



등록특허 10-2380615



(19) 대한민국특허청(KR)  
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2022년03월30일  
(11) 등록번호 10-2380615  
(24) 등록일자 2022년03월25일

- (51) 국제특허분류(Int. Cl.)  
*G03F 7/20* (2006.01)
- (52) CPC특허분류  
*G03F 7/2006* (2013.01)  
*G03F 7/70008* (2013.01)
- (21) 출원번호 10-2021-7009708(분할)
- (22) 출원일자(국제) 2014년11월21일  
심사청구일자 2021년04월30일
- (85) 번역문제출일자 2021년04월01일
- (65) 공개번호 10-2021-0039000
- (43) 공개일자 2021년04월08일
- (62) 원출원 특허 10-2016-7016530  
원출원일자(국제) 2014년11월21일  
심사청구일자 2019년11월21일
- (86) 국제출원번호 PCT/EP2014/075257
- (87) 국제공개번호 WO 2015/078776  
국제공개일자 2015년06월04일
- (30) 우선권주장  
102013223935.1 2013년11월22일 독일(DE)
- (56) 선행기술조사문헌  
JP2005235999 A\*  
W02009121438 A1  
US20070165202 A1

\*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

전체 청구항 수 : 총 4 항

심사관 : 정성용

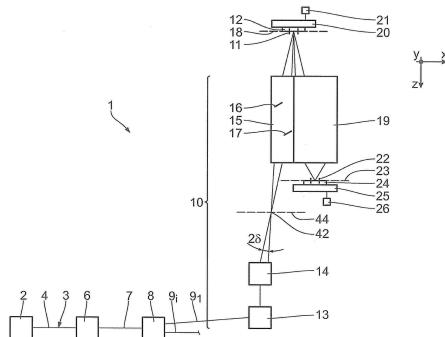
## (54) 발명의 명칭 EUV 투영 리소그래피용 조명 시스템

## (57) 요약

EUV 투영 리소그래피를 위한 조명시스템은 싱크로트론 방사선 기반 광원(2)의 EUV로 빔(4)으로부터 EUV 집광 출력 빔(7)을 생성하기 위한 빔 성형 광학 유닛(6)을 갖는다. 출력 결합 광학 유닛(8)은 EUV 집광 출력 빔(7)으로부터 복수의 EUV 개별 출력 빔(9<sub>i</sub>)을 생성하는 역할을 한다. 각각의 경우에, 빔 안내 광학 유닛(10)은 리소그

(뒷면에 계속)

## 대 표 도



래피 마스크(12)가 배치될 수 있는 오브젝트 필드(11)를 향하여 각각의 EUV 개별 출력 빔(9<sub>i</sub>)을 가이드하기 위한 역할을 한다. 이 결과는 싱크로트론 방사선 기반 광원의 EUV 광이 손실없이 동시에 유연하게 가능한 가장 최대 치로 가이드되는 조명 시스템이다.

(52) CPC특허분류

*G03F 7/70033* (2013.01)

*G03F 7/70058* (2013.01)

*G03F 7/70116* (2013.01)

*G03F 7/70191* (2013.01)

*G03F 7/702* (2013.01)

*G03F 7/70991* (2013.01)

---

## 명세서

### 청구범위

#### 청구항 1

EUV 투영 리소그래피를 위한 조명 시스템용 빔 성형 광학 유닛(6)으로서, 상기 빔 성형 광학 유닛(6)은 EUV 방사선(3)이 그레이징 입사로 충돌하는 미러( $27_i$ ,  $28_i$ )의 적어도 2개의 그룹(27, 28)을 포함하고, 각각의 미러 그룹(27, 28)은 공통 그룹 입사 평면(yz, xz)을 가지며, 상기 미러 그룹들(27, 28)의 그룹 입사 평면들(yz, xz)은 서로 상이하고,

미러 그룹(28) 중 하나의 미러 그룹의 모든 미러( $28_1$ ,  $28_2$ )는 추가 미러 그룹(27)의 제 1 미러( $27_1$ )의 다운스트림과 상기 추가 미러 그룹(27)의 마지막 미러( $27_2$ ;  $27_3$ )의 업스트림의 빔 경로에 배열되는 것을 특징으로 하는 빔 성형 광학 유닛.

#### 청구항 2

EUV 투영 리소그래피를 위한 조명 시스템용 빔 성형 광학 유닛(6)으로서, 상기 빔 성형 광학 유닛(6)은 EUV 방사선(3)이 그레이징 입사로 충돌하는 미러( $27_i$ ,  $28_i$ )의 적어도 2개의 그룹(27, 28)을 포함하고, 각각의 미러 그룹(27, 28)은 공통 그룹 입사 평면(yz, xz)을 가지며, 상기 미러 그룹들(27, 28)의 그룹 입사 평면들(yz, xz)은 서로 상이하고,

미러 그룹(27, 28) 중 하나의 미러 그룹의 적어도 2개의 미러( $27_1$ ,  $27_2$ ;  $28_1$ ,  $28_2$ ;  $27_1$ ,  $27_2$ ,  $27_3$ ) 상의 EUV 방사선(3)의 상이한 입사각( $\alpha$ ,  $\beta$ ;  $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$ )을 특징으로 하는 빔 성형 광학 유닛.

#### 청구항 3

EUV 투영 리소그래피를 위한 조명 시스템용 빔 성형 광학 유닛(6)으로서, 상기 빔 성형 광학 유닛(6)은 EUV 방사선(3)이 그레이징 입사로 충돌하는 미러( $27_i$ ,  $28_i$ )의 적어도 2개의 그룹(27, 28)을 포함하고, 각각의 미러 그룹(27, 28)은 공통 그룹 입사 평면(yz, xz)을 가지며, 상기 미러 그룹들(27, 28)의 그룹 입사 평면들(yz, xz)은 서로 상이하고,

상이한 입사각( $\alpha$ ,  $\beta$ ;  $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$ )으로 미러 그룹(27)의 그룹 입사 평면(xz)상으로 투영되어, 생성된 EUV 집광 출력 빔(7)이 상기 빔 성형 광학 유닛(30)에 입사하는 EUV 로(raw) 빔(4)과 동일한 방향(z)으로 나아가는 것을 특징으로 하는 빔 성형 광학 유닛.

#### 청구항 4

청구항 1 내지 청구항 3 중 어느 한 항에 있어서,

미러 그룹(27, 28) 중 하나의 미러 그룹의 모든 미러( $27_i$ ,  $28_i$ ) 상의 EUV 방사선의 입사각( $\alpha$ )은 동일한 크기인 것을 특징으로 하는 빔 성형 광학 유닛.

#### 청구항 5

삭제

## 발명의 설명

### 기술 분야

[0001] 독일 특허 출원 10 2013 223 935.1의 내용은 본 명세서에서 참조에 의해 통합된다.

[0002] 본 발명은 EUV 투영 리소그래피를 위한 조명 시스템용 편향 광학 유닛에 관한 것이다. 또한, 본 발명은 EUV 투영 리소그래피를 위한 조명 시스템용 빔 성형 광학 유닛 및 빔 안내 광학 유닛에 관한 것이다. 이에 더하여, 본 발명은, EUV 리소그래피용 조명 시스템 및 EUV 투영 리소그래피용 투영 노광 장치에 관한 것이다. 마지막

으로, 본 발명은 마이크로구조화된 부품을 제조하는 방법 및 이러한 방법에 따라 제조된 구조화된 부품에 관한 것이다.

## 배경 기술

[0003]

조명 시스템을 포함하는 투영 노광 장치는 US 2011/0 014 799 A1, WO 2009/121 438 A1, US 2009/0 174 876 A1, US 6,438,199 B1 및 US 6,658,084 B2으로부터 알려져 있다. EUV 광원은 DE 103 58 225 B3 및 US 6,859,515 B으로부터 알려져 있다. EUV 투영 리소그래피용 추가 부품 부분은 US 2003/0002022 A1, DE 10 2009 025 655 A1, US 6,700,952 및 US 2004/0140440 A로부터 알려져 있다. EUV 광원이 알려진 추가 참조는 WO 2009/121 438 A1에서 볼 수 있다. 또한, EUV 조명 광학 유닛은 US 2003/0043359 A1 및 US 5,896,438로부터 알려진다.

## 발명의 내용

### 해결하려는 과제

[0004]

본 발명의 목적은 EUV 투영 리소그래피용 조명 시스템을 위한 편향 광학 유닛, 빔 성형 광학 유닛 및 빔 안내 광학 유닛 그리고 손실 없고 동시에 유연하게 최대 가능한 정도로 가이드될 신크로트론 방사선 기반 광원의 EUV 광이 제공되는 방식으로 EUV 투영 리소그래피를 위한 조명 시스템을 발달시키는 것이다.

### 과제의 해결 수단

[0005]

이러한 목적은 청구항 1에 명시된 특징을 갖는 편향 광학 유닛, 청구항 9에 명시된 특징을 갖는 빔 안내 광학 유닛, 청구항 4에 명시된 특징을 갖는 빔 성형 광학 유닛 그리고 청구항 11에 명시된 특징을 갖는 조명 시스템에 의해 성취된다.

[0006]

신크로트론 방사선 기반 광원에 의해 제공되는 EUV 광 또는 EUV 방사선의 빔 안내는 이러한 광원에 의해 방출되는 EUV로 빔의 특성으로 인한 특정한 컨디셔닝을 요한다. 이러한 컨디셔닝은 본 발명에 따른 빔 성형 광학 유닛, 출력 결합 광학 유닛 및 빔 안내 광학 유닛 그리고 개별적인 빔 안내 부품 부분, 즉 편향 광학 유닛 및 포커싱 어셈블리에 의해 보장된다.

[0007]

신크로트론 방사선 기반 광원은 자유 전자 레이저(FEL), 언듈레이터, 위글러 또는 x-선 레이저가 될 수 있다. 신크로트론 방사선 기반 광원은  $0.1 \text{ mm}^2$  미만의 에텐듀 또는 더욱 작은 에텐듀를 가질 수 있다. 본 발명에 따른 광학 유닛은 신크로트론 방사선 기반 광원이 포함되는지에 관계없이 이러한 작은 에텐듀를 갖는 광원의 방출로 일반적으로 동작할 수 있다.

[0008]

빔 성형 광학 유닛은 개별 출력 빔의 출력 결합 광학 유닛을 통해 후속하는 결합에 대비하기 위하여 원 빔으로부터의 집광 출력 빔의 사전성형을 제공한다. 후자는 빔 안내 광학 유닛에 의해 개별적인 오브젝트 필드로 안내된다. 이것은 동일한 신크로트론 방사선 기반 광원을 사용하여 복수의 오브젝트 필드를 조명하는 것의 가능성을 야기하고, 이것은 결국 예전대 반도체 칩, 특히 메모리 칩과 같은 마이크로구조화된 또는 나노구조화된 부품을 제조하도록 사용될 수 있는 복수의 투영 노광 장치를 공급할 가능성을 제공한다.

[0009]

출력 결합 광학 유닛 및 다운스트림 빔 안내 광학 유닛에 의해, 상이한 EUV 개별 출력 빔의 방사선력의 비율에 대한 가변 강도 분포를 보장하는 것이 가능하다. 따라서, 공급될 투영 노광 장치의 수에 대한 적응 및 개별 투영 노광 장치에 의해 요구되는 광 파워에 대한 적응을 수행하는 것이 가능하다. 특정 구조를 제조하기 위하여 개별적으로 요구된 광원으로 만들어지는 상이한 요건은 따라서 조명 시스템의 상응하는 적응을 또한 충족할 수 있다.

[0010]

도 1에 기재된 편향 광학 유닛은 편향 광학 유닛에 의해 편향된 EUV 방사선의 낮은 손실을 야기한다.

[0011]

그레이징 입사를 위한 미러는  $60^\circ$  보다 더 큰 입사각으로 설계된다. 입사각은 더 클 수 있다.

[0012]

그레이징 입사를 위한 편향 미러 중 적어도 하나는 볼록한 원통형 미러로서 구현될 수 있다. 그레이징 입사를 위한 편향 미러 중 적어도 하나는 오목한 원통형 미러로서 구현될 수 있다. 편향 광학 유닛의 실시에는 볼록한 원통형 미러보다 다수의 오목한 원통형 미러를 포함할 수 있다.

[0013]

평행하는 방식으로 편향 광학 유닛에 입사하는 EUV 빔, 특히 EUV 개별 출력 빔은 편향 광학 유닛을 벗어난 후 1mrad 보다 작은 다이버전스를 가질 수 있다. 편향 광학 유닛의 이러한 설계는 장거리에 걸쳐 EUV 빔을 안내할

수 있게 만들 수 있다.

