(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2020년11월18일
(11) 등록번호 10-2179256
(24) 등록일자 2020년11월10일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
G03F 7/20 (2006.01) *G02B 26/08* (2006.01)
G02B 27/09 (2006.01)
(52) CPC특허분류
G03F 7/70075 (2013.01)
F21S 2/005 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2015-7023109
(22) 출원일자(국제) 2014년02월11일
심사청구일자 2019년02월11일
(85) 번역문제출일자 2015년08월25일
(65) 공개번호 10-2015-0121702
(43) 공개일자 2015년10월29일
(86) 국제출원번호 PCT/EP2014/052639
(87) 국제공개번호 WO 2014/128025
국제공개일자 2014년08월28일
(30) 우선권주장
10 2013 202 948.9 2013년02월22일 독일(DE)
61/767,986 2013년02월22일 미국(US)
(56) 선행기술조사문헌
US20120262688 A1*
JP2012178573 A*
US06392792 B1*
US20050275818 A1
*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자
칼 짜이스 에스엠티 게엠베하
독일 오버코헨 73447 루돌프-에버-슈트라쎄 2
(72) 발명자
루오프, 요하네스
독일, 73431 아알렌, 드로스테-휠쇼프-베그 35
생거, 잉고
독일, 89522 하이덴하임, 방겐뮐레 4
(뒷면에 계속)
(74) 대리인
한양특허법인

전체 청구항 수 : 총 12 항 심사관 : 정성용

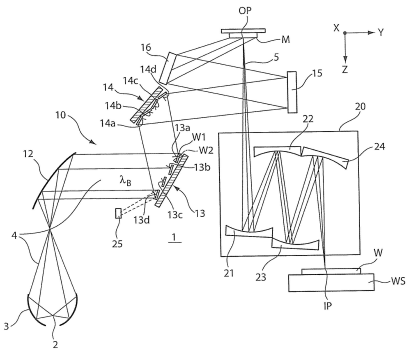
(54) 발명의 명칭 **EUV 리소그래피 장치용 조명 시스템 및 그 패싯 미러**

(57) 요 약

본 발명은 EUV 리소그래피 장치(1)용 조명 시스템(10)에 관한 것이며, 이것은, EUV 방사선(4)을 반사하는 패싯 소자(13a 내지 13d)를 갖는 제 1 패싯 미러(13) 및 상기 제 1 패싯 미러(13)에 의해 반사되는 EUV 방사선(4)을 조명 필드 상에 반사하기 위한 패싯 소자(14a 내지 14d)를 갖는 제 2 패싯 미러(14)를 포함한다. 상기 제 1 패

(뒷면에 계속)

대 표 도



싯 미러(13) 또는 상기 제 2 패싯 미러(14)의 패싯 소자(13a 내지 13d, 14a 및 14c; 14b 및 14d)의 적어도 하나는 상기 EUV 방사선(4)의 회절을 위한 회절 광학 소자로서 설계된다. 특히, 상기 제 2 패싯 미러(14)의 상기 패싯 소자(14a 및 14c; 14b 및 14d)의 적어도 하나는 상기 조명 필드의 일부분만을 조명하기 위한 회절 광학 소자(14a 및 14c; 14b 및 14d)로서 설계된다. 본 발명은 또한, 이러한 조명 시스템(10)을 포함하는 EUV 리소그래피 장치(1) 및 적어도 하나의 회절 패싯 소자(13a 내지 13d, 14a 내지 14d)를 포함하는 패싯 미러(13, 14)에 관한 것이다.

(52) CPC특허분류
G02B 26/0833 (2013.01)
G02B 27/0905 (2013.01)
G02B 27/0933 (2013.01)
G02B 27/0977 (2013.01)
G03F 7/70116 (2013.01)
G03F 7/70158 (2013.01)
G03F 7/702 (2013.01)

(72) 발명자
짐머만, 요르그
독일, 73434 아알렌, 바일러스트라쎄 75
크라머, 다니엘
독일, 73457 에싱겐, 비르넨베그 2
헨네르케스, 크리스토프
독일, 73460 휘틀링겐, 브뤼너 스트라쎄 4
슐레세너, 프랑크
독일연방공화국, 73447 오버코헨, 넬켄베그 2

명 세 서

청구범위

청구항 1

EUV 리소그래피 장치(1)용 조명 시스템(10)으로서,

EUV 방사선(4)을 반사하는 패싯 소자(13a 내지 13d)를 갖는 제 1 패싯 미러(13),

상기 제 1 패싯 미러(13)에 의해 반사되는 EUV 방사선(4)을 조명 필드(BF)상에 반사하기 위한 패싯 소자(14a 내지 14d)를 갖는 제 2 패싯 미러(14)를 포함하고,

상기 제 2 패싯 미러(14)의 패싯 소자(14a 및 14c; 14b 및 14d)의 적어도 하나가 상기 EUV 방사선(4)의 회절을 위한 회절 광학 소자로서 설계되며, 상기 제 2 패싯 미러(14)의 상기 패싯 소자(14a 및 14c; 14b 및 14d)의 적어도 하나는 상기 조명 필드(BF)의 일부분(T1; T2)만을 조명하기 위한 회절 광학 소자로서 설계되는 것을 특징으로 하는 조명 시스템.

청구항 2

청구항 1에 있어서, 상기 패싯 소자(14a 및 14c)는 상기 조명 필드(BF)의 일부분(T1)을 조명하기 위하여 설계되며 상기 일부분은 적어도 2개의 비근접 부분 구역(A1, A2)을 포함하는, 조명 시스템.

청구항 3

청구항 1 또는 청구항 2에 있어서, 상기 제 2 패싯 미러(14)는 상기 조명 필드(BF)의 제 1 부분(T1)을 조명하기 위한 복수의 제 1 패싯 소자(14a 및 14c) 그리고 상기 조명 필드(BF)의 제 2 부분(T2)을 조명하기 위한 복수의 제 2 패싯 소자(14b 및 14d)를 갖고, 상기 제 2 부분은 상기 제 1 부분과 상이한, 조명 시스템.

청구항 4

청구항 3에 있어서, 상기 제 1 패싯 미러(13)의 패싯 소자(13a 내지 13d)는 상기 제 2 패싯 미러(14)의 상기 제 1 패싯 소자(14a 및 14c)를 조명하기 위한 제 1 위치와 상기 제 2 패싯 미러(14)의 상기 제 2 패싯 소자(14b 및 14d)를 조명하기 위한 적어도 제 2 위치 사이에서 스위칭가능한, 조명 시스템.

청구항 5

청구항 3에 있어서, 상기 제 2 패싯 미러(14)의 상기 패싯 소자(14a 내지 14d)는, 제 1 패싯 소자(14a 및 14c)가 제 2 패싯 소자(14b 및 14d)와 교번하는 그리드 배열을 형성하는, 조명 시스템.

청구항 6

청구항 1 또는 청구항 2에 있어서, 상기 패싯 소자(13a 내지 13d, 14a 내지 14d)의 적어도 하나는 EUV 방사선(4)을 방사선 센서(25) 상으로 편향하기 위한 회절 광학 소자로서 설계되는, 조명 시스템.

청구항 7

청구항 1 또는 청구항 2에 있어서, 상기 패싯 소자(13a 내지 13d, 14a 내지 14d) 중 적어도 하나는 평면 표면 형태를 갖는, 조명 시스템.

청구항 8

청구항 1 또는 청구항 2에 있어서, 적어도 하나의 회절 패싯 소자(13a 내지 13d, 14a 내지 14d)는 프로파일링된 표면(26a) 및 EUV 방사선(4)을 반사하기 위한 다층 코팅(28)을 갖는 기판(26)을 갖고, 상기 다층 코팅은 상기 기판(26)에 적용되는, 조명 시스템.

청구항 9

청구항 8에 있어서, 상기 기판(26)은 다단계 표면 프로파일(27b 및 27c)을 갖는, 조명 시스템.

청구항 10

청구항 1 또는 청구항 2에 있어서, 적어도 하나의 회절 패싯 소자(13a 내지 13d, 14a 내지 14d)는 상기 EUV 방사선(4)의 파장(λ_B)의 10배수의 횡방향 크기(D)를 갖는 격자 구조(27a 내지 27c)를 갖는, 조명 시스템.

