37
M5	-1.134436E-23	2.244576E-28	-2.347477E-33	1.853695E-39
M6	8.830341E-18	-1.561330E-20	6.912490E-24	-8.162979E-27
M7	8.083936E-26	-5.639881E-30	3.439245E-35	-4.819066E-40
M8	1.142674E-28	4.929596E-35	2.814036E-40	5.135289E-46
M9	-3.720192E-24	5.185605E-29	-4.428414E-34	1.816673E-39
M10	4.748659E-25	-1.040642E-29	5.109331E-35	-4.742038E-41

[0108]

[0109]

도 5의 투영 광학 시스템(8)에서는, 두 개의 물체 필드들(4,5) 사이의 거리 A(또한 도 9 및 도 10 참조)는 104mm이다.

[0110]

도 6은 투영 광학 시스템(8)의 다른 실시예를 도 2의 것과 유사한 관점으로 도시한다. 도 1 내지 도 5를 참조로 앞서 설명한 것과 대응되는 요소들은 동일한 참조 번호를 갖고, 다시 상세하게 설명되지 않을 것이다. 동일한 것이 도 6의 투영 광학 시스템(8)의 응용들에서도 적용된다.

[0111]

도 6의 실시예에서는, 두 개의 물체 필드들(4,5)과 두 개의 이미지 필드들(9,10)은 공간적으로 서로 분리된다. 물체 필드 측 상의 두 개의 필드 그룹들(20,21)의 배치는 도 2의 배치와 대응된다. 도 6의 투영 광학 시스템(8)은 제 1 동공면(23)과 다른 동공면(42) 사이에서, 제 3 요소 그룹으로서 개구 그룹(41)을 갖는다. 두 개의 다른 필드 그룹들(43,44)은 각 경우들에서 다른 동공면(42)과 두 개의 이미지 필드들(9,10) 사이에 위치한다. 도 6의 투영 광학 시스템(8)의 개략도에서는, 따라서, 요소 그룹들(20,21,41,43,44)의 배치는 개구 그룹(41)의 중심으로 가로지르는 xy 평면에 대해 반사적으로 대칭이다.

[0112]

도 6에서 파선으로 도시되는 바와 같이, 필드 그룹(44)은 필드 그룹(44)의 이미지면(11a)이 이미지 필드(9)의 이미지면(11)으로부터  $\Delta F$  만큼 떨어져 있도록 구성될 수 있다. 도 6의 실시예에서는, 이미지 필드(10a)의 이미지면(11a)이 이미지 필드(9)의 이미지면(11)에 대해 양의 z 축 방향으로 이동된다.  $\Delta F$ 의 이동은 예를 들어, 단지 수 마이크로미터일 수 있다. 따라서, 위에서 설명한 것과 같은 이중 노광 방법의 범위 내에서, 웨이퍼(13) 상의 감광층 내의 상이한 깊이들에서 상(image)들을 만드는 것이 가능하다. 이러한 방식에서, 물체 필드들(4 및 5)에서 적절하게 선택된 레티클 구조들을 이용하여 웨이퍼(13)에 3 차원 구조를 만들어내는 것이 가능하다.

[0113]