- [0014] 청구항 2에 기재된 편향 광학 유닛이 경우에, 편향 광학 유닛에 의해 생성된 빔 안내 광학 유닛의 종횡비 컨트리뷰션(contribution)은 미리 한정된 값에 적응될 수 있다. 예시로서, 종횡비에 대한 확장 인수는 특히 연속하는 가변 방식으로, 값 4와 값 5 사이에서 또는 값 1.5와 값 2 사이에서 변화될 수 있다. 편향 광학 유닛의 그레이징 입사에 대한 편향 미러 중 적어도 하나는 구동 방식으로 변화가능한 곡률의 반경을 갖고 구현될 수 있다. 미리 정의된 값으로 편향 광학 유닛의 광학 효과의 추가 적응이 결과적으로 성취될 수 있다.
- [0015] 청구항 3에 기재된 빔 성형 광학 유닛의 경우에, 그룹 입사 평면은 서로 수직이 될 수 있다. 빔 성형 광학 유닛의 미러 그룹은 2개의 미러, 3개의 미러 또는 더 많은 수의 미러를 포함할 수 있다. 상이한 그룹 입사 평면을 갖는 더 많은 미러 그룹의 사용은 원하는 종횡비를 생성하기 위하여 독립적으로 2개의 횡방향 치수로 EUV 방사선에 영향을 끼치는 것을 가능하게 할 수 있다.
- [0016] 미러 그룹은 갈릴레이식 망원경 방식으로 설계될 수 있다.
- [0017] 빔 성형 광학 유닛의 미러는 볼록하거나 오목한 원통형 미러로서 구현될 수 있다.
- [0018] 그레이징 입사를 위한 미러는  $60^\circ$  보다 큰 입사각으로 설계될 수 있다. 입사각은 더 클 수 있다.
- [0019] 청구항 5에 기재된 배열은, 예컨대 원하는 종횡비를 생성하기 위한, 큰 확장 인수를 제공해야 하는 동일한 밀그룹의 이러한 미러들 사이의 더 긴 길이를 제공할 가능성을 제공한다.
- [0020] 청구항 6에 기재된 EUV 방사선의 입사각은 빔 성형 광학 유닛의 통과 직후 EUV 방사선의 투과 최적화를 가능하게 한다.
- [0021] 청구항 7에 기재된 입사각은 빔 성형 광학 유닛의 설계에 대한 유연성을 증가시키고 예컨대 미리 정의된 치수 내에서 미러 크기가 유지되도록 입사하는 EUV 빔의 미리 정의된 빔 직경으로 그레이징 입사를 적응시키는 것을 가능하게 한다.
- [0022] 청구항 8에 기재된 빔 성형 광학 유닛의 설계는 예컨대 빔 성형 광학 유닛에 입사하는 빔과 빔 성형 광학 유닛으로부터 발산하는 빔 모두를 수평으로 안내하는 것을 가능하게 한다.
- [0023] EUV 집광 출력 빔의 다이버전스는 EUV로 빔의 다이버전스의 절반보다 작을 수 있다.
- [0024] EUV 집광 출력 빔의 다이버전스는 EUV 원 빔의 다이버전스의 절반보다 작을 수 있다. 빔 성형 광학 유닛의 상응하는 설계는 장거리에 걸쳐 EUV 집광 출력 빔을 안내할 수 있게 한다.
- [0025] 빔 성형 광학 유닛의 적어도 하나의 미러는 최적합 원뿔형으로부터 적어도  $5 \mu\text{m}$ 의 편차를 가질 수 있다. 빔 성형 광학 유닛의 적어도 하나의 미러는 자유형 표면으로 구현될 수 있다. 빔 성형 광학 유닛의 상응하는 미러 설계는 미리 한정된 값으로 빔 성형 광학 유닛의 광학적 효과를 적응시키기 위한 자유도를 증가시킨다.
- [0026] 청구항 9에 기재된 빔 안내 광학 유닛은 스탑 또는 벽을 통하여 비교적 작은 통로 개구를 통해 EUV 방사선을 안내하는 것을 가능하게 한다. 이것은 상이한 챔버 사이의 원하는 분리를 가능하게 하며, 여기서 EUV 방사선이 안내된다. 또한, 중간 초점의 다운스트림에서, 미리 한정된 개구수를 갖는 EUV 조명 광의 중간 초점으로 조정되는 투영 노광 장치의 어셈블리를 사용하는 것이 가능하다.
- [0027] 청구항 10에 기재된 포커싱 어셈블리는 타입 I, 타입 II 또는 타입 III 불터 미러 그룹의 방식으로 구현될 수 있다. 포커싱 어셈블리의 적어도 2개의 미러는 EUV 개별 출력 빔의 빔 경로에서 순차적으로 배열될 수 있다.
- [0028] 포커싱 어셈블리는 EUV 개별 출력 빔의 빔 경로를 따른 포커싱 어셈블리의 구조적인 공간이 포커싱 어셈블리의 타원형 미러의 주 반축의 크기의 대략 2배가 되도록 구현될 수 있다. 포커싱 어셈블리는 포커싱 어셈블리에 진입한 직후 EUV 개별 출력빔의 직경의 크기의 대략 5배가 되게 구현된다. 포커싱 어셈블리는 타원형 미러의 부반축(b)과 타원형 미러의 주 반축(a)의 비( $b/a$ )에 있어서,  $0.7NA < b/a < 0.9NA$ 이 참이 되도록 구현되며, 여기서 NA는 포커싱 어셈블리의 중간 초점에서의 개구수를 나타낸다.
- [0029] 포커싱 어셈블리는, 이것이 적어도 하나의 포물면 미러를 포함하도록 구현될 수 있고, 여기서 타원형 미러의 주 반축(a)과 포물면 미러의 초점 길이(f)의 비( $a/f$ )에 있어서  $a/f > 50$ 는 참이다.
- [0030] 포커싱 어셈블리는 포커싱 어셈블리를 통한 EUV 개별 출력 빔의 주변 광선에 의해 경험하는 최소 편향각이  $5^\circ$  보다 작도록 구현될 수 있다.

- [0031] 또한, 본 목적은 빔 성형 광학 유닛, 출력 결합 광학 유닛 및 각각의 경우 빔 안내 광학 유닛을 포함하는 조명 시스템에 의해 성취된다. 빔 성형 광학 유닛 및/또는 출력 결합 광학 유닛 및/또는 빔 안내 광학 유닛은 특히 상기 기재에 따라 기재된다. 장점은 각각의 부품 부분에 대하여 기재되는 것으로부터 명백해진다.
- [0032] 청구항 11에 기재된 빔 성형 광학 유닛 및 출력 결합 광학 유닛을 포함하는 조명 시스템은 EUV 빔 직경의 미리 한정된 종횡비를 갖는 복수의 EUV 개별 출력 빔을 제공하는 것을 가능하게 한다. 한 측에서, 빔 성형 광학 유닛에 의해 그리고 다른 측에서 출력 결합 광학 유닛과 다운스트림 빔 안내 광학 유닛에 의해 제공되는 종횡비 컨트리뷰션은 또한 예컨대 조명될 오브젝트 필드의 종횡비와 같이 원하는 세트포인트 종횡비에 의해 좁혀질 수 있다. 원 빔으로부터 나아가는, 1:1의 복수의 개별 출력 빔의 원하는 종횡비 컨트리뷰션의 생성은 출력 결합 광학 유닛과 빔 안내 광학 유닛에 의한 상응하는 종횡비 컨트리뷰션의 생성에 의해 먼저 그리고 복수의 개별 출력 빔내로의 집광 출력 빔의 분리 이후에 빔 성형 광학 유닛을 통한 1이 아닌 종횡비의 생성에 할당된다. 오브젝트 필드까지 광원으로부터의 EUV 조명 광의 경로 상에서, 이것은 EUV 빔이 통과하는 다양한 광학 어셈블리에 의해 야기되어야 하는 종횡비 변화를 조절하는 것을 가능하게 한다. 대안적으로, 빔 성형 광학 유닛에 의해, 먼저, N개의 EUV 개별 출력 빔에 대한 예컨대 1:N의 종횡비 컨트리뷰션과 같은 상이한 종횡비 컨트리뷰션을 생성하는 것이 또한 가능하다. 역시 다운스트림 출력 결합 광학 유닛은 이에 따라 생성되는 EUV 집광 출력 빔을 분리해야 하되 각각의 경우에 1:1인 종횡비를 갖는 EUV 개별 출력 빔을 사전 정의하는 그 자체의 종횡비 영향 효과를 요하지 않는다. 한 측으로는 빔 성형 광학 유닛에 의한 그리고 다른 측으로 빔 안내 광학 유닛에 의해 각각의 경우 1:1의 종횡비 컨트리뷰션을 갖고 N개의 EUV 개별 출력 빔을 생성하기 위한 종횡비 컨트리뷰션의 상이한 분포가 또한 가능하다.
- [0033] 청구항 14에 기재된 투영 노광 장치, 청구항 15에 기재된 제조 방법 그리고 청구항 16에 기재된 구조적인 구성 요소의 장점은 선행하는 청구항을 참조하여 상기 이미 기재된 것에 상응한다.
- [0034] 조명 시스템의 광원은 자유 전자 레이저(FEL), 언듈레이터, 위글러 또는 x-선 레이저가 될 수 있다.
- [0035] EUV 집광 출력 빔은 사용된 단면적의 모든 지점에서 10% 미만의 균질한 강도로부터 벗어나는 강도 분포를 사용된 단면적 내에서 사용할 수 있다. 각각의 EUV 개별 출력 빔은 편향 광학 유닛의 다운스트림의 상응하는 균질도를 가질 수 있다.
- [0036] 조명 시스템의 모든 미러는 상당히 반사성인 코팅을 가질 수 있다.
- [0037] 빔 성형 광학 유닛, 편향 광학 유닛 및 포커싱 어셈블리는 또한 자동으로, 즉, 조명 시스템의 추가 어셈블리 없이 본 발명의 핵심인 어셈블리이다.
- [0038] 청구항의 모든 특징은 또한 상이한 결합으로 서로 결합될 수 있다.

### 도면의 간단한 설명

- [0039] 본 발명의 예시적인 실시예가 도면을 참조하여 이하에서 더욱 자세히 기재된다.
- 도 1은 EUV 투영 리소그래피용 투영 노광 장치를 개략적으로 도시한다.
- 도 2는 EUV 원 빔을 생성하기 위한 EUV 광원으로부터 EUV 집광 출력 빔으로부터 복수의 개별 출력 빔을 생성하기 위한 출력 결합 광학 유닛의 다운스트림으로 나아가는, 도 1에 따른 복수의 투영 노광 장치의 시스템에 대한 EUV 빔 경로의 단면을 마찬가지로 개략적으로 도시한다.
- 도 3은 광원과 투영 노광 장치의 오브젝트 필드의 업스트림에 배치되는 조명 광학 유닛에서 안내하는 빔 사이의 EUV 빔 경로의 코스의 EUV 방사선의 단면비를 도시한다.
- 도 4는 EUV 원 빔으로부터 EUV 집광 출력 빔을 생성하기 위한 빔 성형 광학 유닛의 측면도를 도시한다.
- 도 5는 도 4의 방향(V)로부터의 추가 측면도이다.
- 도 6 및 도 7은 빔 성형 광학 유닛의 미러에 의해 야기되는 편향각을 명료하게 하는 도 4 및 도 5에 따른 빔 성형 광학 유닛을 매우 개략적으로 도시한다.
- 도 8 및 도 9는 도 6 및 도 7과 유사한 도면에서, 빔 성형 광학 유닛의 추가 실시예를 도시한다.
- 도 10 및 도 11은 도 6 및 도 7과 유사한 도면에서, 빔 성형 광학 유닛의 추가 실시예를 도시한다.
- 도 12는 오브젝트 평면을 향하여 개별적인 EUV 개별 출력 빔을 안내하기 위한 빔 안내 광학 유닛의 부분으로서

빔 성형 광학 유닛과 편향 광학 유닛 사이의 EUV 빔 경로를 도 1 및 도 2에서보다 덜 개략적으로 도시하며, 여기서, 편향 광학 유닛은 EUV 개별 출력 빔의 빔 경로의 출력 결합 광학 유닛의 다운스트림에 배치된다.

도 13은, EUV 개별 출력 빔의 빔 경로에서, 먼저 2개의 볼록한 원통형 미러, 하나의 다운스트림 평면 미러 그리고 2개의 다운스트림 오목한 원통형 미러를 포함하는 편향 광학 유닛의 일 실시예를 편향 미러 상의 입사 평면에 평행하는 단면도로 매우 개략적으로 도시한다.

도 14는 EUV 빔 경로에서 순차적으로 따르는 하나의 볼록한 원통형 미러 및 3개의 오목한 원통형 미러를 포함하는 편향 광학 유닛의 추가 실시예를 도 13과 유사하게 도시한다.

도 15는 EUV 빔 경로에서 순서대로 배열되는 하나의 볼록한 원통형 미러, 하나의 평면 미러 및 2개의 오목한 원통형 미러를 포함하는 편향 광학 유닛의 추가 실시예를 도 13과 유사하게 도시한다.

도 16은 EUV 빔 경로에서 순서대로 배열되는 하나의 볼록한 원통형 미러, 하나의 평면 미러 및 3개의 오목한 원통형 미러를 포함하는 편광 광학 유닛의 추가 실시예를 도 13과 유사하게 도시한다.

도 17은 EUV 빔 경로에서 순서대로 배열되는 하나의 볼록한 원통형 미러, 3개의 다운스트림의 오목한 원통형 미러, 하나의 다운스트림 평면 미러 및 2개의 다운스트림 오목한 원통형 미러를 포함하는 편광 광학 유닛의 추가 실시예를 도 13과 유사하게 도시한다.

도 18은 EUV 빔 경로에서 순서대로 배열되는 하나의 볼록한 원통형 미러, 3개의 다운스트림의 오목한 원통형 미러, 하나의 다운스트림 평면 미러 및 2개의 다운스트림 오목한 원통형 미러를 포함하는 편광 광학 유닛의 추가 실시예를 도 13과 유사하게 도시한다.

도 19는 EUV 빔 경로에서 순서대로 배열되는 하나의 볼록한 원통형 미러, 다운스트림으로 순차적으로 따르는 2개의 평면 미러 및 다운스트림으로 순차적으로 따르는 3개의 오목한 원통형 미러를 포함하는 편광 광학 유닛의 추가 실시예를 도 13과 유사하게 도시한다.

도 20은 오브젝트 필드로 개별적인 EUV 개별 출력 빔을 안내하기 위한 빔 안내 광학 유닛의 포커싱 어셈블리 또는 입력 결합 광학 유닛의 함수를 명시하기 위하여 편향 광학 유닛과 중간 초점 평면 사이의 EUV 개별 출력 빔 중 하나의 빔 경로로부터의 발췌를 도시한다.

도 21은 도 20과 유사한 도면에서, 입력 결합 광학 유닛의 추가 실시예를 도시한다.

도 22는 볼터 I 형태의 입력 결합 광학 유닛의 실시예를 도시한다.

도 23는 볼터 II 형태의 입력 결합 광학 유닛의 실시예를 도시한다.