청구항 11

청구항 1 또는 청구항 2에 있어서, 상기 제 1 패싯 미러(13)의 패싯 소자(13a 내지 13d)의 적어도 하나는 회절 광학 소자로서 설계되는, 조명 시스템.

청구항 12

청구항 1 또는 청구항 2에 기재된 조명 시스템(10)을 포함하는, EUV 리소그래피 장치(1).

청구항 13

삭제

청구항 14

삭제

청구항 15

삭제

청구항 16

삭제

청구항 17

삭제

청구항 18

삭제

발명의 설명

기 술 분 야

[0001] 본 발명은 EUV 방사선을 반사하는 패싯 소자를 갖는 제 1 패싯 미러 및 조명 시스템의 조명 필드 상에 제 1 패싯 미러에 의해 반사되는 EUV 방사선을 반사하기 위한 패싯 소자를 갖는 제 2 패싯 미러를 포함하는, EUV 리소그래피 장치용 조명 시스템에 관한 것이다. 본 발명은 또한 이러한 조명 시스템을 포함하는 EUV 리소그래피 장치 및 적어도 하나의 회절 패싯 소자를 포함하는 패싯 미러에 관한 것이다.

배 경 기 술

[0002] EUV 리소그래피 장치의 조명 시스템, 특히 EUV 투영 노광 장치에서, 패싯 미러의 형태인 광학 소자는 조명 시스템에 의해 조명되는 조명 필드 상의 EUV 광원에 의해 생성된 방사선의 균질화를 생성하도록 사용된다. 이러한 경우에, 필드 패싯 미러로도 지칭되는 제 1 패싯 미러는 통상적으로 조명 시스템의 2차 광원을 생성하도록 사용된다. 제 2 패싯 미러는 제 1 패싯 미러에 의해 생성된 2차 광원의 위치에 배열되며 동공 패싯 미러로 지칭된다. 제 2 패싯 미러의 패싯 소자는 제 1 패싯 미러의 패싯 소자를 조명 필드로 이미징하는 역할을 한다. 그러므로, 제 1 패싯 미러의 패싯 소자의 기하학적 형상(예컨대, 사각형, 직사각형)은 통상적으로 조명 필드의 기하학적 형상에 상응한다.

[0003] 패싯 미러가 EUV 리소그래피 장치에서 사용될 때, 광 손실과 관련된 이상적이지 않은 이미징은 패싯 소자의 생성 동안의 제조상의 오류로 인하여 발생한다. 이러한 경우 유리하지 않은 효과는, 이미징 또는 빔 정형에 요구되는 개별 패싯 소자의 표면 형태는 충분히 정확하게 생성될 수 없거나 종래의 생산 방법에 의해 매우 높은 비

용으로만 생산될 수 있다는 점이다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0004] 본 발명의 목적은, 조명 필드의 조명을 최적화할 수 있는 방식으로, 조명 시스템, 상기 조명 시스템을 포함하는 EUV 리소그래피 장치 및 패싯 미러를 발달시키는 것이다.

과제의 해결 수단

[0005] 상기 목적은 도입부에 언급된 형태의 조명 시스템에 의해 제 1 측면에 따라 성취되고, 여기서 제 1 패싯 미러 또는 제 2 패싯 미러의 패싯 소자들 중 적어도 하나가 EUV 방사선을 회절하기 위한 회절 광학 소자로서 설계된다.

[0006] 본 발명은 회절에 의해, 즉, 사전 한정된, 예컨대 구면, 표면 형태에 의한 것보다는 패싯 소자에 의해 사전 한정된 격자 구조에서 입사하는 EUV 방사선의 회절에 의해 패싯 소자의 요구되는 빔 정형을 생성하는 것을 제안한다. EUV 파장 범위에서, 즉, 대략 5nm에서 대략 20nm의 파장의 방사선을 포함하는 반사 효과를 갖는 회절 광학 소자의 생산성 및 기능성은, EUV 위상 마스크의 구현을 기재하는, P. Naulleau 외의 논문 "고효율 조명장치에서의 회절 광학 소자 및 그 잠재적인 역할(2008 EUV 워크샵, 2008년 6월 12일, 로렌스 버클리 국립 연구소)"에 의해 기재된다. 그에 기재된 예시적인 실시예에서, 기판은 2진 (단일 단계) 표면 구조를 갖고, 이것에 반사 다층 코팅이 도포된다. 위상 홀로그램은 가능한 등각으로(conformally) 도포되는 다층 코딩의 층에 의해 생성될 수 있다.

[0007] 회절 광학 소자로서의 패싯 소자의 실시예는, EUV 방사선의 (거의) 자의적인 입사 빔 프로파일을 원하는 반사된, 개별적인, 회절 빔 프로파일로 전환하는 것을 가능하게 한다. 특히, 하나의 또는 양쪽의 패싯 미러의 각각의 패싯 소자는 조명 시스템의 각각의 부분 빔 또는 채널에 대한 이상적인 빔 프로파일을 생성하기 위하여 개별적으로 적응된 회절 특성을 탑재할 수 있다. EUV 방사선의 빔 정형은 회절에 의해 발생하므로, 패싯 소자의 표면 형태는 그의 제조를 간소화하도록 선택될 수 있다. 조명 시스템의 회절 광학 소자의 사용의 추가 장점은, 회절 광학 소자가 그 활성 영역의 입사 방사선을 섞어서 조명 방사선의 균질화 또는 균일도를 개선하는 점이다. 예시에 의해, 제 1 패싯 미러의 개별적인 패싯 소자는 가능한 균질하게, 예컨대 "탑 햇(top hat)" 조명 분포로 동공 패싯 미러의 그에 할당된 패싯 소자를 조명하기 위하여 사용될 수 있다.

[0008] 본 발명의 제 1 측면에 따른 일 실시예에서, 제 2 패싯 미러의 패싯 소자들 중 적어도 하나는 조명 필드의 일부만을 조명하기 위한 회절 광학 소자로서 설계된다. 조명 필드의 각도 분포 또는 동공은 이런 식으로 조명 필드의 상이한 부분에 대하여 상이하게 선택될 수 있고, 즉, 조명 필드에 대한 위치 의존적인 방식으로 변하는 동공을 갖는 조명 필드를 생성하는 것이 가능하다. 예시로서, 조명 필드의 중앙 부분 지역에서, X-이중극의 방식으로, 즉, 조명 필드의 짧은 측의 방향에 배향되는 이중극의 방식으로 동공 분포를 구현하는 것이 가능하고, 반면에 조명 필드의 외부 부분 영역에서는, Y-이중극, 즉, 조명 필드의 긴 측면의 방향에 배열되는 이중극 또는 그 반대를 실현하는 것이 가능하다. 종래의 조명 시스템에서, 대조적으로, 전체 조명 필드는 통상적으로 동공 패싯 미러의 개별적인 패싯 소자에 의해 조명된다.

[0009] 웨이퍼 스캐너의 방식으로 EUV 투영 노광 장치에서, 조명 필드는 통상적으로 직사각형이며 예컨대 20:1의 높은 종횡비를 가지며, 짧은 측은 스캐닝 방향에 평행하게 나아간다. 상기 추가로 기재된 바와 같이 필드 패싯 미러의 패싯 소자의 기하학적 형상은 일반적으로 조명 필드의 기하학적 구조에 상응한다. 그러나 적절할 경우, 동공 패싯 미러에서의 회절 패싯 소자의 사용에 의해, 조명 필드의 기하학적 형상으로부터 벗어나는 기하학적 형상을 선택하는 것이 가능하고, 즉, 필드 패싯 소자에 대해 상이한 종횡비를, 적절할 경우 심지어 정사각형 기하학적 형상을 선택하는 것이 가능하다. 이런 방식으로, 가능할 경우, 필드 패싯 미러의 패싯 소자의 크기를 줄이는 것이 가능하고 및/또는 상기 패싯 소자는 중간 초점으로부터 더 짧은 거리에 배열될 수 있거나 더 많은 수의 패싯 소자가 동일한 거리로 실현될 수 있다.