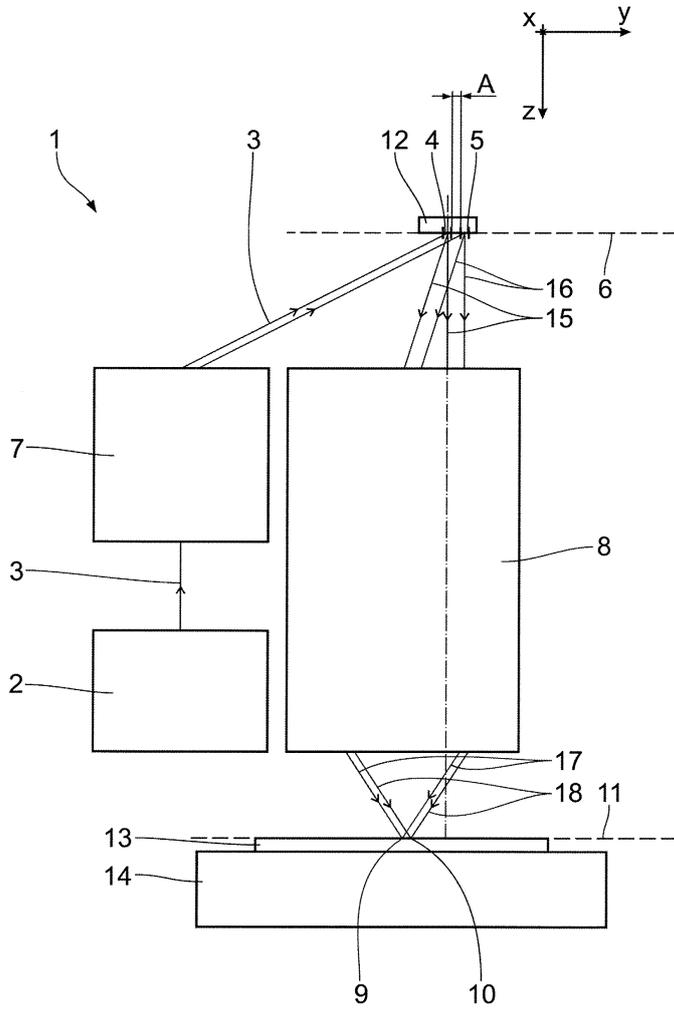
도 7은 도 2의 것과 유사한 관점에서, 투영 광학 시스템(8)의 다른 실시예를 도시한다. 도 1 내지 도 6을 참조하여 앞에서 설명된 것에 대응하는 요소들은 동일한 참조번호를 갖고 다시 상세하게 설명되지 않는다. 동일한

것은 도 7의 투영 광학 시스템(8)의 응용들에 대해서 적용된다.