도 24는 볼터 III 형태의 입력 결합 광학 유닛의 실시예를 도시한다.

도 25는 볼터 III 형태의 입력 결합 광학 유닛의 추가 실시예를 도시한다.

도 26 내지 도 28은 빔 성형 광학 유닛의 상이한 변형을 도시한다.

도 29는 빔 확장 부품 부분의 개략도이다.

### 발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0040] 마이크로리소그래피용 투영 노광 장치(1)는 복수의 투영 노광 장치를 포함하는 시스템의 일부이며, 도 1은 투영 노광 장치(1) 중 하나를 도시한다. 투영 노광 장치(1)는 마이크로 및/또는 나노구조화된 전자 반도체 부품을 제조하는 역할을 한다. 광원 또는 방사선원(2)은 예컨대 2nm에서 30nm 사이의, 특히 2nm에서 15nm 사이의 파장 범위로 EUV 방사선을 방출한다. 광원(2)은 자유 전자 레이저(FEL)로서 구현된다. 이것은 상당히 높은 휘도를 갖는 간접 방사선을 생성하는 신크로트론(cyclotron) 방사선원 또는 신크로트론 기반 광원이다. 이러한 형태의 FEL을 기재하는 공개는 WO 2009/121 438 A1에 기재된다. 사용될 수 있는 광원(2)은 우베 천들러의 "전기적으로 스위칭 가능한 헬리시티를 갖는 초전도 언듈레이터(헬륨홀츠 협회의 카를스루에 연구 센터의 과학적 보고서, FZKA 6997, 2004년 8월)"에서, US 2007/0152171 A1에서 그리고 DE 103 58 225 B3에서 기재된다.

[0041] 광원(2)은 로(raw) 빔의  $0.1\text{mm}^2$  미만인 기본 에텐듀를 갖는다. 에텐듀는 광원의 방출의 90%의 광 에너지를 포함하는 위상 공간의 최소 볼륨이다. 그에 상응하는 에텐듀의 정의는 EP 1 072 957 A2 그리고 US 6 198 793 B1에 기재되어 있으며 이것은 에텐듀가 조명 데이터( $x$ ,  $y$  및  $NA^2$ )의 곱셈에 의해 얻어지고,  $x$  및  $y$ 는 조명된 조명

필드에 걸쳐지는 필드 치수이며 NA는 필드 조명의 개구수인 것을 표시한다.  $0.1\text{mm}^2$  보다 더 작은 광원의 에텐 듀, 예컨대  $0.01\text{ mm}^2$  미만의 에텐듀가 가능하다.

[0042] EUV 광원(2)은 전자 빔을 생성하기 위한 전자 빔 공급 장치 및 EUV 생성 장치를 갖는다. 후자는 전자 빔 공급 장치에 의한 전자 빔을 공급받는다. EUV 생성 장치는 언듈레이터로서 구현된다. 언둘레이터는 변위에 의해 조정 가능한 언둘레이터 자석을 선택적으로 가질 수 있다. 언둘레이터는 전자석을 가질 수 있다. 위글러(wiggler)가 또한 광원(2)의 경우에 제공될 수 있다.

[0043] 광원(2)은  $2.5\text{kW}$ 의 평균 전력을 갖는다. 광원(2)의 펄스 주파수는  $30\text{MHz}$ 이다. 각각의 개별적인 방사선 펄스는  $83\text{uJ}$ 의 에너지를 전달한다.  $100\text{fs}$ 의 방사선 펄스 길이를 고려하면, 이것은  $833\text{MW}$ 의 방사선 펄스 전력에 상응 한다.

[0044] 광원(2)의 반복률은 킬로헤르츠 범위, 예컨대  $100\text{ kHz}$  또는 비교적 낮은 메가헤르츠 범위 예컨대  $3\text{ MHz}$ , 중 메가헤르츠 범위, 예컨대  $30\text{ MHz}$ , 고 메가헤르츠 범위, 예컨대  $300\text{ MHz}$  또는 기가헤르츠 범위, 예컨대  $1.3\text{ GHz}$ 에 있을 수 있다.

[0045] xyz 좌표계는 위치 관계의 표시를 가능하게 하도록 이하에서 사용된다. 이러한 표시에서 y-좌표와 함께 x-좌표는 EUV 조명 및 이미징 광(3)의 빔 단면적을 일정하게 결친다. 따라서, z-방향은 조명 및 이미징 광(3)의 빔 방향으로 일정하게 나아간다. x-방향은 예컨대 도 2 및 도 12에서 수직으로, 즉, 투영 노광 장치(1)의 시스템이 수용되는 빌딩 평면에 수직으로 나아간다. 도 4 내지 도 11의 좌표계는 z-축에 관하여  $90^\circ$ 로 회전된다.

[0046] 도 1은 시스템의 투영 노광 장치(1) 중 하나의 주요 부품을 상당히 개략적으로 도시한다.

[0047] 광원(2)은 EUV로 빔(4)의 형태로 먼저 조명 및 이미징 광(3)을 모방한다. 도 3은 1:1의 x/y 종횡비로 EUV로 빔(4)을 통한 단면적을 좌측에서 상당히 개략적으로 도시한다. 일반적으로, 로 빔(4)은 가우시안 강도 프로파일을 갖는 빔으로서, 즉, 도 3에서 파선 경계선(5)으로 표시되는, 단면적이 등근 빔으로 존재한다. EUV로 빔(4)은 상당히 낮은 다이버전스를 갖는다.

[0048] 빔 성형 광학 유닛(6)(도 1 참조)은 EUV로 빔(4)으로부터 EUV 집광 출력 빔(7)을 생성하는 역할을 한다. 이것은 도 1에서 아주 개략적으로 도시되며 도 2에서는 다소 덜 개략적으로 도시된다. EUV 집광 출력 빔(7)은 매우 낮은 다이버전스를 갖는다. 도 3은 EUV 집광 출력 빔(7)의 종횡비를 좌측으로부터의 제 2 단면 도시에서 설명한다. 상기 종횡비는 시스템 내의 광원(2)에 의해 공급될 투영 노광 장치(1)의 수(N)에 따라 빔 성형 광학 유닛(6)에 의해 미리 한정된다. 빔 성형 광학 유닛(6)에 의해 생성된 x/y 종횡비는 통상적으로  $\sqrt{N}:1$ 이며, 조명 광(3)의 직사각형 빔 프로파일은 도 3에 도시된 바와 같이 생성된다. EUV 집광 출력 빔(7)은 균일하게 조명된 직사각형의 형상을 갖는다. 종횡비 컨트리뷰션  $\sqrt{N}:1$ 은 또한 원하는 세트포인트 종횡비, 예컨대 조명될 오브젝트 필드의 종횡비에 의해 곱해질 수 있다.

[0049] 도 2는 N=4인 시스템 설계를 표시하고, 그러므로 광원(2)은 조명광(3)을 갖는 도 1에 따른 투영 노광 장치(1)의 형태에 따라 4개의 투영 노광 장치를 공급한다. N=4일 경우, EUV 집광 출력 빔(7)의 x/y 종횡비는 2:1이다. 투영 노광 장치(1)의 수(N)는 또한 더 클 수 있으며 예컨대 최대 10이 될 수 있다.

[0050] 대안적인 시스템 설계에서, EUV 집광 출력 빔은 N:1의 x/y 종횡비를 갖는다. 이러한 비는 마찬가지로 원하는 세트포인트 종횡비로 곱해질 수 있다.

[0051] 출력 결합 광학 유닛(8)(도 1 및 도 2를 참조)은 EUV 집광 출력 빔(7)으로부터 복수의, 즉, N개의 EUV 개별 출력 빔( $9_i$  내지  $9_N$ ;  $i=1,\dots,N$ )을 생성하는 역할을 한다.

[0052] 도 1은 상기 EUV 개별 출력 빔(9), 즉, 출력 빔( $9_1$ ) 중 정확히 하나의 추가 안내를 도시한다. 도 1에 마찬가지로 개략적으로 도시된 출력 결합 광학 유닛(8)에 의해 생성된 기타 EUV 개별 출력 빔( $9_i$ )은 시스템의 기타 투영 노광 장치에 공급된다.

[0053] 출력 결합 광학 유닛(8)의 다운스트림에서, 조명 및 이미징 광(3)은 투영 노광 장치(1)의 오브젝트 필드(11)를 향해 빔 안내 광학 유닛(10)(도 1 참조)에 의해 안내되고, 상기 오브젝트 필드에는, 투영될 오브젝트와 같이 레티클의 형태로 리소그래피 마스크(12)가 배열된다. 빔 안내 광학 유닛(10)과 함께, 빔 성형 광학 유닛(6) 및 출력 결합 광학 유닛(8)은 투영 노광 장치(1)를 위한 조명 시스템이 된다.

- [0054] 빔 안내 광학 유닛(10)은 조명 광(3), 즉, EUV 개별 출력 빔( $9_i$ )에 대한 빔 경로의 순서대로, 편향 광학 유닛(13), 포커싱 어셈블리(14)의 형태인 입력 결합 광학 유닛 및 다운스트림 조명 광학 유닛(15)을 포함한다. 조명 광학 유닛(15)은 필드 패싯 미러(16) 및 동공 패싯 미러(17)를 포함하고, 이들의 기능은 선행기술로부터 알려진 기능에 상응하므로 매우 개략적으로 그리고 도 1에서의 관련된 EUV 빔 경로 없이 도시된다.
- [0055] 필드 패싯 미러(16)의 반사 이후, 조명 광(3)의 사용된 방사선 빔 - 상기 사용된 방사선 빔은 필드 패싯 미러(16)의 개별 필드 패싯(미도시)에 할당된 EUV 서브 빔으로 분할됨 - 은 동공 패싯 미러(17)상에 충돌한다. 동공 패싯 미러(17)의 동공 패싯(도 1에 도시되지 않음)은 원형이다. 상기 동공 패싯 중 하나는 필드 패싯 중 하나로부터 반사되는 사용된 방사선 빔의 각각의 서브 빔에 할당되므로, 필드 패싯 중 하나 그리고 동공 패싯 중 하나 상에 충돌되고 이를 포함하는 한 쌍의 패싯은 사용된 방사선 빔의 관련된 서브 빔에 대한 조명 채널 또는 빔 안내 채널을 미리 한정한다. 필드 패싯에 대한 동공 패싯의 채널별 할당은 투영 노광 장치(1)에 의해 원하는 조명에 따라 이뤄진다. 따라서, 조명 광(3)은 필드 패싯의 개별 패싯 및 동공 패싯의 개별 패싯을 포함하는 쌍을 통해 순차적으로 조명 채널을 따라 개별 조명 각도를 미리 한정하기 위하여 안내된다. 미리 정의된 동공 패싯을 개별적으로 구동하기 위하여, 필드 패싯 미러는 각각의 경우에 개별적으로 경사진다.
- [0056] 동공 패싯 미러(17)를 통해 그리고 적절할 경우 예컨대 3개의 EUV 미러(미도시)로 구성된 다운스트림 전달 광학 유닛을 통해, 필드 패싯은 투영 노광 장치(1)의 투영 광학 유닛(19)(마찬가지로 도 1에서 개략적으로 도시됨)의 레터를 또는 오브젝트 평면(18)의 조명 또는 오브젝트 필드(11) 내로 이미징된다.
- [0057] 필드 패싯 미러(16)의 필드 패싯의 조명을 통해 모든 조명 채널을 통해 야기되는 개별적인 조명각으로부터, 조명 광학 유닛(15)에 의해 오브젝트 필드(11)의 조명의 조명각 분포가 생성된다.
- [0058] 조명 광학 유닛(15)의 추가 실시예에서, 특히, 투영 광학 유닛(19)의 입사 동공의 적절한 위치를 고려하면, 사용된 방사선 빔에 대한 투영 노광 장치(10)의 투과율의 상응하는 상응을 야기하는 오브젝트 필드(11)의 업스트림의 전달 광학 유닛의 미러가 생략되는 것 또한 가능하다.
- [0059] 사용된 방사선 빔을 반사하는 레티클(12)은 오브젝트 필드(11)의 영역의 오브젝트 평면(18)에 배열된다. 레티클(12)은 레티클 변위 드라이브(21)에 의해 구동되는 방식으로 변위 가능한 레티클 홀더(20)에 의해 운반된다.
- [0060] 투영 광학 유닛(19)은 이미지 평면(23)의 이미지 필드(22)내로 오브젝트 필드(11)를 이미징한다. 투영 노광 동안, 웨이퍼(24)는 상기 이미지 평면(23)에 배열되고, 상기 웨이퍼는 투영 노광 장치(1)에 의한 투영 노광 동안 노출된 감광성 층을 갖는다. 웨이퍼(24)는 웨이퍼 변위 드라이브(26)에 의해 제어되는 방식으로 결국 변위 가능한 웨이퍼 홀더(25)에 의해 운반된다.
- [0061] 투영 노광 동안, 도 1의 레티클(12) 및 웨이퍼(24)는 레티클 변위 드라이브(21) 및 웨이퍼 변위 드라이브(26)의 상응하는 구동에 의해 x-방향으로 동기화된 방식으로 스캐닝된다. 웨이퍼는 투영 노광 동안 x-방향으로 통상적으로 600m/s의 스캔 속도로 스캐닝된다.
- [0062] 도 4 및 도 5는 빔 성형 광학 유닛(6)의 일 실시예를 도시한다. 도 4 및 도 5에 따른 빔 성형 광학 유닛은 총 4개의 미러(BS1, BS2, BS3 및 BS4)를 갖고, 이들은 조명 광(3)이 그에 충돌하는 순서대로 연속하여 넘버링된다. 도 4는 xz-평면에 평행하는 도면으로 빔 성형 광학 유닛(6)을 도시한다. 도 5는 yz-평면에 평행하는 평면도로 빔 성형 광학 유닛(6)을 도시한다.
- [0063] 도 4 및 도 5의 빔 성형 광학 유닛(6)의 미러(BS1 내지 BS4)에 의한 빔 편향의 도시는, 도 4의 미러(BS1 및 BS4)와 도 5의 미러(BS2 및 BS3)가 각각의 경우에 옵저버를 면하는 반사 표면을 갖는 평면도에서 도시되는 한 현실성이 없다. 실제로, 도 4의 미러(BS4)의 반사 표면과 도 5의 미러(BS3)의 반사 표면은 옵저버로부터 벗어나게 면한다.
- [0064] 조명 광(3)은 그레이징 입사로 모든 미러(BS1 내지 BS4)에 충돌한다. 조명 광(3)의 입사 또는 반사의 주 방향과 조명 광(3)이 충돌하는 개별적인 미러의 반사 표면 색션에 대한 법선(N) 사이의 입사각( $\alpha$ )이  $60^\circ$  보다 클 경우 그레이징 입사가 존재한다. 입사각( $\alpha$ )은 예컨대  $65^\circ$  보다 크고  $70^\circ$  보다 큼에 또한  $75^\circ$  보다 클 수 있다.
- [0065] 도 4 및 도 5에 따른 빔 성형 광학 유닛(6)은 2개의 빔 성형 미러 그룹(27, 28), 즉 미러(BS1 및 BS4) - 이들은 또한 도 4에서  $27_1$  및  $27_2$ 로도 지정됨 - 를 포함하는 빔 성형 미러 그룹(27) 및 미러(BS2 및 BS3) - 이들은 또한 도 5에서  $27_1$  및  $27_2$ 로도 지정됨 - 를 포함하는 빔 성형 미러 그룹(28)을 갖는다.