[0010] 일 실시예에서, 패싯 소자는 적어도 2개의 비근접 부분 영역을 포함하는, 조명 필드의 일부를 조명하기 위하여 설계된다. 회절 광학 소자의 사용은, 조명 필드의 일부의 동시 조명을 가능하게 하고, 이 일부는 구체적으로 입사 EUV 방사선이 상이한 회절 차수(예컨대, -1^{st} 및 $+1^{st}$의 회절 차수)로 회절됨으로써 2개의(가능하면 그 이상의) 비근접 부분 영역을 포함한다.

[0011] 일 실시예에서, 제 2 패싯 미러는 조명 필드의 제 1 부분을 조명하기 위한 복수의 제 1 패싯 소자 및 조명 필드의 제 2 부분을 조명하기 위한 복수의 제 2 패싯 소자를 갖고, 상기 제 2 부분은 제 1 부분과 상이하다. 물론 조명 필드의 제 3, 제 4, ... 부분을 조명하기 위한 제 3, 제 4, ... 패싯 소자가 또한 제공될 수 있고, 조명 필드의 부분은, 각각의 경우에 서로 상이할 수 있다. 동공 패싯 미러는 여기서 특히 상이한 형태의 패싯 미러에 의해 조명되는 조명 필드의 부분이 총 조명 필드를 형성하도록 서로 보완하는 방식으로 구성될 수 있다.

[0012] 적절할 경우, 동공 패싯 미러의 개별적인 제 1, 제 2, ... 패싯 소자에 의해 조명되는 조명 필드의 부분들 사이의 중첩이 또한 존재할 수 있다. 3개의, 특히 4개 이상의 상이한 형태의 패싯 소자는 적절할 경우에 조명될 마스크 구조에 따른 노광 동작 동안 선택될 수 있는 동공 패싯 미러에서 제공되는 경우에 특히 유리하다. 적절할 경우, 노광 동안의 스캐닝 동작 동안, 동공 패싯 미러의 패싯 소자 및 그러므로 조명 필드의 위치 의존적 동공의 선택은 개별적으로 이미징될 그리고 조명 필드에 현재 위치된 마스크의 부분 영역(스트립)에 적응될 수 있다.

[0013] 일 유리한 실시예에서, 제 1 패싯 미러의 패싯 소자는 제 1 패싯 소자를 조명하기 위한 제 1 위치와 제 2 패싯 소자를 조명하기 위한 제 2 위치 사이에서 전환될 수 있다. 제 1 패싯 미러의 패싯 소자는, 조명 필드의 원하는 동공 형상을 구현하는 역할을 하기 위한 동공 패싯 미러의 이러한 (제 1 또는 제 2의) 패싯 소자를 표적화된 방식으로 선택하기 위하여 적어도 2개의 (각도) 위치 사이에서 통상적으로 스위칭가능하다. 이러한 경우에, 통상적으로, 복수의 스위칭 위치(적어도 2개의 위치)가 선택될 수 있고, 방사선은 2개의(그 이상의) 상이한 각도 또는 (좁은) 각도 분포에서 입사한다. 제 1 또는 제 2 패싯 소자의 조명의 표적화된 선택의 결과로, 위치 의존적인 방식으로 조명 필드의 동공을 변경하고 이것을 예컨대 개별적으로 이미징될 마스크 구조에 적응시키는 것이 가능하다.

[0014] 추가 실시예에서, 제 2 패싯 미러의 패싯 소자는 제 1 패싯 소자가 제 2 패싯 소자와 교번하는 그리드 배열을 형성한다. 조명 필드의 상이한 부분 영역을 조명하기 위한 패싯 소자는 서로로부터 비교적 짧은 거리에 배열될 경우 이것은 유리한 것으로 입증되어 왔다. 동공 패싯 미러의 제 1 패싯 소자를 조명하기 위한 제 1 위치는 동공 패싯 미러의 제 2 패싯 소자(및 적절할 경우 제 3, 제 4, ... 패싯 소자)를 조명하기 위한 제 2 위치 사이의 필드 패싯 미러의 패싯 소자의 차이 또는 차이 각도는 비교적 적다. 필드 패싯 미러의 패싯 소자의 반사도가 입사 범위의 예각에 대해서만 통상적으로 최적화되므로 이것은 유리하다.

[0015] 추가 실시예에서, 패싯 소자들 중 적어도 하나는 방사선 센서로 EUV 방사선을 편향하기 위한 회절 광학 소자로서 설계된다. 회절 광학 소자는 특히, 높은 회절 차수로 입사 EUV 방사선의 방사선전력의 일부만을 반사하도록 설계될 수 있되, 방사선 전력의 주요 부분은 조명 필드를 조명하기 위하여 사용된다. 방사선 센서는 입사 EUV 방사선의 방사선 강도 또는 전력을 보호하고 확인하고 가능할 경우 조명 시스템의 업스트림에 배치된 EUV 광원의 전력을 조절하기 위한 역할을 할 수 있다.

[0016] 추가 실시예에서, 패싯 소자의 적어도 하나는 특히 모든 패싯 소자를 갖고, 평면 표면 형태를 갖는다. (실질적으로) 평면 표면 기하학적 형상을 갖는 패싯 소자는 기타, 예컨대 구면, 표면 형태와 비교할 때 더 높은 정확도를 갖고 제조될 수 있다. 패싯 소자에 대하여 통상적으로 사용되는 구면 표면 형태의 경우에, 인접 패싯 소자가 그 인접 에지 영역에서 상호 쉐이딩할 수 있다는 문제점이 존재할 수 있다. 이러한 응용의 의미에 있어서, 평면 표면 형태는 표면 형태가 되는 것으로 이해되고, 여기서 사용된 기판은 수행되는 기판 구조화 전에 평면 기하학적 형상을 갖는다(이하를 참조).

[0017] 추가 실시예에서, 적어도 하나의 회절 패싯 소자는 프로파일링된 표면 및 EUV 방사선을 반사하기 위한 다층 코팅을 갖는 기판을 갖고, 상기 다층 코팅은 기판에 적용된다. 다층 코팅은 통상적으로 상이한 물질로 구성된 복수의 개별 층을 갖고, 상이한 굴절률을 갖는 2개의 물질로 구성된 통상적으로 교번하는 층이 사용된다. 개별 층의 층 두께 및 층 물질은 패싯 소자에서 반사될 EUV 방사선 파장에 적응된다. 회절 광학 소자로서 패싯 소자를 사용할 수 있도록, 후자는 프로파일링된 표면을 갖는다. 표면 프로파일은 예컨대, 2진 프로파일, 즉, 단 하나의 단계 또는 하나의 단계의 높이를 갖는 프로파일이 될 수 있다.

[0018] 일 개선에 있어서, 기판은 다단계 표면 프로파일을 갖는다. 2, 3, 4, ..., n-단계 표면 프로파일에 의해, 예컨대 톱니형 표면 구조 및 그러므로 톱니 또는 블레이즈 격자의 삼각형 기하학적 구조를 근사하는 것이 가능하다. 근사 톱니 구조 사이의 파장 및 거리에 적응된 적절한 블레이즈 각을 선택함으로써, 회절 효율을 증가시키도록 입사 EUV 방사선이 반사되는 회절 차수를 표적화된 방식으로 선택하는 것이 가능하다. 블레이즈 프로파일은 예컨대 프레즈넬 렌즈의 방식으로 회절 광학 소자를 생성하기 위하여 사용될 수 있으며, 즉, EUV 방사선은 단일 회절 차수에만 편향된다. 빔 정형을 위하여, 회절 광학 소자를 사용하는 것이 가능하고, 여기서 적어도 하나의

2단계, 바람직하게는 다단계 표면 프로파일은 불규칙하며 확실히 한정된 주기성을 가지지 않으며, 그 결과 별개의 회절 차수가 구분될 수는 없다. 이러한 빔 정형 회절 광학 소자의 경우에, 역시, 다단계 표면 프로파일은 회절 효율을 증가시킬 수 있다.