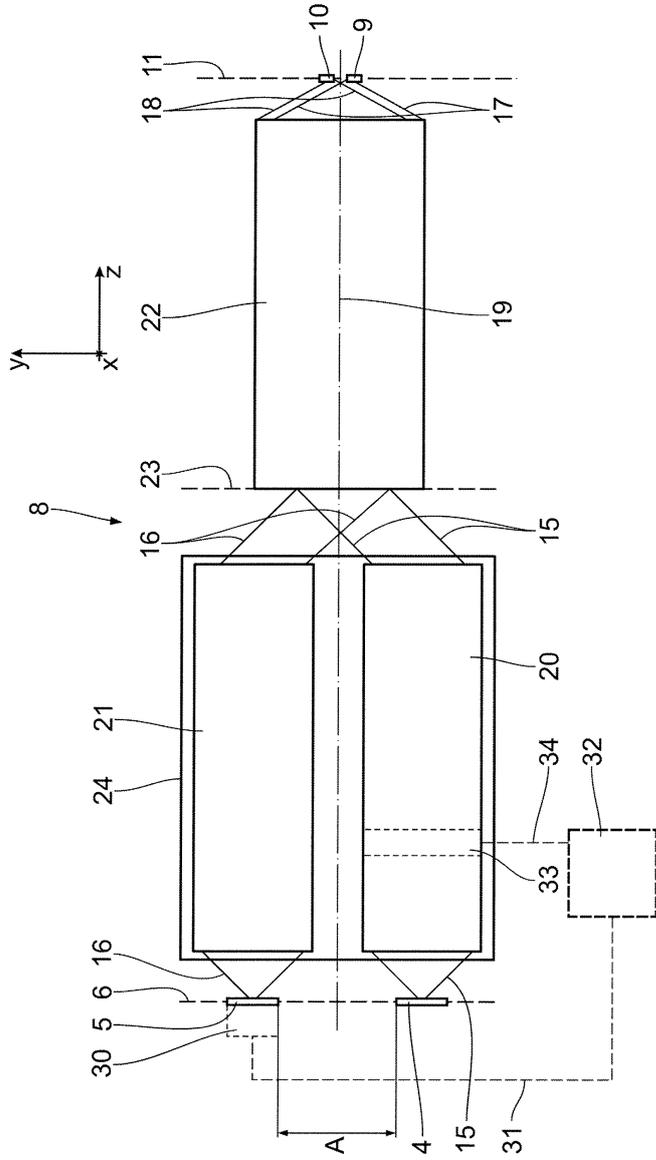
- [0114] 도 7의 투영 광학 시스템(8)에서는, 물체 필드들(4 및 5)과 필드 그룹들(20,21) 사이에서, 광선들(15,16)이 함께 안내되는 개구 그룹(45)이 처음으로 놓인다. 광선들(15,16)은 제 1 동공면(46)의 뒤에서야 분리되어, 필드 그룹(20,21)으로 들어간다.
- [0115] 예를 들어, 필드 그룹(21)은 결과적으로, 도 2의 투영 광학 시스템(8)에 관하여 이미 설명되었던 것과 거의 동일한 기능의 광학 보정 수단(33)을 포함할 수 있다.
- [0116] 도 8은 도 2의 것과 유사한 관점에서, 투영 광학 시스템(8)의 다른 실시예를 도시한다. 도 1 내지 도 7을 참조하여 앞서 설명하였던 것에 대응되는 요소들은 동일한 참조번호를 갖고 다시 상세하게 설명되지는 않는다. 동일한 것은 도 8의 투영 광학 시스템(8)의 응용에 대해 적용한다.
- [0117] 도 8의 실시예에서는, 두 개의 필드 그룹들(20,21)은 그것의 물체면(6a,6b)이 서로 평행하게 연장하고 서로 일정한 거리에 있는 물체 필드들(4a, 5a)에 속한다. 필드그룹(20)은, 그것의 광학적인 구조의 면에서, 필드 그룹(21)의 파장과는 상이한 파장에 대해, 예를 들어, 처리광 또는 측정광을 위한 파장에 대해 구성된다. 이러한 경우에, 광선(15)은 조명광, 즉 광선(16)의 파장과는 상이한 파장을 가질 수 있는 처리광이다.
- [0118] 도 2의 것과 같은 방식으로 마찬가지로 구성되는 도 8의 투영 광학 시스템은 특히 측정된 표면 형태 데이터를 이용하여 결상 특성들을 보정하기 위한, 그리고 투영 노광 과정 후에 기관(13) 상에 그것에 의해 만들어지는 표면 형태를 점검하기 위한, 위에서 먼저 개시된 방법들에 대해서 적합하다.
- [0119] 일반적으로는, 필드 그룹들은 투영 광학 시스템(8)의 먼저 개시된 실시예들 중 하나의 개구 그룹들 보다 작은 개구를 갖는다.
- [0120] 도 9 및 도 10은 물체 필드들(4,5) 사이에서의 거리 A의 정의를 묘사하는 역할을 한다. 도 9는 따라서, 물체 필드들(4,5)이 링 필드들인 경우를 도시하며 도 10은 물체 필드들(4,5)이 사각형 필드들인 경우를 묘사한다.
- [0121] 링 필드들의 경우, 따라서 물체 필드(4,5)가 그중에서도 광축(19)과 면하는 내부 호에 의하여 한계가 정해지는 곳에서는, 거리 A는 물체 필드들(4,5) 내의 중앙 높이( $x=0$ )에서 두 개의 호(arc)들 상에 있는 두 개의 포인트들 사이의 거리로 정의된다. 두 개의 내부 호들이 광축(9)에 대하여 동심인 경우에는, 따라서 거리 A는 링 필드들을 한계짓는 내부 호들의 반경의 두 배로서 정의된다. 사각형의 물체 필드들(4,5)의 경우에는 거리 A는 물체 필드들(4,5)의 서로 면하고 있는 두 개의 종축 엣지 사이의 거리로서 정의된다.