- [0066] 각각의 미러 그룹(27, 28)은 공통 그룹 입사 평면을 갖는다. 미러 그룹(27)의 입사 평면은  $yz$ -평면(도 5의 도면의 평면)에 평행한다. 미러 그룹(28)의 그룹 입사 평면은  $xz$ -평면(도 4의 도면의 평면)에 평행한다. 따라서, 미러 그룹(27, 28)의 2개의 그룹 입사 평면( $yz$  및  $xz$ )은 서로 상이하며 도시된 실시예에서 서로 수직이다.
- [0067] 빔 성형 미러 그룹(27)은  $yz$ -평면에서 EUV 집광 출력 빔(7)의 빔 성형을 위한 역할을 한다. 빔 성형 미러 그룹(28)은  $xz$ -평면으로 EUV 집광 출력 빔(7)의 빔 성형을 위한 역할을 한다.
- [0068] 한 측에서, 빔 성형 미러 그룹(27) 및 다른 한 측에서 빔 성형 미러 그룹(28)은, 원칙적으로 원통형 갈릴레오 망원경의 효과를 갖는다. 빔 프로파일의 재성형, 예컨대, 가우시안 강도 프로파일을 갖는 실질적으로 원형인 원 빔(4)에서 직사각형의 사용된 단면적 내의 균질한 강도 프로파일을 갖는 실질적으로 직사각형 EUV 집광 출력 빔(7)으로의 재성형을 성취하기 위하여, 빔 성형 미러 그룹(27 및/또는 28)의 미러 중 적어도 일부에는 자유형 프로파일이 제공될 수 있고, 즉 반사 표면으로서 자유형 표면을 갖는다. 자유형 프로파일은 원뿔 곡선으로서 표현할 수 없는 높이 프로파일이다. 여기서, 원뿔 곡선은 두 개의 직교 방향으로 상이한 원뿔 곡선을 기재하는 표면 형상을 의미하는 것으로 또한 이해되어야 하고, 이러한 표면 형상의 일례는 원통이다. 자유형 프로파일은 이러한 원뿔 곡선에 의해 기재될 수 없다. 빔 성형 광학 유닛(6)의 하나 이상의 미러의 높이 프로파일의 편차는 1 마이크로미터( $\mu\text{m}$ ), 특히 5 마이크로미터 이상 그리고 특히 20 마이크로미터 이상이 될 수 있다.
- [0069] 미러(BS2 및 BS3)를 포함하는 미러 그룹(28)은 추가 미러 그룹(27)의 제 1 미러(BS1)의 다운스트림 그리고 상기 추가 미러 그룹(27)의 제 2 및 마지막 미러(BS4)의 업스트림의 빔 경로에서 전체적으로 배열된다.
- [0070] 빔 성형 광학 유닛(6)의 실시 예에 따라, 조명 광(3)의 입사각은 미러 그룹(27, 28) 중 하나의 모든 미러 상에서 동일한 크기이거나 미러 그룹(27, 28) 중 하나의 적어도 2개의 미러 상에서 상이한 크기일 수 있다. 이러한 맥락에서, 입사 각은 EUV로 빔(4)에서 중심으로 나아가는 광선의 입사각을 의미하는 것으로 이해된다.
- [0071] 미러(BS1)는 볼록한 원통형 거울로서 구현되고, 이것의 실린더 축은  $x$ -축에 평행하게 나아간다. 미러(BS2)는 볼록한 원통형 거울로서 구현되고, 이것의 실린더 축은  $y$ -축에 평행하게 나아간다. 미러(BS3)는 오목한 원통형 미러로서 구현되며, 이것의 실린더 축은  $y$ -축에 평행하게 나아간다. 미러(BS4)는 오목한 원통형 미러로서 구현되며, 이것의 실린더 축은  $x$ -축에 평행하게 나아간다.
- [0072] 미러 그룹(27)은  $y$ -치수의 미러 그룹(28)의 확장 효과에 의해 2의 인수에 의해  $x$ -치수의 빔 직경의 확장을 제공한다. 더욱이, 2개의 미러 그룹(27, 28)은 EUV 집광 출력 빔(7)의 직사각형 단면 컨투어를 성형하는 역할을 한다.
- [0073] 도 6 내지 도 11은 빔 성형 광학 유닛(6)의 추가 실시예를 도시한다. 이러한 실시예는 다양한 빔 성형 미러 ( $BS_i$ ) ( $i = 1, \dots$ )를 통해 생성되는 편향 각의 시퀀스에 있어서 상이하다. 더욱이, 도 6 내지 도 11에 있어서, 미러( $BS_i$ )의 편향 효과만이, 미러 자체가 물리적으로 표시되지 않고도 각각의 경우에 도시된다.
- [0074] 도 6 및 도 7에 따른 빔 성형 광학 유닛(6)의 실시예는 미러(BS1 내지 BS4) 상의 조명 광(3)의 입사각에 관하여 그리고 또한 미러 그룹(27, 28)의 미러(BS1 내지 BS4)의 할당에 관하여 도 4 및 도 5에 따른 실시예에 상응한다. 미러(BS1 내지 BS4)에서의 조명 광(3)의 각도( $\alpha$ )는 도 6 및 도 7에 따른 실시예의 경우에서의 모든 이러한 미러에 일치한다. EUV 집광 출력 빔(7)의 주요 빔 방향은 따라서 빔 성형 광학 유닛(6)에 입사하는 EUV로 빔(4)의 주요 빔 방향에 일치한다.
- [0075] 도 8 및 도 9는 도 4 내지 도 7에 따른 빔 성형 광학 유닛(6) 대신에 사용될 수 있는 빔 성형 광학 유닛(29)의 추가 실시예를 도시한다. 빔 성형 광학 유닛(6)을 참조하여 상기 이미 기재된 것에 상응하는 부품 부분 및 기능은 빔 성형 광학 유닛(29)의 경우와 동일한 참조 번호를 가지며 이하에서 더욱 상세히 논의되지 않을 것이다.
- [0076] 빔 성형 광학 유닛(6)과는 대조적으로, 미러(BS1 내지 BS4) 상의 EUV 방사선의 상이한 입사각( $\alpha, \beta$ )은 빔 성형 광학 유닛(29)의 경우에 존재한다. 미러(BS1 및 BS2)가 입사각으로 각각의 경우에 반사하므로 제 3 미러 (BS3)까지의 빔 성형 광학 유닛(29)의 빔 경로가 빔 성형 광학 유닛(6)의 빔 경로에 상응한다. 미러(BS3 및 BS4)에서, 조명 광(3)은 입사각( $\alpha$ )에 의해 입사의 더 작은 각도( $\beta$ )로 그러나 여전히 그레이징 입사로 반사된다. 이는, 빔 성형 광학 유닛(29)으로부터 발산되는 EUV 집광 출력 빔(7)의 주요 빔 방향은  $z$ -방향으로 평행하게 나아가지 않고 그보다는  $xz$ -평면 그리고  $yz$ -평면 양쪽에서  $z$ -방향에 평행하게 나아가는 입사 방향에 관하여 0과 상이한 각도를 형성하는 효과를 갖는다.
- [0077] 빔 성형 광학 유닛(29)의 마지막 2개의 미러(BS3 및 BS4)에서의 더 작은 입사 각( $\beta$ )은 상기 마지막 2개의 미러

(BS3 및 BS4)의 구조적으로 더 작은 실시예, 즉 작은 확장된 반사 표면을 갖는 일 실시예를 가능하게 한다. 이 것은, 2개의 선두 미러(BS1 및 BS2)보다 빔 성형 광학 유닛(29)의 마지막 2개의 미러(BS3 및 BS4)에 더욱 중요한데, 이는, 마지막 미러(BS3 및 BS4)의 위치에서, 조명 광이 입사하는 EUV로 미러에 의해 단면에 있어서 이미 확장되어 있기 때문이다.

[0078] 도 10 및 도 11은 빔 성형 광학 유닛(6, 29) 대신에 사용될 수 있는 빔 성형 광학 유닛(30)의 추가 실시예를 도시한다. 빔 성형 광학 유닛(6, 29)을 참조하여 상기 기재된 부품 부분 및 기능은 빔 성형 광학 유닛(30)과 동일한 참조 번호를 가지며 이하에서 다시 논의되지 않을 것이다.

[0079] 빔 성형 광학 유닛(30)은 총 5개의 빔 성형 미러(BS1, BS2, BS3, BS4, BS5)를 갖고 이들은 빔 성형 광학 유닛(30) 내에서 조명광(3)이 충돌하는 순서로 연속하여 다시 넘버링된다. 미러(BS1, BS2 및 BS5)는 yz 입사 평면을 갖는 빔 성형 광학 유닛(30)의 제 1 미러 그룹(27)에 속한다. 2개의 남아있는 미러(BS3 및 BS4)는 xz 평면을 갖는 미러 그룹(28)에 속한다.

[0080] 제 1 미러(BS1)에서의 반사 이후에, 빔 성형 광학 유닛(30)의 조명 광(3)의 빔 경로는 빔 성형 광학 유닛(29)의 그것에 상응하며, 여기서 빔 성형 광학 유닛(30)의 미러(BS2 내지 BS5)는 빔 성형 광학 유닛(29)의 미러(BS1 내지 BS4)의 기능을 갖는다.

[0081] 조명 광(3), 즉 EUV로 빔(4)은 높은 그레이징 입사로 빔 성형 광학 유닛(30)의 제 1 미러(BS1)상에 충돌한다. 빔 성형 광학 유닛(30)의 제 1 미러(BS1)상의 조명 광(3)의 입사각( $\gamma$ )은 따라서 입사각( $\alpha$ )보다 더 크다. 입사각( $\gamma$ )은 한 측에서는 미러(BS1 및 BS2) 사이에서 조명 광(3)에 의해 나타나는 조명 광(3)의 빔 방향 차를 정확하게 보상하게 하는 크기를 갖고, 다른 한편으로는 yz-평면에서의 미러(BS5)의 다운스트림에서, 빔 성형 광학 유닛(30)으로부터 발산된 후 yz-평면의 조명 광(3)의 주요 빔 방향은 빔 성형 광학 유닛(30)에 들어간 직후 yz-평면의 주요 빔 방향으로, 즉 z-방향에 평행한다.

[0082] 빔 성형 광학 유닛(30)의 업스트림 그리고 다운스트림에서, 조명 광(3)은 시스템이 수용되는 빌딩의 빌딩 천장에 평행하게 나아간다.

[0083] 빔 성형 광학 유닛(30)의 미러 그룹(27)의 그룹 입사 평면(yz)상으로 투영되어서, 여기서 개별적인 미러( $27_1$  (BS1),  $27_2$  (BS2) 및  $27_3$  (BS5))는 상이한 입사각, 즉 ( $\alpha$ ,  $\gamma$  및  $\beta$ )을 갖고, 빔 성형 광학 유닛(30)에 의해 생성되는 EUV 집광 출력 빔(7)은 빔 성형 광학 유닛(30)에 입사하는 EUV로 빔(4)과 동일한 방향, 즉 z-방향으로 나아간다.

[0084] 빔 성형 광학 유닛(6 및 30)의 마지막 미러(BS4 및 BS5)의 반사 표면의 통상적인 단면적은 각각 1m 내지 1.5m이며, 이러한 미러는 통상적으로 제 1 근사치에 대하여 직사각형인 반사 표면을 통상적으로 가지며 명시된 단면적은 더 긴 2개의 축에 관련된다. 빔 성형 광학 유닛의 제 1 미러(BS1)의 반사 표면의 통상적인 단면적은 20mm 내지 100mm이다.

[0085] 빔 성형 광학 유닛(6 또는 30)을 며난 후, EUV 집광 출력 빔(7)의 광선은 실질적으로 평행하게 나아간다. EUV 집광 출력 빔(7)의 다이버전스는 10 mrad미만, 특히 1 mrad 미만, 특히 100  $\mu$ rad 미만 그리고 특히 10  $\mu$ rad 미만이 될 수 있다.