[0019] 추가 실시예에서, 적어도 하나의 회절 소자는 격자 구조를 갖고, 이것은 통상적으로 기판의 프로파일링된 표면으로서 구현되고, 이 격자 구조는 EUV 방사선의 파장의 10배의 횡방향 크기를 갖는다. EUV 방사선을 회절하기 위하여, 격자 구조의 횡방향 크기(격자 정수 또는 높이로도 지칭됨)는 반사된, 개별적인, 회절된 EUV 방사선의 파장(λ)의 10배가 되며, 즉, 통상적으로 격자 구조의 횡방향 크기는 50×λ. 바람직하게는 10×λ, 더욱 바람직하게는 5×λ를 초과하지 않는다. EUV 방사선의 파장이 통상적으로 5nm에서 15nm 사이이므로, 격자 구조의 최대 횡방향 크기(격자 정수)는 750nm를 초과하지 않으며, 바람직하게는 150nm, 특히 75nm 미만이 된다. 물론, EUV 방사선의 파장(λ)이 15nm보다 작을 때, 예컨대 13.5nm일 때, 격자 구조의 횡방향 크기는 따라서 감소된다.

[0020] 본 발명의 추가 측면은 상기 기재된 바와 같이 구현되는 조명 시스템을 포함하는 EUV 리소그래피 장치에 관한 것이다. 상기 기재된 바와 같이, 조명 시스템은 평면에 이미지 필드를 가능한 균질하게 조명하는 역할을 하고, 이 평면에, 이미징될 구조(마스크)가 배열된다. 본 명세서에 기재된 조명 시스템의 도움으로, 조명 필드의 위치 또는 개별적으로 조명된 부분에 따르는 각도 분포(위치 의존적인 동공)가 생성될 수 있다.

[0021] 발명의 일 측면은, EUV 방사선을 반사하기 위한 적어도 하나의 회절 패싯 소자를 포함하는, 상기 기재된 조명 시스템을 위한 패싯 미러에서 구현되고, 이 패싯 미러는: 기판 및 EUV 방사선을 반사하는 다층 코팅 - 다층 코팅은 기판에 도포됨 - 을 포함하며, 적어도 하나의 회절 패싯 소자는 EUV 방사선을 회절하기 위하여 설계된다.

[0022] 일 실시예에서, 적어도 하나의 회절 패싯 소자는 EUV 방사선의 10배의 횡방향 크기를 갖는, 기판의 프로파일링된 표면으로서 통상적으로 구현되는 격자 구조를 갖는다. 상기 기재된 바와 같이 횡방향 크기(격자 정수 또는 높이)는 통상적으로 50×λ 미만, 10×λ 미만, 특히 5×λ 미만이며, λ는 EUV 방사선의 파장을 의미한다.

[0023] 바람직하게, 기판은 다단계 표면 프로파일을 갖는다. 다단계 표면 프로파일의 결과로, 톱니형 표면 구조는 근사될 수 있고, 흑백 리소그래피(이하를 참조)의 경우에, 톱니형 표면 구조는 블레이즈 격자의 경우 회절 광학 소자를 구현하고 특정 사전 한정된 회절 차수로 EUV 방사선의 회절의 효과를 증대시키도록 생성될 수 있다. 빔 정형 회절 패싯 소자를 구현하기 위하여, 다단계 표면 프로파일은 또한 불규칙적인 표면 구조를 근사하기 위하여 설계될 수 있다. 다단계 표면 프로파일은 리소그래피 방법의 도움으로 예컨대 표면의 마이크로구조화에 의해 구현될 수 있다.

[0024] 다단계 표면 프로파일은 적어도 2개의, 바람직하게는 상이한 단계 높이를 갖는 3개 또는 4개의 단계를 갖는다. 단계 또는 단계 높이의 수가 더 클수록 원하는 표면 프로파일의 수가 더 높게 근사되고 회절 패싯 소자의 회절 효율이 통상적으로 더 커진다. 극단적인 경우에, (쿼지-) 연속하는 높이 프로파일 또는 표면 프로파일이 또한 가능하고, 여기서 개별적인 단계는 식별 불가능하다. 이러한 표면 프로파일은 예컨대 회색 리소그래피의 도움으로 생성될 수 있다.

[0025] 추가 실시예에서, 다단계 표면 프로파일을 평탄화하기 위한 다층 코팅은 적어도 100개의 개별 층, 바람직하게는 적어도 120개의 개별 층, 특히 적어도 150개의 개별 층을 갖는다. 이러한 경우에, 개별 층은 높은 굴절율 또는 낮은 굴절율의 물질로 구성된 층이 되는 것으로 이해되고, 개별 층을 위한 층 두께 및 층 물질은 패싯 소자에 반사될 EUV 방사선 파장과 조화된다. 예컨대 발산을 방지하거나 대기에 존재하는 오염 물질에 대하여 다층 코팅을 보호하도록 설계되는 다층 코팅의 추가 층은 이러한 응용의 의미에서 개별 층으로서 여겨지지 않는다.

[0026] 충분히 큰 수의 개별 층을 제공함으로써, 다층 코팅의 실질적으로 연속하는 위상 프로파일을 구현하는 것이 가능하고, 그 결과, 특히, 블레이즈 격자의 방식으로 톱니형 표면 구조를 근사하도록 설계되는 표면 구조의 경우에, 원하는 회절 차수로의 회절의 효율은 극대화될 수 있다. 이러한 경우에, 개별 층의 층 두께는 대략 이러한 범위에 놓이고 개별 층은 층 두께에 비해 그리고 층 두께보다 상당히 큰 횡방향 크기를 갖는 구조상에서 균일하게 성장하므로, 격자 구조의, 예컨대 톱니형 격자 구조의 횡방향 크기가 EUV 방사선의 파장보다 상당히 작은 범위에 해당될 경우 유리하다.

[0027] 다층 코팅은 종래의 코팅 방법에 의해, 즉, 평면 방식으로 도포될 수 있다. 특히, 기체 상으로부터의 층 물질의 종래의 퇴적은 다층 코팅을 도포하기 위하여 사용될 수 있다. 다층 코팅의 층을 평탄화하는 것에 더하여 또는 그에 대한 대안으로서, 기판의 다단계 표면 프로파일에 도포되는 평탄화 층을 사용하는 것 또한 가능하다. 평탄화 층은 통상적으로 기계적으로 평탄화되거나 연마된다. 그 결과, 이것은 원하는 표면 프로파일을 갖거나 근사한다. 평탄화에 적합한 종래의 물질, 예컨대 Si 또는 SiO_2는 평탄화 층을 위한 물질로서 사용될 수 있다.

후속하는 단계에서, 다층 코팅은 평탄화 층에 적용된다. 패싯 미러가 동공 패싯 미러로서 사용될 경우에, 특히 조명 필드의 제 1 부분을 조명하기 위해 사용되는 제 1 패싯 소자의 다단계 표면 프로파일이 조명 필드의 제 2 부분을 조명하기 위하여 사용되는 제 2 패싯 소자의 다단계 표면 프로파일과 상이한 것이 가능하다.

[0028] 통상적으로, 제 1 및/또는 제 2 패싯 소자의 표면 프로파일은 또한 서로 상이하고, 여기서 전용의, 개별 표면 프로파일은 각각의 패싯 소자에 대하여 한정될 수 있다. 물론, 적절할 경우, 회절 광학 소자의 표면에 형성되는 회절 격자의 격자 구조는, 기판이 적절할 경우 기판 표면상의 위치에 따르고, 즉, 표면에 일정한 단일 기간 길이만을 갖는 것이 필수적이지 않다. 이것은 프로파일링된 표면에 의해 근사된 톱니형 표면 구조의 블레이즈각에 적용된다. 특히, 균일한 기간 길이가 존재하지 않는 표면 프로파일을 생성하는 것 또한 가능하다.

[0029] 본 발명의 특징 및 장점은 본 발명에 필수적인 상세를 도시하는 도면들의 각 도면을 참조하여 본 발명의 예시적인 실시예의 이하의 기재 및 청구범위로부터 명백해진다. 개별적인 특징은 각각의 경우에 그 스스로 개별적으로 또는 본 발명의 변형에서 임의의 원하는 복수의 결합에 의해 구현될 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0030] 예시적인 실시예는 개략적인 도면으로 도시되고 이하의 기재에서 설명된다.