도면

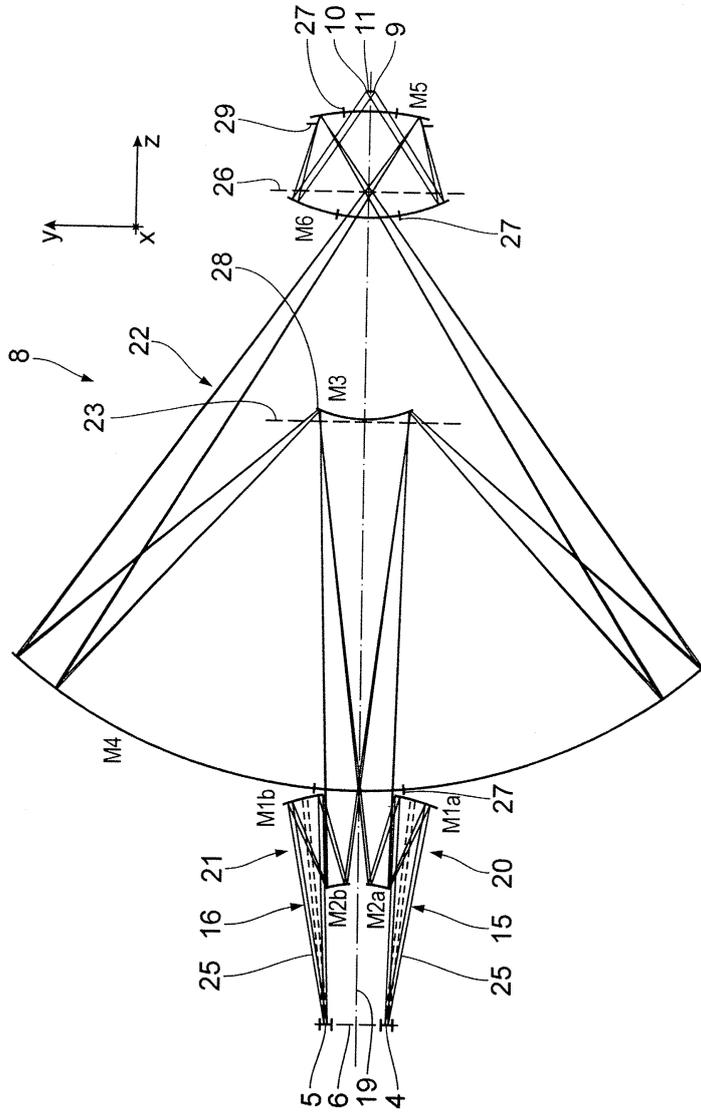
도면1



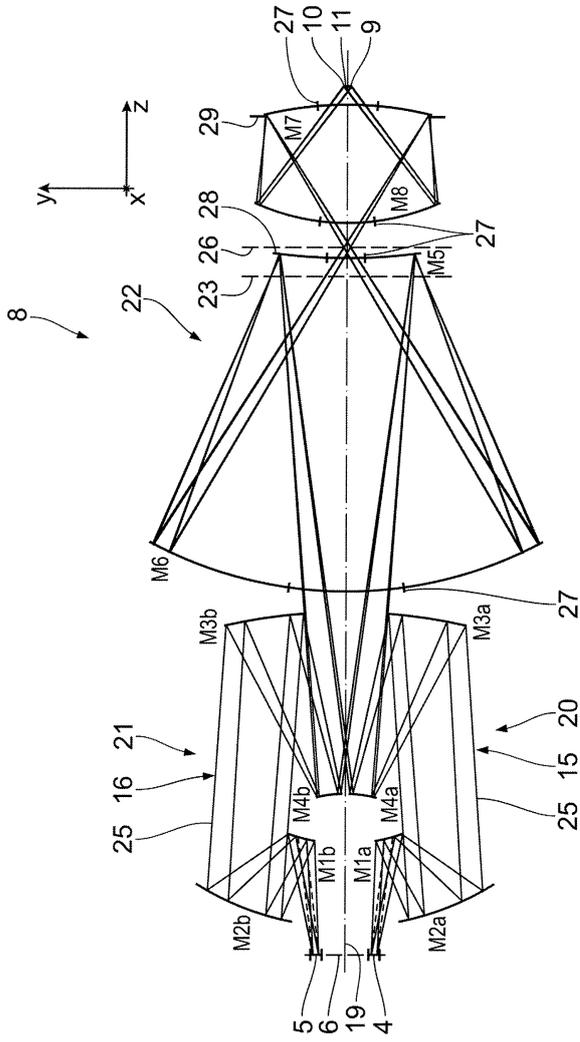
도면2