[0086] 도 2 및 도 12는 EUV 집광 출력 빔(7)으로부터 EUV 개별 출력 빔(9)을 생성하기 위한 출력 결합 광학 유닛(8)의 예시를 도시한다. 출력 결합 광학 유닛은 복수의 출력 결합 미러( $31_1$ ,  $31_2$ , ...)를 가지며, 이것은 EUV 개별 출력 빔( $9_1$ ,  $9_2$ , ...)에 할당되며 EUV 집광 출력 빔(7)으로부터 후자에 출력된다(couple out). 도 2는 출력 결합 미러( $31$ )에 의해 출력되는 동안  $90^\circ$ 로 조명광(3)이 편향되는 방식으로 출력 결합 미러( $31$ )의 배열을 도시한다. 도 12에서 개략적으로 도시된 바와 같이 조명 광(3)의 그레이징 입사를 갖고 출력 결합 미러( $31$ )가 동작되는 일 실시예가 선호된다. 도 2에 따른 실시예에서, 도 2에 따른 실시예에서, 출력 결합 미러( $31$ ) 상의 조명광(3)의 입사각( $\alpha$ )은 대략  $70^\circ$ 이 되 또한 그 이상 그리고 예컨대  $85^\circ$ 가 될 수 있으므로, EUV 집광 출력 빔(7)의 입사의 방향에 의해 개별적인 출력 결합 미러( $31$ )에 의한 EUV 개별 출력 빔(9)의 효과적인 편향은  $10^\circ$ 이다.

[0087] 출력 결합 미러( $31_i$ )의 각각은 히트 싱크(더욱 상세히 도시되지 않음)에 열적으로 출력된다.

[0088] 도 2는 총 4개의 출력 결합 미러( $31_1$  내지  $31_4$ )를 갖는 출력 결합 광학 유닛(8)을 도시한다. 도 12는 총 3개의 출력 결합 미러( $31_1$  내지  $31_3$ )를 갖는 출력 결합 광학 유닛(8)의 변형을 도시한다. 상이한 수(N개)의 출력 결합

미러(31)가 광원(2)에 의해 공급될 투영 노광 장치(1)의 수(N)에 따라 가능하며, 예컨대 N=2 또는  $N \geq 4$ , 특히  $N \geq 8$ 가 가능하다.

[0089] 결합 후에, EUV 개별 출력 빔(9)의 각각은  $1/\sqrt{N}$  : 1의 x/y 종횡비를 갖는다. 도 3의 우측을부터의 제 2 단면 도시는 이러한 종횡비를 갖고 EUV 개별 출력 빔(9) 중 하나를 도시한다. N=4인 경우에, x/y 종횡비는 1:2이다. 이러한 종횡비 컨트리뷰션은 마찬가지로 또한 원하는 세트포인트 종횡비로 곱해질 수 있다.

[0090] 출력 결합 미러(31<sub>i</sub> (i = 1, 2, ...))는 EUV 집광 출력 빔(7)의 빔 방향으로 서로 뒤에서 오프셋 방식으로 EUV 집광 출력 빔(7)의 빔 경로에 배열되므로 각각의 가장 가까운 출력 결합 미러(31<sub>i</sub>)는 EUV 집광 출력 빔(7)의 주변 단면 비율을 반사하여 상기 결합 미러(31<sub>i</sub>)를 지나쳐서 날아가는 남아있는 EUV 집광 출력 빔(7)으로부터 EUV 개별 출력 빔(9<sub>i</sub>)으로서 상기 단면 비율을 출력한다. 에지로부터 커플링하는 이러한 출력은 이하의 출력 결합 미러(31<sub>i+1</sub>, ...)에 의해 EUV 집광 출력 빔(7)의 마지막으로 여전히 남아있는 단면 비율이 출력될 때 까지 반복된다.

[0091] EUV 집광 출력 빔(7)의 단면적에서, y-축에 평행하게, 즉, EUV 집광 출력 빔(7)의 x/y 직사각형 단면의 더 짧은 측에 평행하게 나아가는 분리선(32) 상의 EUV 개별 출력 빔(9<sub>i</sub>)에 할당된 단면 비율들 사이에서 분리가 수행된다. EUV 개별 출력 빔(9<sub>i</sub>)의 분리는 각각의 경우에 다음 광학 부품 부분으로부터 더 멀어지게 벗어나는 단면 비율이 컷오프되는 방식으로 수행될 수 있다. 이것은 그 중에서도 출력 결합 광학 유닛(8)의 냉각을 촉진한다.

[0092] 조명 광(3)의 빔 경로의 출력 결합 광학 유닛(8)의 다운스트림의 편향 광학 유닛(13)은 먼저, 이들이 편향 광학 유닛(13)의 다운스트림의 수직 빔 방향을 각각 갖도록 EUV 개별 출력 빔(9)을 편향시키는 역할을 하고 다음으로 도 3의 최 우측에 도시된 바와 같이 1:1의 x/y 종횡비에 대한 EUV 개별 출력 빔(9)의 x/y 종횡비를 적응시키는 역할을 한다. 이러한 종횡비는 마찬가지로 원하는 세트포인트 종횡비로 곱해질 수 있다. 상기 x/y 종횡비는 종횡비 컨트리뷰션이며, 세트포인트 종횡비로 곱해지면, 예컨대 직사각형 또는 아치형 오브젝트 필드는 원하는 실제 종횡비를 산출한다. 상기 x/y 세트포인트 종횡비는 조명 광학 유닛(15)의 제 1 광학 소자의 종횡비가 될 수 있다. 상기 x/y 세트포인트 종횡비는 조명 광학 유닛(15)의 중간 초점(42)에서의 조명 광(3)의 각도의 종횡비가 될 수 있다.

[0093] EUV 개별 출력 빔(9)의 수직 빔 경로가 이미 출력 결합 광학 유닛(8)의 다운스트림에 존재하는 경우에, 편향 광학 유닛(13)의 편향 효과가 생략될 수 있으며 EUV 개별 출력 빔(9)의 x/y 종횡비에 관한 적응 효과는 충분하다.

[0094] 편향 광학 유닛(13)의 다운스트림의 EUV 개별 출력 빔(9)은, 적절할 경우 포커싱 어셈블리(14)를 통과한 뒤 이들이 각도에서 조명 광학 유닛(15)에 입사하고, 여기서 이들의 각도는 조명 광학 유닛의 효율적인 폴딩을 허용하는 방식으로 통과할 수 있다. 편향 광학 유닛(13)의 다운스트림은, EUV 개별 출력 빔(9<sub>i</sub>)이 수직에 관하여 0° 내지 10°의 각도로, 수직에 관하여 10° 내지 20°의 각도로 또는 수직에 관하여 20° 내지 30°의 각도로 통과할 수 있다.

[0095] 편향 광학 유닛(13)에 대한 다양한 변형은 도 13 내지 도 19를 참조하여 이하에서 기재된다. 이러한 경우에 조명 광(3)은 단일 광선으로서 개략적으로 도시되고, 즉, 빔 조명이 생략된다.

[0096] EUV 개별 출력 빔(9<sub>i</sub>)의 다이버전스는 편향 광학 유닛을 통과한 이후에 10 mrad 미만, 특히 1 mrad 미만 그리고 특히 100 μrad 미만이 될 수 있고, 즉, EUV 개별 출력 빔(9<sub>i</sub>)의 빔의 2개의 자의적인 광선들 사이의 각도는 20mrad 미만, 특히 2mrad 미만 그리고 특히 200 μrad 미만이다. 이것은 이하에서 기재된 변형을 충족한다.

[0097] 도 13에 따른 편향 광학 유닛(13)은 대략 75°의 편향각에 의해 출력된 EUV 개별 출력 빔(9)을 전체적으로 편향한다. EUV 개별 출력 빔(9)이 수평(xy-평면)에 대하여 대략 15°의 각도로 도 13에 따라 편향 광학 유닛(13) 상에 입사하고 도 13에서 x-축에 평행하는 빔 방향을 갖고 편향 광학 유닛(13)을 벗어난다. 편향 광학 유닛(13)은 대략 55%의 EUV 개별 출력 빔(9)의 총 투과율을 갖는다.

[0098] 도 13에 따른 편향 광학 유닛(13)은 총 6개의 편향 미러(D1, D2, D3, D4, D5 및 D6)를 갖고, 이 편향 미러들은 조명 광(3)이 빔 경로에서 미러에 충돌하는 순서로 연속적으로 넘버링된다. 편향 미러(D1 내지 D6)로부터, 각각의 경우에, 그의 반사 표면을 통한 단면이 개략적으로 도시되고, 여기서 각각의 반사 표면의 곡률이 상당히 과장된 방식으로 도시된다. 조명 광(3)은 xz 평면에 평행하는 공통 편향 입사 평면에서 그레이징 입사를 갖고

도 13에 따른 편향 광학 유닛(13)의 모든 미러(D1 내지 D6)상에서 충돌한다.

[0099] 미러(D1 및 D2)는 y-축에 평행하는 실린더 축을 갖는 불록한 원통형 거울로서 구현된다. 미러(D3)는 평면 미러로서 구현된다. 미러(D4 내지 D6)는 y-축에 평행하는 실린더 축을 다시 갖는 오목한 원통형 미러로서 구현된다.

[0100] 불록한 원통형 미러는 돔형 미러로 또한 지칭된다. 오목한 원통형 미러는 또한 접시형(dished) 미러로도 지칭된다.

[0101] 미러(D1 내지 D6)의 결합된 빔 성형 효과는,  $x/y$  종횡비가 값  $1/\sqrt{N}$  : 1에서 값 1:1으로 적응되게 된다. 따라서, x-방향에서, 비율에서, 빔 단면적은 인수( $\sqrt{N}$ )만큼 스트레칭된다.

[0102] 편향 미러(D1 내지 D6) 중 적어도 하나 또는 모든 편향 미러(D1 내지 D6)는 할당된 액추에이터(34)에 의해 x-방향으로 및/또는 z-방향으로 변위가능하도록 구현될 수 있다.

[0103] 먼저 편향 효과의 적용 그리고 다음으로 편향 광학 유닛(13)의 종횡비 적용 효과가 결과적으로 야기될 수 있다. 대안적으로 또는 추가로, 편향 미러(D1 내지 D6) 중 적어도 하나는 곡률의 그 반경에 관하여 적용가능한 미러로서 구현될 수 있다. 이러한 목적으로, 개별적인 미러(D1 내지 D6)는 도면에 도시되지 않는 액추에이터 시스템에 의해 서로에 관하여 변위가능한 복수의 개별적인 미러로부터 구성될 수 있다.

[0104] 투영 노광 장치(1)를 포함하는 시스템의 다양한 광학적 어셈블리가 적응적으로 구현될 수 있다. 기본적으로 얼마나 많은 투영 노광 장치(1) 광원(2)으로부터 EUV 개별 출력 빔( $9_i$ ), 어떠한 에너지 비 그리고 어떠한 빔 기하학적 형상이 개별적인 편향 광학 유닛(13)을 통해 통과한 후에 개별적인 EUV 개별 출력 빔( $9_i$ )에 대하여 존재하도록 의도되는지 미리 한정하는 것은 불가능하다. 미리 정의된 값에 따라, EUV 개별 출력 빔( $9_i$ )은 그 강도에 있어서 그리고 그 세트포인트 x/y 종횡비에 있어서 상이할 수 있다. 특히, EUV 개별 출력 빔( $9_i$ )의 에너지 비를 변경하기 위하여 출력 결합 미러( $31_i$ )를 적응적으로 변경함으로써 그리고 편향 광학 유닛(13)을 적응적으로 설정함으로써 편향 광학 유닛(13)을 통과한 후 EUV 개별 출력 빔( $9_i$ )의 크기 및 종횡비를 변함 없이유지하는 것이 가능하다.

[0105] N개의 투영 노광 장치(1)를 포함하는 시스템에서 도 13에 따라 편향 광학 유닛(13)의 대신에 사용될 수 있는 편향 광학 유닛의 추가 실시예가 도 14 내지 도 19를 참조하여 이하에서 기재된다.

[0106] 도 1 내지 도 13을 참조하여 그리고 특히 도 13을 참조하여 상기 이미 기재된 부품 부분 및 기능은 동일한 참조 번호를 사용하며 이하에서 더욱 상세히 논의되지 않을 것이다.

[0107] 도 14에 따른 편향 광학 유닛(35)은 조명 광(3)의 빔 경로에서 총 4개의 미러(D1, D2, D3, D4)를 갖는다. 미러(D1)는 불록한 원통형 미러로서 구현된다. 미러(D2 내지 D4)는 오목한 원통형 미러로서 구현된다.

[0108] 더욱 정확한 광학적인 데이터는 이하의 표로부터 알 수 있다. 이러한 경우에, 제 1 열은 개별적인 미러(D1 내지 D4)의 곡률의 반경을 표시하고 제 2 열은 개별적인 미러(D1 내지 D3)와 개별적으로 이어지는 미러(D2 내지 D4) 사이의 길이를 표시한다. 이 길이는 상응하는 반사 사이의 EUV 개별 출력 빔( $9_i$ )내의 중심 광선에 의해 커버되는 길이에 관련된다. 이러한 표에서 그리고 후속하는 표에서 사용되는 단위는 다르게 기재되지 않는 한, 각각의 경우에 mm이다. EUV 개별 출력 빔( $9_i$ )은 이러한 경우에 10mm의 반지름( $d_{in}$  2)을 갖는 편향 광학 유닛(13)에 입사한다.

### 표 1

	곡률의 반경	다음 미러까지의 거리
D1	2922.955800	136.689360
D2	-49802.074797	244.501473
D3	-13652.672229	342.941568
D4	-22802.433560	

[도 14에 관련된 표]도 14에 따른 편향 광학 유닛(35)은 3의 인수만큼 x/y 종횡비를 확장시킨다.

[0111] 도 15는 4개의 미러(D1 내지 D4)를 마찬가지로 포함하는 편향 광학 유닛(36)의 추가 실시예를 도시한다. 미러(D1)는 볼록한 원통형 미러이다. 미러(D2)는 평면 미러이다. 미러(D3 및 D4)는 동일한 곡률의 반경을 갖는 2개의 원통형 미러이다.