도 1은 조명 필드를 조명하기 위한 조명 시스템을 포함하는 EUV 리소그래피 장치의 개략적인 도면을 도시한다.

도 2는 조명 필드의 상이한 부분을 조명하기 위하여 설계되는 제 1 및 제 2 회절 패싯 소자를 갖는 도 1로부터의 조명 시스템을 위한 동공 패싯 미러의 개별적인 도면을 도시한다.

도 3은 조명 필드의 필드 의존 동공 조명을 생성하기 위한 도 2로부터의 필드 패싯 미러의 도면을 도시한다.

도 4a 내지 도 4c는 2진 표면 프로파일(도 4a), 및 톱니형 표면 구조를 근사하기 위한 2개의 그리고 개별적으로 4개의 단계 표면 프로파일(도 4b, 도 4c)을 갖는 구조화된 표면(격자 구조)을 갖는 기판의 3개의 개략적인 도면을 도시한다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0031] 도 1은 EUV 리소그래피 장치(1)를 개략적으로 도시한다. EUV 리소그래피 장치는 50nm 미만의, 특히 대략 5nm에서 15nm의 EUV 파장 범위인 높은 에너지 밀도를 갖는 EUV 방사선을 생성하기 위하여 EUV 광원(2)을 포함한다. EUV 광원(2)은 예컨대 레이저 유도 플라즈마를 생성하기 위한 플라즈마 광원의 형태로 또는 신크로트론 방사선원으로서 구현될 수 있다. 전자의 경우에, 특히, 도 1에 도시된 바와 같이 조명 빔(4)을 형성하기 위하여 EUV 광원(2)의 EUV 방사선을 집중시키기 위하여 집광기 미러(3)를 사용하여 이런 방식으로 추가로 에너지 밀도를 증가시키는 것이 가능하다. 조명 빔(4)은 동작 파장(λ_B) 주변의 협대역 파장 범위에 집중되는 파장 스펙트럼을 갖고, 여기서 EUV 리소그래피 장치(1)가 동작된다. 모노크로메이터(monochromator)(12)는 동작 파장(λ_B)을 선택하기 위하여 또는 협대역 파장 범위를 선택하기 위하여 사용된다.

[0032] 조명 빔(4)은 조명 시스템(10)에 의해 구조화된 오브젝트(M)를 조명하는 역할을 하고, 이 조명 시스템은 현 예시에서 4개의 반사 광학 소자(13 내지 16)를 포함한다. 구조화된 오브젝트(M)는 반사 마스크가 될 수 있고, 예컨대 이것은 오브젝트(M) 상에 적어도 하나의 구조를 생성하기 위한 반사성 및 비반사성 또는 적어도 덜 반사성인 영역을 갖는다. 대안적으로, 구조화된 오브젝트(M)는 복수의 마이크로미러가 될 수 있고, 이 마이크로미러는 1차원 또는 다차원 배열로 배열되며 적절할 경우 개별적인 미러 상의 EUV 방사선(4)의 입사각을 설정하도록 적어도 하나의 축에 대하여 이동가능하다.

[0033] 구조화된 오브젝트(M)는 조명 빔(4)의 일부를 반사하고, 투영 빔(5)을 형성하며, 이것은 구조화된 오브젝트(M)의 구조에 대한 정보를 갖고 투영 렌즈(20)로 방사되며, 이것은 구조화된 오브젝트(M) 또는 그의 개별적인 부분 구역의 이미징을 기판(W)상에 생성한다. 기판(W), 예컨대 웨이퍼는 반도체 물질, 예컨대 실리콘을 포함하고 웨이퍼 스테이지(WS)로도 지칭되는 마운트 상에 배열된다.

[0034] 이러한 경우에, 조명 시스템(10)의 제 1 및 제 2 반사 소자(13, 14)는 패싯 미러로서 구현되고 그리드 배열로 배열된 마이크로미러의 형태인 복수의 패싯 소자를 갖는다. 도 1은 예시로서 각각의 패싯 미러(13, 14)에 대한 4개의 패싯 소자(13a 내지 13d, 14a 내지 14d)를 도시하고, 이러한 패싯 미러에, 조명 빔(4) 또는 조명 빔(4)의 개별적인 부분 빔이 반사된다. 제 1 광학 소자(13)는 또한 필드 패싯 미러(13)로서 이하에서 지정되며 조명 시스템(10)에서 2차 광원을 생성하는 역할을 한다. 제 2 광학 소자(14)는 제 1 광학 소자(13)에 의해 생성된 2차

광원의 위치에 배열되며 동공 패싯 미러(14)로서 이하에서 지칭된다.

[0035] 필드 패싯 미러(13)의 개별적인 패싯 소자(13a 내지 13d) 상에 입사하는 조명 빔(4)의 부분 빔은 동공 패싯 미러(14)의 개별적인 패싯 소자(14a 내지 14d) 상으로 상기 소자에서 편향된다. 필드 패싯 미러(13)의 패싯 소자(13a 내지 13d)는 직사각형이 될 수 있으며 예컨대 20:1의 종횡비(x:y)를 가질 수 있되, X-방향은 도 1의 도면의 평면에 수직으로 나아간다. 이러한 경우에, 패싯 소자(13a 내지 13d)의 종횡비는 조명 시스템(10)에 의해 조명되는 예컨대 직사각형 조명 필드의 종횡비에 상응한다. 물론, 직사각형 기하학적 구조와는 상이한 기하학적 구조를 갖는 조명 필드 및/또는 패싯 소자(13a 내지 13d)도 마찬가지로 가능하다.

[0036] 본 예시에서, 필드 패싯 미러(13)의 패싯 소자(13a 내지 13d)의 각각은 X-방향에 평행인 축 방향에 대하여 경사될 수 있다. 게다가, 개별적인 패싯 소자(13a 내지 13d)는 적절할 경우 XZ-평면(도면의 평면)에 놓인 추가 축에 대하여 경사가능할 수 있다. 조명 빔(4)이 패싯 소자(13a 내지 13d) 상에 입사하는 방향은 이런 식으로 설정될 수 있다. 조명 빔(4)이 패싯 소자(13a 내지 13d) 상에 입사하는 방향은 이런식으로 설정될 수 있다. 경사에 의해, 특히, 필드 패싯 미러(13)의 패싯 소자(13a 내지 13d)와 동공 패싯 미러(14)의 패싯 소자(14a 내지 14d) 사이의 할당은 또한 이하에서 더욱 상세히 기재되는 바와 같이 조명된 오브젝트(M)의 위치에서의 원하는 조명 분포(조명 동공 또는 각도 분포)를 생성하도록 변경될 수 있다.

[0037] 일반적으로, 개별적인 조명 모드의 경우에, 또는 시간상 미리 한정된 지점에서, 필드 패싯 미러(13)의 패싯 소자(13a 내지 13d) 와 동공 패싯 미러(14)의 패싯 소자(14a 내지 14d) 사이의 1대1 할당이 선택된다. 그러나, 적절할 경우, 필드 패싯 미러(13)의 2개 이상의 패싯 소자(13a 내지 13d)가 상이한 조명 모드를 설정하도록 동공 패싯 미러(14)의 패싯 소자(14a 내지 14d)에 할당되는 방식으로, 할당이 이뤄질 수 있다. 이러한 경우의 상세는 본 출원의 이름으로 US 2009/0041182 A1에서 찾을 수 있고, 그 전체가 참조된다.