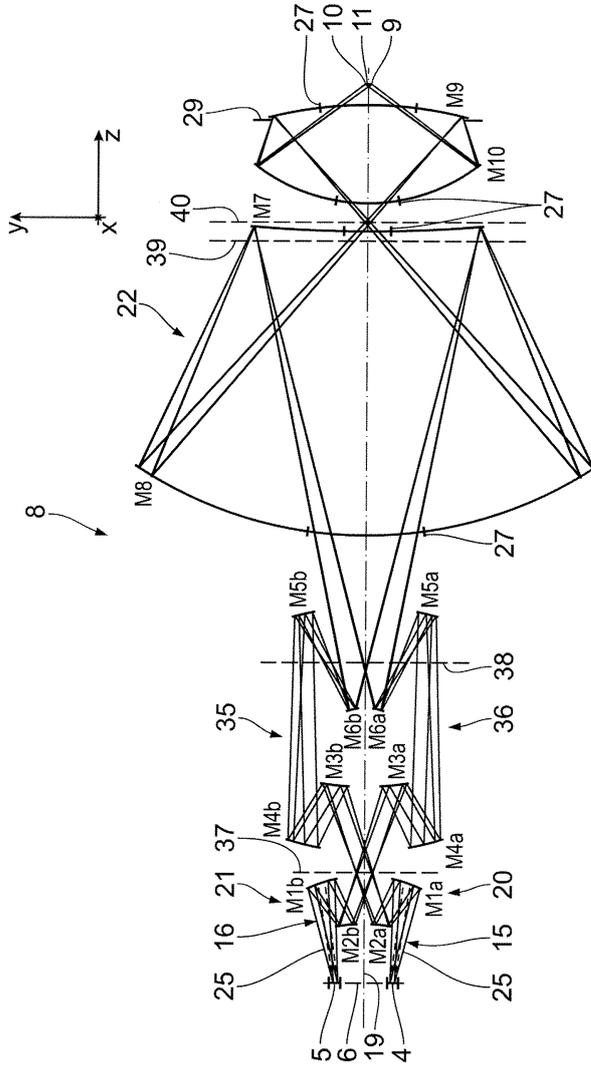
도면3



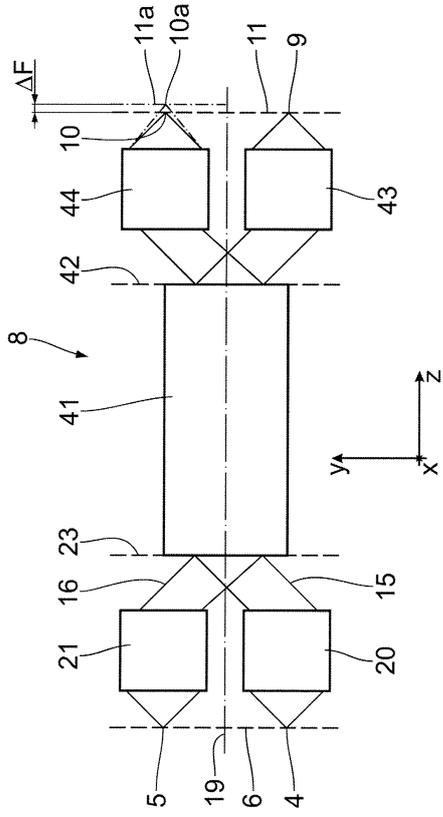
도면4



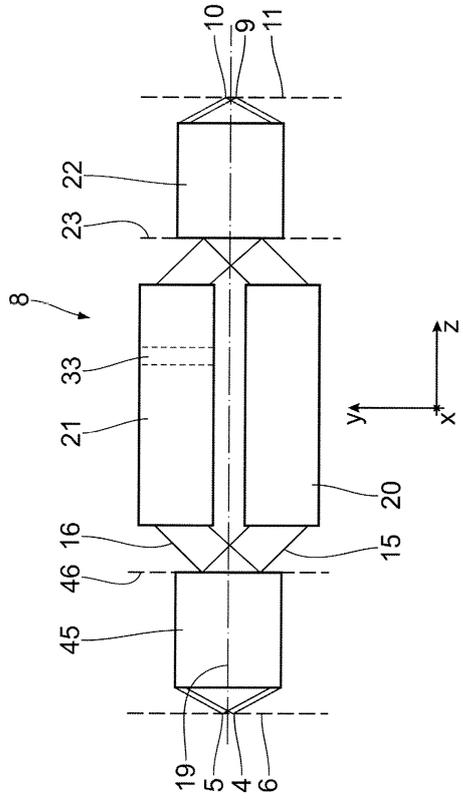