[0112] 레이아웃에 있어서 도 14에 관련된 표와 상응하는 이하의 표로부터 더 정확한 데이터를 알 수 있다.

표 2

	곡률의 반경	다음 미러까지의 거리
D1	5080.620899	130.543311
D2	0.000000	187.140820
D3	-18949.299940	226.054877
D4	-18949.299940	

[0114] [도 15에 관련된 표]도 15에 따른 편향 광학 유닛(36)은 2의 인수만큼 EUV 개별 출력 빔(9)의 x/y 종횡비를 확장시킨다.

[0115] 도 16은 5개의 미러(D1 내지 D5)를 포함하는 편향 광학 유닛(37)의 추가 실시예를 도시한다. 제 1 미러(D1)는 볼록한 원통형 미러이다. 제 2 미러(D2)는 평면 미러이다. 추가 미러(D3 내지 D5)는 오목한 원통형 미러이다.

[0116] 레이아웃에 있어서 도 14 및 도 15에 관련된 표와 상응하는 이하의 표로부터 더 정확한 데이터를 알 수 있다.

표 3

	곡률의 반경	다음 미러까지의 거리
D1	3711.660251	172.323866
D2	0.000000	352.407636
D3	-27795.782391	591.719804
D4	-41999.478002	717.778100
D5	-101011.739006	

[0118] [도 16에 관련된 표]도 16에 따른 편향 광학 유닛(37)은 5의 인수만큼 EUV 개별 출력 빔(9)의 x/y 종횡비를 확장시킨다.

[0119] 편향 광학 유닛(37)의 추가 실시예는 곡률의 반경 및 미러 거리에서만 도 16에 따른 실시예와 상이하고, 이는 이하의 표에서 표시된다.

표 4

	곡률의 반경	다음 미러까지의 거리
D1	4283.491081	169.288384
D2	0.000000	318.152124
D3	-26270.138665	486.408438
D4	-41425.305704	572.928893
D5	-91162.344644	

[0121] ["도 16에 관련된 대안적인 설계"]도 16에 따른 제 1 실시예에 비해, 이러한 대안적인 설계는 x/y 종횡비에 대한 4의 확장 인수를 갖는다.

[0122] 편향 광학 유닛(37)의 또 다른 실시예는 곡률의 반경 및 미러 거리에 있어서 도 16에 따른 실시예와 상이하고, 이는 이하의 표에서 표시된다.

표 5

	곡률의 반경	다음 미러까지의 거리
D1	5645.378471	164.790501
D2	0.000000	269.757678
D3	-28771.210382	361.997270

D4	-55107.732703	424.013033
D5	-55107.732703	

[0124] [도 16에 관련된 "추가 대안적인 설계"]상기 기재된 실시예에 비해, 이러한 추가 대안 설계는 x/y 종횡비에 대한 3의 확장 인수를 갖는다. 2개의 미러(D4 및 D5)의 곡률의 반경이 일치한다.

[0125] 도 17은 6개의 미러(D1 내지 D6)를 포함하는 편향 광학 유닛(38)의 추가 실시예를 도시한다. 제 1 미러(D1)는 볼록한 원통형 미러이다. 다음 2개의 편향 미러(D2, D3)는 각각의 경우에 동일한 곡률의 반경을 갖는 오목한 원통형 미러이다. 다음 편향 미러(D4)는 평면 미러이다. 편향 광학 유닛(38)의 마지막 2개의 편향 미러(D5, D6)는 한번 더, 일치하는 곡률의 반경을 갖는 오목한 원통형 미러이다.

[0126] 레이아웃에 있어서 도 16에 관련된 표와 상응하는 이하의 표로부터 더 정확한 데이터를 알 수 있다.

표 6

	곡률의 반경	다음 미러까지의 거리
D1	7402.070457	197.715713
D2	-123031.042588	332.795789
D3	-123031.042588	459.491141
D4	0.000000	608.342998
D5	-87249.129389	857.423893
D6	-87249.129389	

[0128] [도 17에 관련된 표]편향 광학 유닛(38)은 x/y 종횡비에 대한 5의 확장 인수를 갖는다.

[0129] 도 18은 6개의 미러(D1 내지 D6)를 포함하는 편향 광학 유닛(39)의 추가 실시예를 도시한다. 편향 광학 유닛(39)의 제 1 미러(D1)는 볼록한 원통형 미러이다. 다운스트림의 제 2 편향 미러(D2)는 평면 미러이다. 다운스트림 편향 미러(D3 내지 D6)는 각각의 경우에 오목한 원통형 미러이다. 한 측에서의, 미러(D3 및 D4)의 그리고 다른 측에서의 미러(D5 및 D6)의 곡률의 반경은 일치한다.

[0130] 레이아웃에 있어서 도 17에 관련된 표와 상응하는 이하의 표로부터 더 정확한 데이터를 알 수 있다.

표 7

	곡률의 반경	다음 미러까지의 거리
D1	7950.882348	196.142128
D2	0.000000	322.719989
D3	-207459.983757	451.327919
D4	-207459.983757	627.317787
D5	-90430.481262	839.555523
D6	-90430.481262	

[0132] [도 18에 관련된 표]편향 광학 유닛(39)은 x/y 종횡비에 대한 5의 확장 인수를 갖는다.

[0133] 도 18에 관련된 대안적인 설계에서, 미러 시퀀스(볼록/평면/오목/오목/오목/오목)는 편향 광학 유닛(39)의 상기 기재된 실시예에서와 마찬가지다.

[0134] 도 18에 따른 이러한 대안적인 설계는 이하의 표에 의해 도시되는 바와 같이 특정한 곡률의 반경 및 미러 거리에 있어서 상이하다.

표 8

	곡률의 반경	다음 미러까지의 거리
D1	10293.907897 S	192.462359
D2	0.000000 S	285.944981
D3	-101659.408806 S	360.860262
D4	-101659.408806 S	451.967976
D5	-101659.408806 S	517.093086

D6	-101659.408806	
----	----------------	--

[0136] ["도 18에 관련된 대안적인 설계"] 도 18에 따른 이러한 대안적인 설계는 EUV 개별 출력 빔(9)의 x/y 종횡비의 4의 확장 인수를 갖는다.

[0137] 도 19는 6개의 미러(D1 내지 D6)를 포함하는 편향 광학 유닛(40)의 추가 실시예를 도시한다. 편향 광학 유닛(40)의 제 1 편향 미러(D1)는 볼록한 원통형 미러이다. 2개의 다운스트림 편향 미러(D2 및 D3)는 평면 미러이다. 편향 광학 유닛(40)의 다운스트림 편향 미러(D4 내지 D6)는 오목한 원통형 미러이다. 마지막 2개의 편향 미러(D5 및 D6)의 곡률의 반경은 동일하다.

[0138] 레이아웃에 있어서 도 18에 관련된 표와 상응하는 이하의 표로부터 더 정확한 데이터를 알 수 있다.

표 9

	곡률의 반경	다음 미러까지의 거리
D1	8304.649871	195.440359
D2	0.000000	314.991402
D3	0.000000	435.995630
D4	-237176.552267	622.135962
D5	-85355.457233	852.531832
D6	-85355.457233	

[0140] [도 19에 관련된 표] 편향 광학 유닛(40)은 x/y 종횡비에 대한 5의 확장 인수를 갖는다.

[0141] 추가 변형(미도시)에서, 편향 광학 유닛은 총 8개의 미러(D1 내지 D8)를 갖는다. EUV 개별 출력 빔(9)의 빔 경로의 2개의 리드하는 편향 미러(D1 및 D2)는 오목한 원통형 미러이다. 4개의 다운스트림 편향 미러(D3 내지 D6)는 볼록한 원통형 미러이다. 이러한 편향 광학 유닛의 마지막 2개의 편향 미러(D7 및 D8)는 다시 한번, 오목한 원통형 미러이다.

[0142] 이러한 미러(D1 내지 D8)는 도 13에서 미러(D1)에 비교 가능한 방식으로 액추에이터(34)에 연결되며, 이러한 액추에이터에 의해 인접하는 미러(D1 내지 D8) 사이의 거리가 미리 한정될 수 있다.

[0143] 이하의 표는 8개의 미러(D1 내지 D8)를 포함하는 이러한 편향 광학 유닛의 설계를 도시하고, 예상치 않은 EUV 개별 출력 빔( $9_i$ )의 상이한 반지름( $d_{out}/2$ )에 대한 미러 거리가 또한 곡률의 반경을 제외하고도 표시된다. 이러한 경우에, EUV 개별 출력 빔은 10mm의 반지름( $d_{in}/2$ )을 갖는 8개의 미러(D1 내지 D8)를 포함하는 편향 광학 유닛에 입사하므로 4.0, 4.5 및 5.0의 편향된 EUV 개별 출력 빔( $9_i$ )의 x/y 종횡비에 대한 확장 인수는 표시된 거리 값에 따라 구현된다.

표 10

	곡률의 반경 [mm]	40mm 반지름	45mm 반지름에 대한 거리 [mm]	50mm 반지름
D1	-24933.160828	233.314949	313.511608	355.515662
D2	-96792.387128	261.446908	184.453510	159.189884
D3	13933.786194	120.747224	278.984993	124.048048
D4	7248.275614	150.818354	311.248621	385.643707
D5	29532.874950	204.373669	219.654058	296.180993
D6	100989.002210	872.703663	698.841397	665.602749
D7	-87933.616578	1176.395997	1462.002885	1318.044212

D8	-79447.352117			
----	---------------	--	--	--

[0145] 편향 광학 유닛의 추가 실시예(마찬가지로 미도시)에서, 4개의 미러(D1 내지 D4)가 존재한다. EUV 개별 출력 빔( $9_i$ )의 빔 경로의 제 1 미러(D1) 및 제 3 미러(D3)는 볼록한 원통형 미러로서 구현되고 2개의 추가 미러(D2 및 D4)는 오목한 원통형 미러로서 구현된다. 이하의 표는 곡률의 반경을 제외하고 10mm의 EUV 개별 출력 빔( $9_i$ )의 입력 반지름( $d_{in}/2$ )에 대하여 계산되는 거리값을 또한 표시하며, 상기 표시 값은 1.5 (반지름  $d_{out}/2$  15mm)의, 1.75 (반지름  $d_{out}/2$  17.5mm)의 그리고 2.0 (반지름  $d_{out}/2$  20mm)의 x/y 종횡비에 대한 4개의 미러(D1 내지 D4)를 포함하는 이러한 편향 그룹을 통과한 직후 확장 인수를 생성한다.

표 11

	곡률의 반경 [mm]	15mm 반지름	17.5mm 반지름에 대한 거리 [mm]	20mm 반지름
D1	112692.464497	1718.226630	6884.616863	7163.537958
D2	-488601.898900	250.044362	205.433074	3185.838011
D3	112362.082498	1439.444519	263.976778	175.458248
D4	-86905.078626			

[0147] 편향 광학 유닛(13)은 평행하는 입사 광이 다시 평행으로 편향 광학 유닛을 남기는 방식으로 설계될 수 있다. 편향 광학 유닛을 벗어난 후에 평행하는 입사로 편향 광학 유닛(13)에 들어가는 EUV 개별 출력 빔( $9_i$ )의 광선의 방향의 편차는 10 mrad미만, 특히 1 mrad 미만 그리고 특히 100  $\mu$ rad 미만이 될 수 있다. 편향 광학 유닛(13)의 미러( $D_i$ )는 또한 굴절력 없이, 즉, 평면 방식으로 구현될 수 있다. 이것은, 특히 EUV 집광 출력 빔(7)의 x/y 종횡비가 N:1의 종횡비를 갖고, N이 광원(2)에 의해 공급될 투영 노광 장치(1)의 수일 경우 가능하다. 종횡비는 또한 원하는 세트포인트 종횡비로 곱해질 수 있다.

[0148] 굴절력을 갖지 않는 미러( $D_i$ )로 구성되는 편향 광학 유닛(13)은 3개 내지 10개의 미러, 특히 4개 내지 8개의 미러, 특히 4개 또는 5개의 미러로 구성될 수 있다.

[0149] 광원(2)은 선형으로 방출되는 광을 방출할 수 있고; 편향 광학 유닛(13)의 미러 상에 충돌한 직후 조명 광(3)의 편광 방향, 즉 전기장 강도 벡터의 방향은 입사 평면에 수직일 수 있다. 굴절력을 갖지 않는 미러( $D_i$ )로 구성된 편향 광학 유닛(13)은 3개 미만의 미러, 특히 하나의 미러로 구성될 수 있다.

[0150] 빔 안내 광학 유닛(10)에서, 포커싱 어셈블리(41)는 개별적인 EUV 개별 출력 빔( $9_i$ )의 빔 경로의 개별적인 편향 광학 유닛의 다운스트림에 배치되고, 상기 포커싱 어셈블리는 또한 입력 결합 광학 유닛으로서 지정된다.

[0151] 도 20은 EUV 개별 출력 빔( $9_i$ ) 중 하나에 대한 입력 결합 광학 유닛(41)의 기능을 개략적으로 도시한다. 포커싱 어셈블리(41)는 빔 안내 광학 유닛(10)의 중간 포커스(42)내로 개별적인 EUV 개별 출력 빔( $9_i$ )을 전달한다. 중간 초점(42)은 조명 광(3)에 대한 스루 개구(43)의 위치에 배치된다. 스루 개구(43)는 투영 노광 장치(1)를 포함하는 시스템이 수용되는 빌딩의 천장에서 구현될 수 있다. 빌딩 천장은 도 1에 또한 도시되는 빔 안내 광학 유닛(10)의 중간 초점 평면(44)에서 나아간다.

[0152] 초점 어셈블리(41)는 대략 10°의 주광선(CR)에 대한 유효 편향 각도를 갖는다.