[0038] 도 1에 도시된 패싯 미러(13, 14)의 경우에, 패싯 소자(13a 내지 13d, 14a 내지 14d)는 회절 광학 소자로서 구현되고, 즉, 후자는 조명 빔(4)의 또는 조명 빔(14)의 개별적인 부분 빔의 원하는 빔 정형(shaping)을 수행하도록 회절 격자 구조를 갖는다. 빔 정형이 회절 구조에 의해 이뤄지기 때문에, 패싯 소자(13a 내지 13d, 14a 내지 14d)의 표면 형태는 후자가 단순한 방식으로 형성될 수 있도록 선택될 수 있다. 도시된 예시에서, 패싯 소자(13a 내지 13d, 14a 내지 14d)는 평면 표면 형태 또는 표면 기하학적 형상을 갖는다. 이러한 표면 형태는 첫 번째로 쉽게 제조될 수 있으며 두 번째로 개별적인 패싯 미러(13, 14)의 패싯 소자(13a 내지 13d, 14a 내지 14d)의 부분적인 상호 쉐이딩(mutual shading)을 방지할 수 있다.

[0039] 필드 패싯 미러(13)의 패싯 소자(13a 내지 13d)의 회절 구조는, 이 구조가 조명 빔(4)의 개별적으로 반사된 부분 빔의 "탑 햇"형 프로파일을 생성하므로 동공 패싯 미러(14)의 개별적인 패싯 소자(14a 내지 14d) 상에 입사하는 조명 방사선(4)의 균일도를 증가시킨다.

[0040] 필드 패싯 미러(13)의 패싯 소자들 중 하나(13d)의 회절 구조는, 입사 조명 빔(4)의 강도의 비율은, 높은 회절 차수로 회절되도록 구현되고, 그 결과, 강도의 이러한 비율은 동공 패싯 미러(14)가 아닌 방사선 센서(25) 상에 입사한다. 방사선 센서(25)는 입사 EUV 방사선의 강도를 측정하는 역할을 하며 EUV 광원(2)의 기능을 확인하기 위하여 사용될 수 있다. 물론, 측정된 방사선 강도는 예컨대 방사선 센서(2)의 측정 신호가 EUV 리소그래피 장치(1)의 동작을 제어하거나 조절하기 위한 제어 유닛(미도시)으로 공급되어서 EUV 광원(2)의 방사선 전력을 조절하기 위하여 또한 사용될 수 있다.

[0041] 회절 광학 소자로서 동공 패싯 미러(14)의 패싯 소자(14a 내지 14d)의 실시예의 결과, 개별적인 패싯 소자(14a 내지 14d)는 직사각형 조명 필드(BF)의 일부만을 표적화된 방식으로 조명하고, 이것은 도 2에 도시되며 구조화된 오브젝트(M)를 갖는 평면에서 조명 시스템(10)에 의해 생성된다. 본 예시에서, 복수의 제 1 패싯 소자(14a, 14c, ...)는 조명 필드(BF)의 제 1 부분(T1)을 조명하기 위하여 설계되는 반면에 복수의 제 2 패싯 소자(14b, 14d, ...)는 조명 필드 BF의 제 2 부분(T2)을 조명하는 역할을 하고, 제 1 부분(T1) 및 제 2 부분(T2)은 조명 필드(BF)의 전체 영역을 덮는다.

[0042] 도 2에 도시된 바와 마찬가지로, 조명 필드(BF)의 제 1 부분(T1)은 조명 필드(BF)의 개별적으로 좌측 및 우측 에지에서 형성되는 2개의 비근접 부분 영역(A1, A2)으로 구성된다. 조명 필드(BF)의 비근접 부분 영역(A1, A2)의 동시 조명은 제 1 패싯 소자(14a, 14c, ...)가 회절 광학 소자로서 구현되기 때문에 가능하고, 입사 EUV 방사선은 상이한 회절 차수로 그러므로 상이한 방향으로 회절될 수 있다. 조명 필드(BF)의 제 2, 중심 부분(T2)은 이 부분은 제 2 패싯 소자(14b, 14d, ...)에 의해 조명되므로, 대조적으로 단일, 근접한 구역으로서 구현된다.

[0043] 마찬가지로 도 2에 도시된 바와 같이, 동공 패싯 미러(14)의 제 1 및 제 2 패싯 소자(14a 내지 14d)는 그리드에 배열되며, 제 1 패싯 소자(14a, 14c, ...)가 제 2 패싯 소자(14a, 14c, ...)와 교번한다. 이것은 필드 패싯 미러(13)의 패싯 소자(13a 내지 13d)의 도움으로 표적화된 방식으로 동공 패싯 미러의 제 1 패싯 소자(14a, 14c, ...) 및 개별적으로 제 2 패싯 소자(14b, 14d, ...)를 조명하는데 유리하다. 상기 기재된 바와 같이, 동공 패싯 미러(14)의 제 1 패싯 소자(14a, 14c, ...)의 조명과 동공 패싯 미러(14)의 제 2, 인접한 패싯 소자(14b, 14d, ...)의 조명 사이의 전환을 위하여, 필드 패싯 미러(13)의 개별적으로 할당된 패싯 소자(13a, 13b, ...)는 필드 패싯 미러(13)의 패싯 소자(13a)를 기초로 예시로서 도 1에 도시된 바와 같이 제 1 각도 위치(W1)와 제 3 각도 위치(W2) 사이에서 스위칭 오버될 수 있다.

[0044] 동공 패싯 미러(14)의 제 1 및 제 2 패싯 소자(14a, 14b)의 인접한 배열의 결과, 개별적으로 할당된 제 1 패싯 소자(13a)의 제 1 각도 위치(W1)와 제 2 각도 위치(W2) 사이의 스위칭 오버를 위한 각도차는 작고, 제 1 패싯 소자(13a)의 반사도에 대한 유리한 효과를 갖고 상기 반사도는 입사 범위의 예각에 최적화된다. 그 중 알려진 것 그리고 본 명세서에서 보다 상세히 기재되지 않는 액추에이터가 필드 패싯 미러의 패싯 소자(13a 내지 13d)의 각도 위치(W1, W2) 사이에서 스위칭오버하기 위한 역할을 할 수 있다.

[0045] 2개의 각도 위치(W1, W2) 사이의 전환은 도 3을 참조하여 이하에서 더 상세히 기재되는 바와 같이 조명 필드(BF) 상의 위치에 따른 동공 또는 각도 분포를 표적화된 방식으로 설정하는 것을 가능하게 하고, 필드 패싯 미러(13)의 패싯 소자(13a, 13b, ...)에 의해 조명되는 동공 패싯 미러(14)의 이러한 패싯 소자(14a, 14c, ...)만을 조명한다. 확실하게 식별할 수 있는 바와 같이, 동공 패싯 미러(14)의 상부 및 하부 영역의 제 1 패싯 소자(14a, 14c, ...)는 2중극 필드 분포의 방식으로 조명된다. 동공 패싯 미러(14) 상의 공간적 분포는 조명 필드(BF)의 각도 분포(동공)에 상응하므로, 상응하는 2중극(X-2중극)은 조명 필드(BF)의 제 1 부분(T1)에서 생성된다. 동시에, 필드 패싯 미러(13)의 패싯 소자(13a, 13b, ...)는 동공 패싯 미러(14)의 좌측 및 우측 부분 영역에 배열되는 동공 패싯 미러(14)의 제 2 패싯 소자(도 3에서 더 구체적으로 지칭되지 않는다)를 또한 조명한다. 동공 패싯 미러(14)의 제 2 패싯 소자는 조명 필드(BF)의 제 2, 중앙 부분(T2)의 Y-이중극의 방식으로 동공 또는 각도 분포를 생성한다.

[0046] 도 3을 참조하여 예시로서 도시된 바와 같이, 상이한 각도 분포 또는 동공은 조명 필드(BF)의 상이한 부분(T1, T2)에서 동공 패싯 미러(14)의 제 1 및 제 2 패싯 소자(14a 내지 14d)의 적절한 선택에 의해 생성될 수 있다. 특히, 상기 예시에 의해 기재된 X-이중극 분포 및 Y-이중극 분포를 제외한 각도 분포가 생성될 수 있다. 물론, 상이한 각도 분포 또는 동공을 갖는 조명 필드(BF)의 2개 이상의 부분을 조명하도록 동공 패싯 미러(14)에서 2개의 상이한 형태의 패싯 소자(14a 내지 14d)를 제공하는 것이 또한 가능하다.