도면5



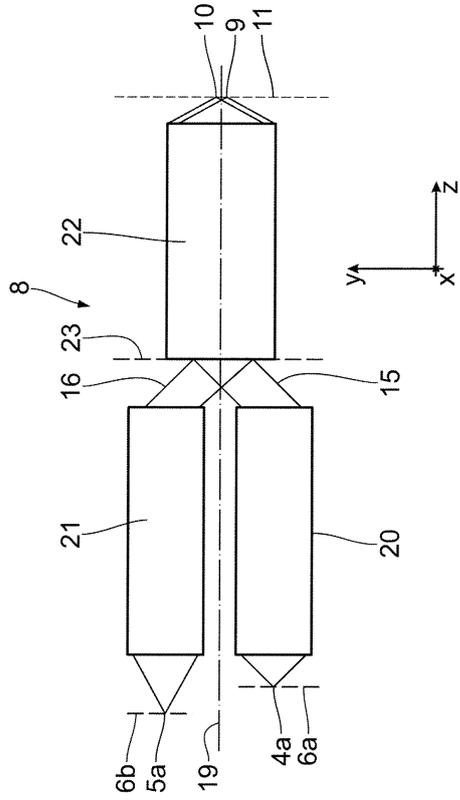
도면6



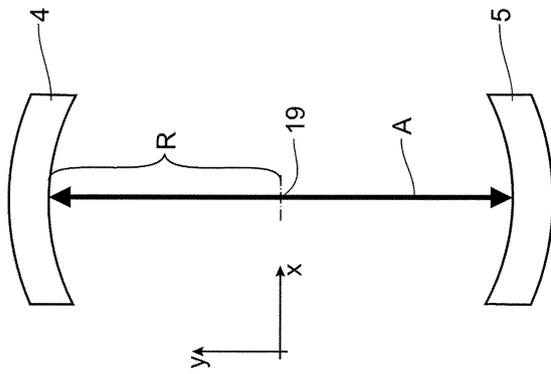
도면7



도면8



도면9



도면10