[0153] 다른 구성에서, 포커싱 어셈블리(41)는 중앙 주광선(CR)에 대한 유효한 편향 각도를 갖고, 여기서 유효 편향 각도는  $\delta/2$ 와  $\delta$  사이이고,  $\delta$ 는 중앙 주광선과 주변광선 사이의 중간 초점(42)에서의 각도이다.  $\delta$ 의 사인은 또한 중간 초점(42)에서의 방사선(3)의 개구수(NA)로도 지정된다.

[0154] 도 21은 도 20에 따른 포커싱 어셈블리(41) 대신에 사용될 수 있는 대안적인 포커싱 어셈블리(45)의 포커싱 효과를 도시한다. 포커싱 어셈블리(41)와는 대조적으로, 포커싱 어셈블리(45)는 동일한 편향 방향, 즉, 음의 y-값을 향해 xz-입사 평면에서 입사하는 EUV 개별 출력 빔( $9_i$ )의 모든 개별 광선을 편향한다. 도 21의 가장 좌측

상에 도시된 EUV 개별 출력 빔(9<sub>i</sub>)의 포커싱된 개별 광선(46)의 최소 편향각은 도 21에서  $\alpha$ 로 지정되거나 5° 미만이다.

[0155] 포커싱 어셈블리(45)는 대략 20°의 중앙 주광선(CR)에 대한 유효 편향각을 갖는다.

[0156] 또 다른 구성에서, 포커싱 어셈블리(45)는 중앙 주광선(CR)에 대한 유효 편향각을 갖고, 유효 편향각은  $\delta/2$ 와  $\delta$  사이이며,  $\delta$ 는 중앙 주광선과 주변광선 사이의 중간 포커스(42)에서의 각도이다.

[0157] 포커싱 어셈블리(41 또는 45)를 위하여 사용될 수 있는 포커싱 어셈블리에 대한 실시예 변형은 도 22 내지 도 25를 참조하여 이하에서 설명된다.

[0158] 도 22 내지 도 25는 각각의 경우에, 포함된 미러 반사 표면을 통한 자오 단면을 도시한다. 상기 미러 표면의 사용된 반사 표면은 더 두꺼운 선으로 강조된다. 개별적인 미러 형상 대하여 표면 설계를 타원형-쌍곡면형/포물면형으로 설명하기 위하여, 각각의 미러 형상 특징의 모 표면(parent surface)에 있어서, 커트(cut)는 마찬가지로 얇은 선으로 도시된다.

[0159] 도 22에 따른 포커싱 어셈블리(46)는 개별적인 EUV 개별 출력 빔(9<sub>i</sub>)의 빔 경로의 다운스트림에 배치된 2개의 미러, 즉, 선두 타원형 미러(47) 및 다운스트림의 쌍곡면 미러(48)를 갖는다.

[0160] EUV 개별 출력 빔(9<sub>i</sub>)의 중앙 주광선(CR)의 유효 편향각은 포커싱 어셈블리(46)의 경우에 대략적으로 50°이다. 2개의 미러(47 및 48)에서의 반사 직후 중앙 주광선(CR)에 대한 편향각은 포커싱 어셈블리(46)의 경우에 추가된다.

[0161] 미러(47 및 48)는 오목한 미러로서 구현된다. 포커싱 어셈블리(46)는 타입 I 볼터 콜렉터의 방식으로 구현된다. 상이한 형태의 볼터 콜렉터에 관한 정보는, H. 볼터의 "X-선을 위한 이미징 광학 유닛으로서의 그레이징 미러 시스템(물리학 연보, 10권, 94-114쪽, 1952)"에서 찾을 수 있다.

[0162] 대안적인 구성에서, 포커싱 어셈블리(46)의 경우에 EUV 출력 빔(9<sub>i</sub>)의 중앙 주광선(CR)에 대한 유효 편향각은 40° 미만, 특히 30° 미만, 특히 15° 미만 그리고 특히 10° 미만이다.

[0163] 대안적인 구성에서, 포커싱 어셈블리(46)의 경우에 EUV 출력 빔(9<sub>i</sub>)의 중앙 주광선(CR)에 대한 유효 편향각은 중간 초점(42)에서의 중앙 주광선(CR)과 주변 광선사이의 각도의 2배보다 작다.

[0164] 마찬가지로, 도 23에 따른 포커싱 어셈블리(49)는 2개의 미러, 즉, 선두의 타원형 미러(50) 및 다운스트림의 쌍곡면 미러(51)를 포함한다.

[0165] 미러(50)는 오목하고 미러(51)는 볼록하다.

[0166] 미러(50 및 51)에서의 반사 직후 중앙 주광선(CR)에 대한 편향각은 포커싱 어셈블리(49)의 경우에 감산된다.

[0167] 중앙 주광선(CR)에 대한 유효 편향각은 포커싱 어셈블리(49)의 경우에 대략 30°이다.

[0168] 포커싱 어셈블리(49)는 타입 II 볼터 콜렉터의 방식으로 구현된다.

[0169] 대안적인 구성에서, 포커싱 어셈블리(49)는 최대 20°의, 특히 최대 15°의 그리고 특히 최대 10°의 주광선(CR)에 대한 유효 편향각을 갖는다.

[0170] 포커싱 어셈블리(49)의 일 구성에서, 주광선(CR)에 대한 유효 편향각은 중간 초점(42)에서의 주광선(CR)과 주변 광선 사이의 각도의 2배보다 작다.

[0171] 도 24에 따른 포커싱 어셈블리(52)는 마찬가지로 EUV 개별 출력 빔(9<sub>i</sub>)의 빔 경로에서 서로의 다운스트림에 배치된 2개의 미러, 즉, 선두 포물면 미러(53)와 다운스트림의 타원형 미러(54)를 갖는다.

[0172] 미러(53)는 볼록한 미러이며 미러(54)는 오목한 미러이다.

[0173] 미러(53 및 54)에서의 반사 직후 중앙 주광선(CR)에 대한 편향각은 포커싱 어셈블리(52)의 경우에 감산된다.

[0174] 주광선(CR)에 대한 유효 편향각은 포커싱 어셈블리(52)의 경우에 대략 50°가 된다.

[0175] 포커싱 어셈블리(52)는 타입 III 볼터 콜렉터의 방식으로 구현된다.

[0176] 도 25는 타입 III 볼터 콜렉터의 방식으로 마찬가지로 구현되는 포커싱 어셈블리(52)의 추가 실시예를

도시한다. 도 21 내지 도 24에 따른 포커싱 어셈블리를 참조하여 특히 도 24에 따른 포커싱 어셈블리를 참조하여 상기 기재된 부품 부분 및 기능은 동일한 참조 부호를 갖고 다시 상세히 논의되지 않을 것이다.

[0177] EUV 개별 출력 빔( $9_i$ )의 출력 다이버전스는 중간 초점(42)에서의 EUV 개별 출력 빔( $9_i$ )의 개구수(NA)에 의해 미리 한정된다. 상기 개구수(NA)에 따라, 도 25에 따른 포커싱 어셈블리의 투과율( $T$ )에 대하여 이하와 같이 명시될 수 있다:  $T = 1 - 0.9NA$ .

[0178] 이러한 경우에, 개구수(NA)는 중간 초점(42)에서의 주광선과 주변광선 사이의 사인으로 한정된다. 등가의 정의는 NA가 빔 다이버전스 각도의 절반의 사인임을 명시한다.

[0179] 타원형 미러(54)의 반사 표면을 기재하는 타원형의 주요 반축은 길이(a)를 갖는다. 포커싱 어셈블리(55)에 요구되는 구조적인 공간(2a)은 2a의 통상적인 치수를 갖는다.

[0180] 통상적인 구조적인 치수(2a)는 포커싱 어셈블리(55)에서의 입사 직후 EUV 개별 출력 빔( $9_i$ )의 빔 직경(d)의 대략적으로 50배이다. 이러한 비는 중간 초점(42)에서의 개구수(NA) 상에 가장 약하게 의존한다.

[0181] 타원형 미러(54)의 반사 표면의 통상적인 치수는 마찬가지로 a이다. 1.4m의 타원형 미러(54)의 반사 표면의 통상적인 크기를 고려하면, 대략 60mm의 직경은 빔 직경(d)을 따른다.

[0182] 타원형 미러(54)는 짧은 반축(b)을 갖는다. 상기 짧은 반축(b)은 도 25의 도면의 평면에 수직이다. 반축의 비(b/a)에 있어서,

[0183]  $b/a \sim 0.8NA$ 는 참이다.

[0184] 이러한 경우에, NA는 중간 초점(42)의 개구수이다.

[0185] 포물면 미러(53)은 초점 길이(f)를 갖는다. 타원형 미러(54)의 긴 반축(a) 그리고 포물면 미러의 초점 길이(f)의 비에 있어서:

[0186]  $a/f > 50$ 은 참이다.

[0187] 투영 노광 장치(1)에 의한 마이크로구조화된 또는 나노구조화된 부품의 제조 동안, 먼저, 레티클(12) 및 웨이퍼(24)가 제공된다. 이후에, 레티클(12) 상의 구조는 투영 노광 장치(1)의 도움으로 웨이퍼(24)의 감광성 층 상으로 투영된다. 감광성 층의 현상에 의해, 마이크로구조 또는 나노구조는 웨이퍼(24) 상에 제조되며, 마이크로구조화된 또는 나노구조화된 부품, 예컨대 메모리 칩의 형태인 반도체 부품이 제조된다.

[0188] 투영 노광 장치(1), 특히 빔 성형 광학 유닛(6)의 추가 측면이 이하에서 기재된다.

[0189] 통상적으로, 빔 성형 광학 유닛(6)은 로 빔(4)으로부터, 투과성 빔으로도 지칭되는 집광 출력 빔(7)을 성형하는 역할을 한다. 집광 출력 빔(7)은 출력 결합 광학 유닛(8)에 의해, 상이한 스캐너로 안내되는 개별적인 출력 빔( $9_i$ )내로 분리된다.

[0190] 전달 빔은 긴 거리에 대해 즉각적으로 전달될 수 있다. 이러한 목적으로, 전달 빔은 상당히 작은 다이버전스를 갖는 것이 유리하다. 빔 성형 광학 유닛(6)과 스캐너 사이, 특히 스캐너의 조명 광학 유닛(15)들 사이의 거리는 필수적으로 알려질 필요가 없으므로 이것은 유리하다.

[0191] 스캐너를 따라 더욱 쉽게 전달 빔을 분할하는 것을 가능하게 하도록, 원 빔(4)에 대한 경우에서와 마찬가지로, 가우시안 프로파일보다는 실질적으로 균질한 강도 프로파일을 가질 경우 유리하다. 이것은, 상기 기재된 바와 같이 빔 성형 광학 유닛(6)에 의해 특히 자유형 표면에서의 반사에 의해 성취될 수 있다.

[0192] 균질한 강도 프로파일을 갖는 집광 출력 빔(7)은 상이한 개별 출력 빔( $9_i$ )으로 균일하게 집광 출력 빔(7)을 나누는 것을 쉽게 한다. 그러나, 본 발명에 있어서, 균질성 요건이 개별 스캐너의 도즈 안정성을 성취하는 것이 완전히 필수적이지 않음이 인지된다. 더욱이, 집광 출력 빔(7)은 직사각형 강도 프로파일을 필수적으로 가질 필요가 없는 것이 인지되어 왔다.

[0193] 일 변형에 따르면, 빔 성형 광학 유닛(6)은 미러를 포함하고, 이 미러의 반사 표면은 자유형 표면으로도 구현되지 않는다. 특히, 빔 성형 광학 유닛(6)은, 이것이 그 반사표면이 자유형 표면으로 구현되지 않는 미러만을 포함하는 방식으로 구현되는 것이 가능하다.

[0194] 출력 결합 광학 유닛(8) 및 편향 광학 유닛(13)은 특히 조명 방사선(3)이 그레이징 입사로 충돌하는 미러만을

포함한다. 원하는 편향각에 의해 조명 방사선(3)의 편향이 특히 복수의 반사로 전체적으로 발생한다. 출력 결합 광학 유닛(8) 및 편향 광학 유닛(13)에서의 반사의 총 수는 특히 적어도 2, 특히 적어도 3 그리고 특히 적어도 4이다.

[0195] 빔 성형 광학 유닛(6)은 방사선원(2)과 출력 결합 광학 유닛(8) 사이에서 배열되고, 즉, 이러한 집광 출력 빔(7)에 의해 광학 부품은 개별 출력 빔(9<sub>i</sub>)으로 분할된다.

[0196] 빔 성형 광학 유닛(6)은 로 빔(4)이 전파의 방향에 수직인 적어도 하나의 방향에서 확대되는 방식으로 특히 구현된다. 빔 성형 광학 유닛(6)은 특히, 로 빔(4)의 단면이 적어도 하나의 방향, 특히 비스듬하게 나아가는 2개의 방향, 특히 서로에 관하여 수직으로 나아가는 방향으로 확대되는 방식으로 구현된다. 배율 스케일은 바람직하게, 1:4에서 1:50 사이의, 특히 적어도 1:6, 특히 적어도 1:8, 특히 적어도 1:10의 범위에 있다.

[0197] 빔 성형 광학 유닛(6)의 입력에서, 원 빔(4)은 특히 1 mm 내지 10 mm의 범위의 직경을 갖는 단면을 갖는다. 빔 성형 광학 유닛(6)의 출력에서, 집광 출력 빔(7)은 특히 15mm에서 300mm의, 특히 적어도 30mm의, 특히 적어도 50mm의 범위의 직경을 갖는다.

[0198] 빔 성형 광학 유닛(6)의 입력에서, 원 빔(4)은 특히 25  $\mu$ rad 내지 100  $\mu$ rad의 범위의 다이버전스를 갖는다. 빔 성형 광학 유닛(6)의 출력에서, 집광 출력 빔(7)의 다이버전스는 특히 10  $\mu$ rad 미만이다.

[0199] 빔 성형 광학 유닛(6)은 특히 텔레센트릭이다. 이것은 적어도 2개의 광학적으로 유효한 표면을 포함한다. 후자는, 바람직하게 그레이징 입사로 동작된다.