[0047] 도 4a 내지 도 4c는 상기 기재된 바와 같이 구현되는 회절 패싯 소자(13a 내지 13d, 14a 내지 14d)를 제조하는 역할을 할 수 있는 기판(26)의 3개의 예시를 도시한다. 기판(26)은 프로파일링된 표면(26a)을 갖고, 이것에 다층 코팅(28)이 도포되고, 이것은 단순함을 위해 도 4a에서만 도시되며, 상기 다층 코팅은 동작 파장(λ_B)에서의 EUV 방사선(4)을 반사한다. 반사 다층 코팅(28)은 상이한 물질로 구성된 복수의 개별 층(29a, 29b)을 갖는다. 본 예시에서, 개별적인 층은 상이한 굴절률을 갖는 물질과 교대로 형성된다. 동작 파장(λ_B)이 본 예시에서와 마찬가지로 대략 13.5㎚일 경우에, 개별적인 층(29a 및 29b)은 일반적으로 몰리브덴 및 실리콘으로 구성된다. 예컨대 몰리브덴 및 베릴륨, 루테늄 및 베릴륨 또는 란타늄 및 B_4C와 같은 물질 화합물이 마찬가지로 동작 파장(λ_B)에 따라 가능하다.

[0048] 도 4a에 도시된 기판(26)의 경우에, 프로파일링된 표면(26a)은 단일 단계 표면 프로파일(27a)을 갖고, 즉, 하나의 직사각형 또는 평행 육면체의 단계가 기타 평면 표면(26a) 상에 형성된다. 물론, 기판(26)의 상세한 또는 부분 영역은 도 4a에 도시되고, 도 4a에 도시된 측방향 크기(D)를 갖는 부분 영역은 프로파일링된 표면(26a) 상에 격자 구조를 형성하도록 주기적으로 반복된다.

[0049] 이것은 도 4b 및 도 4c에 도시된 프로파일링된 표면(26a)에도 적용되고 이러한 경우에, 2단계 표면 프로파일(27b) 및 4단계 표면 프로파일(27c)을 갖는 기판(26)이 개별적으로 도시된다. 도 4b의 2단계 표면 프로파일(27b)의 단계(S1 및 S2)는 상이한 단계 높이를 갖고, 표면(26a)의 평면 섹션과 함께, 톱니형 프로파일을 근사하고, 즉, 횡방향 크기(D)를 갖는 삼각형 프로파일은 기판(26)의 표면(26a)의 평면 섹션에 대한 소위 블레이즈 각도(Θ)로 경사지는 비스듬한 단계를 형성한다. 블레이즈 격자의 톱니형 표면 프로파일 및 그러므로 특정 회절 차수로의 회절을 위한 격자의 선택성이 더 우수하고, 더 많은 수의 표면 프로파일의 단계를 근사할 수 있고, 즉, 도 4c에 도시된 단계(S1 내지 S4)를 갖는 표면 프로파일(27c)을 톱니형 프로파일의 개선된 근사를 가능하게

한다.

[0050] 본 예시에서 주기적인 표면 프로파일(27a 내지 27c)은 기판(26)의 마이크로구조화에 의해 생성될 수 있고, 이러한 목적으로 특히 리소그래피 방법이 적절하다. 리소그래피 마이크로구조화 동안, 먼저, 포토레지스트는 기판(26)의 평면 표면(26a)에 도포된다. 후속하는 단계에서, 포토레지스트는 원하는 구조를 포토레지스트에 전사하도록 리소그래피 장치에 노광된다. 포토레지스트는 후속하여 발달되어 공정 동안 원하는 구조에 상응하는 통상적으로 2개의 단계의 프로파일을 얻는다. 추가 단계에서, 포토레지스트의 프로파일은 에칭에 의해 기판(26)에 전사된다. 다단계 표면 프로파일(27b, 27c)을 생성하도록, 이러한 공정은 적절한 경우에 여러번 반복될 수 있다. 물론, 주기적인 표면 프로파일을 생성하기 위한 대안으로서, 도 4a 내지 도 4c와 관련하여 기재되는 바와 같이, 또한, 불규칙한 표면 프로파일을 생성하는 것이 가능하고, 엄격하게 규칙적인 구조는 식별 불가능하다. 대안적으로, 표면 프로파일은 또한 회색 리소그래피로 구조화될 수 있고, 그것에 의해 (쿼지-) 연속 가변 프로파일의 생성이 가능하다. 표면 프로파일(27b, 27c)의 표면은 다층 코팅(28)의 적용에 의해 평탄화될 수 있고, 그 결과, 실질적으로 삼각형인 또는 톱니형인 표면 프로파일은 다층 코팅(28)의 상면에서의 자유 계면에서 발생한다.

[0051] 다층 코팅(28)은 개별적인 층(29a, 29b)을 더욱 정확하게 배치하기 위하여 통상적으로 종래의 코팅 방식으로, 일반적으로는 기상 증착(vapor deposition)에 의한 방식으로 기판(26)에 도포된다. 개별적으로, 한 단계의 프로파일(27a) 및 다단계의 표면 프로파일(27b, 27c)의 횡방향 크기(D)는 사용된 EUV 방사선의 파장보다 가능한 더 작은, 사용된 EUV 방사선의 파장의 대략 10배수가 되어야 한다. EUV 방사선의 회절을 위하여, 격자 구조(27a 내지 27c)의 횡방향 크기(D)는 통상적으로 $50\times\lambda_B$, 바람직하게는 $10\times\lambda_B$, 특히 $5\times\lambda_B$를 초과하지 않아야 하며, 동작 파장(λ_B)은 현 예시에서 13.5nm가 된다.

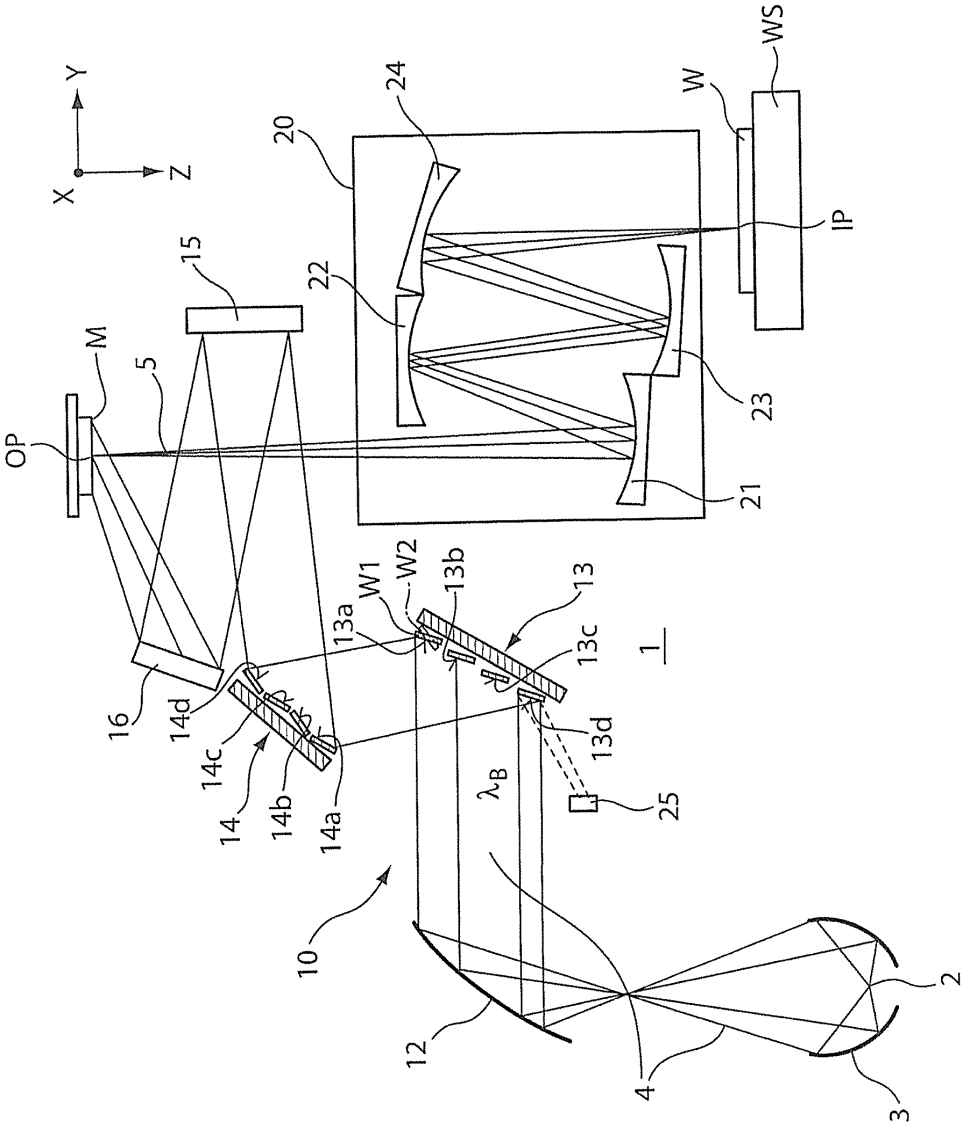
[0052] 상기 추가로 기재된 개별 층(29a, 29b)에 더하여, 반사 다층 코팅(28)은 또한 확산을 방지하기 위하여 중간층을 포함할 수 있다. 통상적으로, 반사 다층 코팅(28)은 기저의 개별 층(29a, 29b)의 산화를 방지하기 위하여 캐핑 층을 갖는다. 루테늄, 로듐, 팔라듐, 플래티늄, 이리듐, 니오븀, 바나듐, 크롬, 아연 또는 주석과 같은 금속 물질은 캐핑 층으로서 사용될 수 있다. 도면에서의 보조 층 또는 캐핑 층의 도시는 도면을 간호화하기 위하여 생략된다. 평탄화의 목적으로, 기판(26)의 상면(26a)에 평탄화 층(미도시)를 도포하는 것 또한 가능하고, 이러한 평탄화 층은 예컨대, Si 또는 SiO_2로부터 형성될 수 있고 블레이즈 각도(Θ)로 (기계적으로) 연마되고, 그 결과, 이것은 원하는 표면 프로파일을 근사하거나 생성한다.

[0053] 도 4a 내지 도 4c에 도시된 예시적인 실시예에서, 기판(26)은 평면 표면 형태(격자 구조로부터 떨어짐)을 갖는다. 그러나, 물론, 기판(26)은 적절한 경우에 곡선 표면 형태 예컨대, 오목한 표면 형태 또는 볼록한 표면 형태가 가능하고, 이것은 구면 방식 또는 비구면 방식으로 설계될 수 있다. 그러나, 평면 표면(26a)은 특히 쉽게 제조될 수 없으므로 이러한 표면 형태는 제조하기 더 힘든 기타 표면 형태에 비해 선호된다.

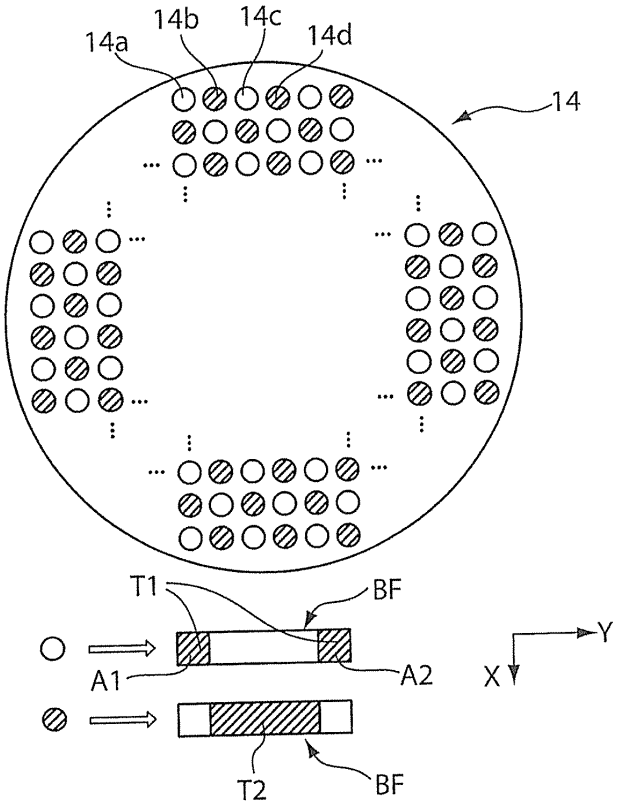
[0054] 물론, 본 명세서에서 기재된 바와 같은 다층 표면 프로파일(27b, 27c)을 갖는 회절 광학 소자는, 도 1 내지 도 3과 관련하여 기재된 조명 시스템(10)을 위하여 패싯 미러(13, 14)의 패싯 소자(13a 내지 13d, 14a 내지 14d)뿐만 아니라 반사를 위해, 개별적으로는 EUV 방사선을 회절하기 위하여 기타 장치에서 유리하게 사용될 수 있다.

도면

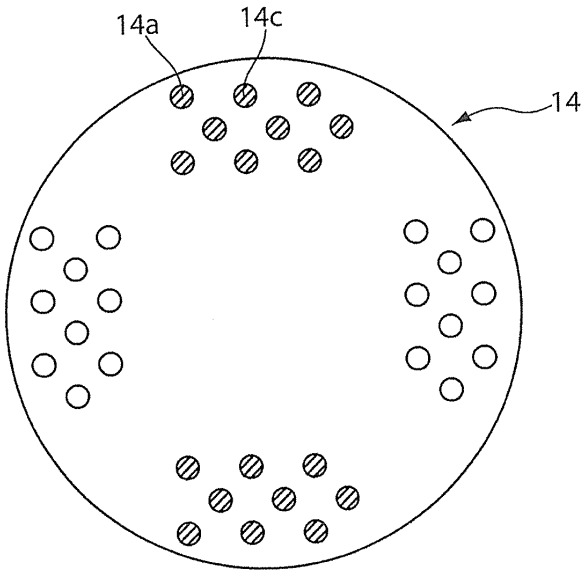
도면1


Y
X
Z
WS
W
IP
24
20
22
15
M
5
OP
23
21
W1
W2
13b
13
13a
13c
1
16
14d
14c
14
14b
14a
13d
25
λ_B
10
12
4
2
3

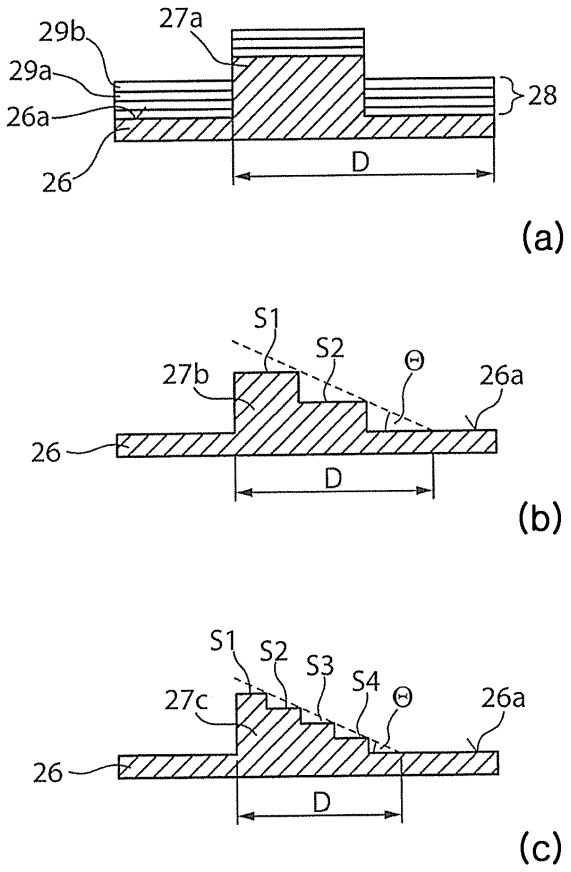
도면2



도면3



도면4


29b
27a
29a
26a
28
26
D
(a)
S1
S2
Θ
27b
26a
26
D
(b)
S1
S2
S3
S4
Θ
27c
26a
26
D
(c)