[0200] 바람직하게, 원 빔(4)은 비스듬하게, 특히 서로에 대하여 수직인 2개의 방향으로 확대된다. 빔 성형 광학 유닛(6)은 각각의 경우에 적어도 2개의 광학적으로 유효한 표면, 즉 특히 적어도 4개의 광학적으로 유효한 표면을 갖는 적어도 2개의 그룹을 포함한다. 빔 성형 광학 유닛(6)은 특히 미러 그룹(27, 28)을 포함한다. 미러 그룹(27, 28)은 각각의 경우에 2개의 미러(27<sub>i</sub>, 28<sub>i</sub>)를 포함한다.

[0201] 빔 성형 광학 유닛(6)은 적어도 2개의 미러(27<sub>i</sub>, 28<sub>i</sub>)를 각각의 경우에 포함하는 적어도 하나의 빔 성형 미러 그룹(27, 28)을 포함한다. 미러(27<sub>i</sub>, 28<sub>i</sub>)는 지역 좌표를 따라 일정하고 그에 직교인 좌표를 따른 구형 코스를 갖는 표면 프로파일을 각각이 경우에 가질 수 있다. 이것은, 단지 단일 방향으로 원 빔(4)의 배율을 이끈다. 2개의 상이한 방향으로, 특히 2개의 직교 방향으로 원 빔(4)을 확대하기 위하여 이러한 형태의 2개의 미러 그룹(27, 28)을 사용하는 것이 가능하다.

[0202] 미러(27<sub>i</sub>, 28<sub>i</sub>)는 제 1 지역 좌표를 따르는 곡률의 반경( $R_1$ )을 갖는 구면 코스 및 그에 직교인 좌표를 따르는 곡률의 반경( $R_2$ )을 갖는 구면 코스를 또한 가질 수 있다.  $R_1$  및  $R_2$ 은 각각의 경우에 일치하거나 상이할 수 있다. 이러한 변형은 2개의 상호 수직인 방향으로 원 빔(4)의 배율을 야기한다.

[0203] 미러(27<sub>i</sub>, 28<sub>i</sub>)는 또한 각각의 경우에 타원형에 상응하는 표면 프로파일을 가질 수 있다. 이것은 또한 2개의 방향의 배율을 야기한다.

[0204] 바람직하게, 빔 성형 광학 유닛(6)은 원 빔, 특히 그의 단면적이 그라운드에, 즉, 수평 방향에 평행하게 나아가는 방향에 관하여 확대되는 방식으로 배열되고 구현된다. 빔 성형 광학 유닛(6)은 특히 빔 성형 광학 유닛(6)의 출력에서 집광 출력 빔(7)이 그라운드에 평행하게 나아가는 방식으로 구현된다.

[0205] 빔 성형 광학 유닛(6)의 추가 측면 및 변형은 간략한 요약으로 이하에서 기재된다.

[0206] 논의된 바와 같이, 원 빔(4)이 빔 성형 광학 유닛(6)에 의해 균질화되는 것이 완전히 필수적이지는 않다. 그러나, 원 빔(4)의 균질화는 유리할 수 있다. 특히 더 높은 재료 수명을 야기할 수 있다. 이는 특히 출력 결합 광학 유닛(8)의 생산성을 단순화할 수 있다.

[0207] 가장 중요한 측면에 있어서, 원 빔(4)이 한 방향으로만 균질화되는 것이 유용하거나 수행될 수 있다. 이에 관하여, 일 방향에서의 원 빔(4)의 균질화는 재료 수명에 대한 긍정적인 효과를 갖되 그에 직교인 방향에서의 균질화는 특히 출력 결합 광학 유닛(8)의 생산성에 유리하다는 것이 인지되어 왔다.

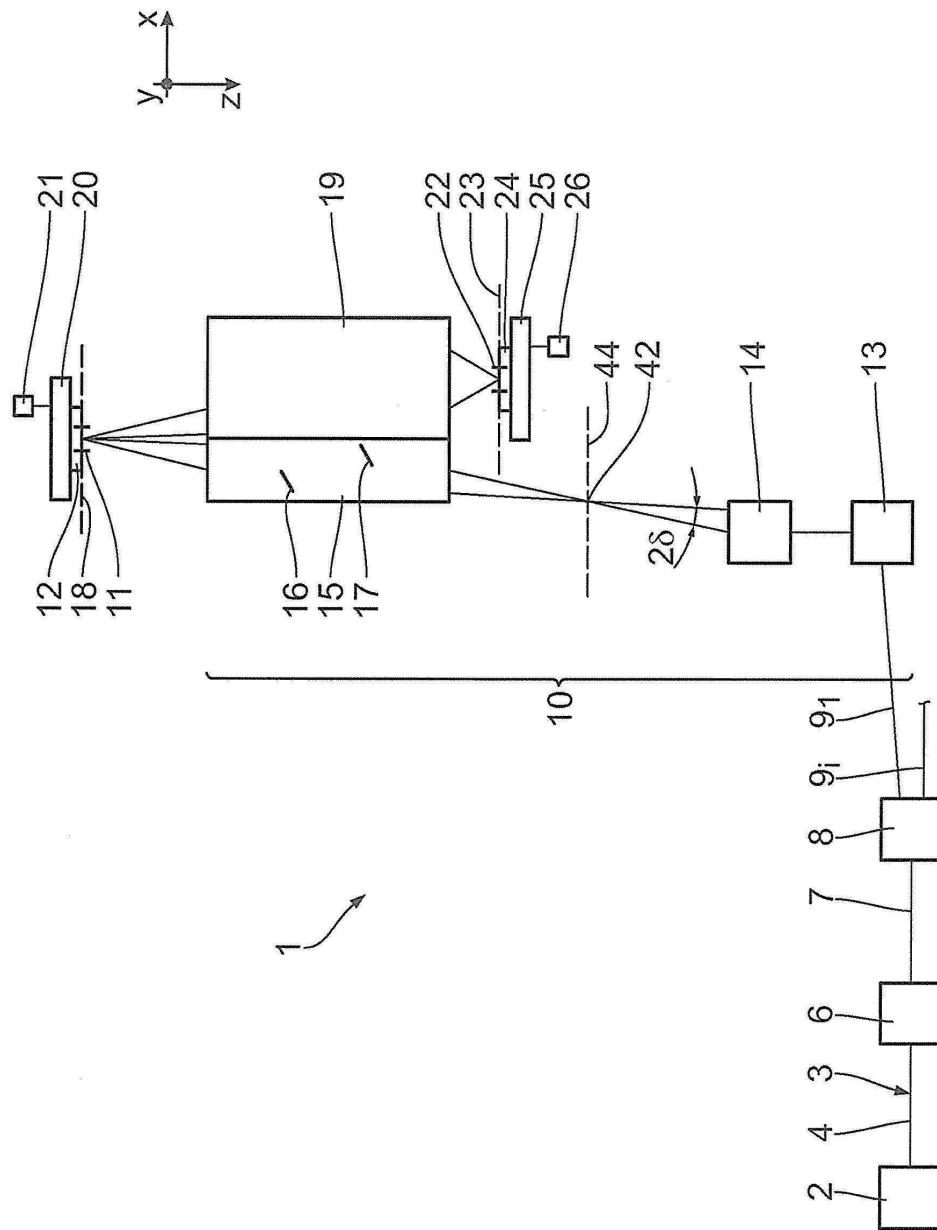
[0208] 상기 기재된 바와 같이, 빔 성형 광학 유닛(6)은 이러한 2개의 방향에 있어서, 각각의 경우에, 미러(27<sub>i</sub>, 28<sub>i</sub>)의 별도의 그룹(27, 28), 특히 별도의 미러 쌍을 가지며, 예컨대 미러 쌍 중 하나는 토리로 구현되며 다른 하나는

자유형 표면으로 구현된다. 이것은 비용 절감을 야기한다.

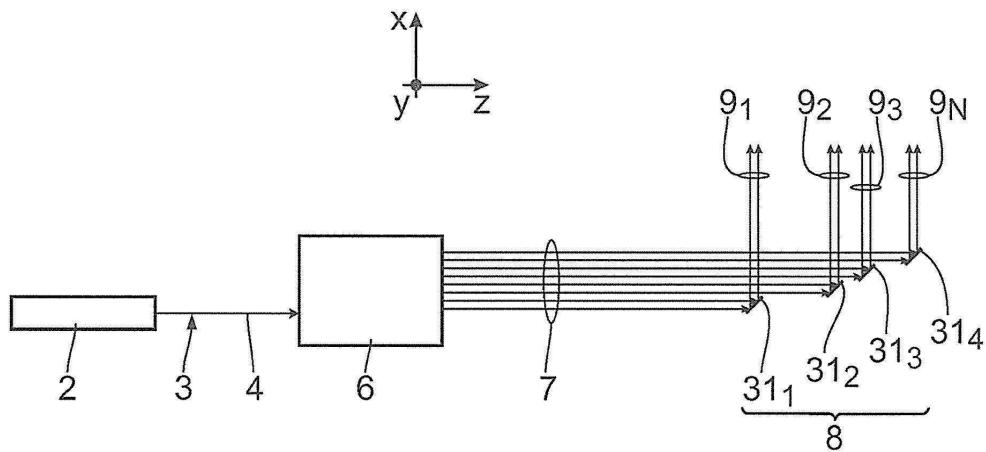
- [0209] 빔 성형 광학 유닛(6)에 의한 원 빔(4)의 균질화의 상이한 변형은 도 26 내지 도 28에서 개략적으로 도시된다. 도 26은 빔 성형 광학 유닛(6)의 실시예를 개략적으로 도시하고, 이것에 의해 원 빔(4)은 2개의 상호 수직인 방향으로 균질화된다. 이것은 제 1 방향에서의 강도 프로파일(56)의 스텝형 코스에 의해 그리고 제 2 방향에서의 강도 프로파일(57)의 스텝형 코스에 의해 명료화된다. 강도 프로파일(56, 57)은 그의 전파의 방향에 수직인 집광 출력 빔(7)의 단면에서의 조명 방사선(3)의 강도에 관한 것이다.
- [0210] 도 27은 원 빔(4)이 오직 제 2 방향으로만 균질화되는 빔 성형 광학 유닛(6)의 변형을 도시한다. 따라서, 강도 프로파일(57)은 스텝형 코스를 갖는다. 강도 프로파일(56)은 불균일한, 특히 비스텝형의, 특히 가우시안 코스를 갖는다. 다시 말해서, 강도의 지역적 증가는 도 27의 수직 방향으로 나아가는 집광 출력 빔(7)의 중심 영역에서 발생한다.
- [0211] 도 28은 빔 성형 광학 유닛(6)의 변형을 상응하게 도시하고, 도 27에 따른 실시예에 비해, 원 빔(4)은 다른 방향으로 정확하게 균일화된다. 본 실시예에서, 제 1 방향의 강도 프로파일(56)은 스텝형 코스를 갖는다. 제 2 방향의 강도 프로파일(57)은 균질하지 않은, 특히 스텝형이 아닌 특히 가우시안이다. 강도는 수평으로 나아가는 중앙 영역에서 증가된다.
- [0212] 중간 단계 또한 가능하다. 특히, 단방향 또는 양방향으로 부분적으로 원 빔(4)을 균질화하는 것이 가능하다. 상기 방향의 상이한 공간적 좌표에서의 조명 방사선의 강도는 각각의 경우에 최대 25%까지 상이한 방식으로 단방향 또는 양방향으로 원 빔(4)을 균질화하는 것이 가능하다. 강도 스파이크는, 특히 상응하는 균질화에 의해 회피될 수 있다. 이것은 특히 재료 수명에 있어서 유리한 효과를 갖는다.
- [0213] 강도 프로파일(56) 및/또는 강도 프로파일(57)은 정확히 가우시안 또는 스텝형이되, 가우시안 및 스텝형 비율을 갖는 형태를 특히 가질 수 있다. 강도 프로파일(56) 및/또는 강도 프로파일(57)은 가우시안 비율 또는 스텝형 비율의 합을 특히 갖는 것으로 기재될 수 있다.
- [0214] 제 2 방향에서의 집광 출력 빔(7)의 불균질성은 출력 결합 광학 유닛(8)에 의해 상이한 개별 출력 빔( $9_i$ )으로 출력되는 집광 출력 빔(7)의 영약이 상이한 크기인 것에 의해 보상될 수 있다. 상기 영역의 크기는 집광 출력 빔(7)에서 조명 방사선(3)의 어떤 비율이 개별적인 스캐너로 안내되는지 미리 한정하는 것을 가능하게 한다.
- [0215] 도 29는 조명 방사선(3)을 갖는 빔의 단면을 확대하기 위한 광학 소자를 도시한다. 빔 단면을 확대하기 위하여, 볼록한 반사 표면을 갖는 미러(58)는 조명 방사선(3)의 빔 경로에 배열된다. 미러(58) 또한 발산하는 미러로도 지칭된다.
- [0216] 미러(58)는 실질적으로 원통형의 반사 표면을 가질 수 있고, 즉, 제 1 방향에서 볼록하고 그리고 제 1 방향에서 수직으로 나아가는 제 2 방향에 평면이 될 수 있다. 또한, 이것은 양방향으로 볼록할 수 있다. 이러한 경우에, 곡률의 반경이 일치하거나 상이할 수 있다. 원칙적으로, 조절가능한 곡률의 반경, 특히 액추에이터 시스템에 의해 조절가능한 곡률의 반경을 갖는 미러(58)를 사용하는 것 또한 가능하다. 제 1 방향과 그에 수직인 제 2 방향에 대한 미러(58)의 곡률의 반경의 선택은 표적화된 방식으로 상응하는 방향에서의 단면의 배율에 영향을 줄 수 있다.
- [0217] 미러(58)는 따라서 조명 방사선(3)을 갖는 빔 또는 광선의 빔의 단면의 표적화된 배율을 위하여 사용될 수 있다.

도면

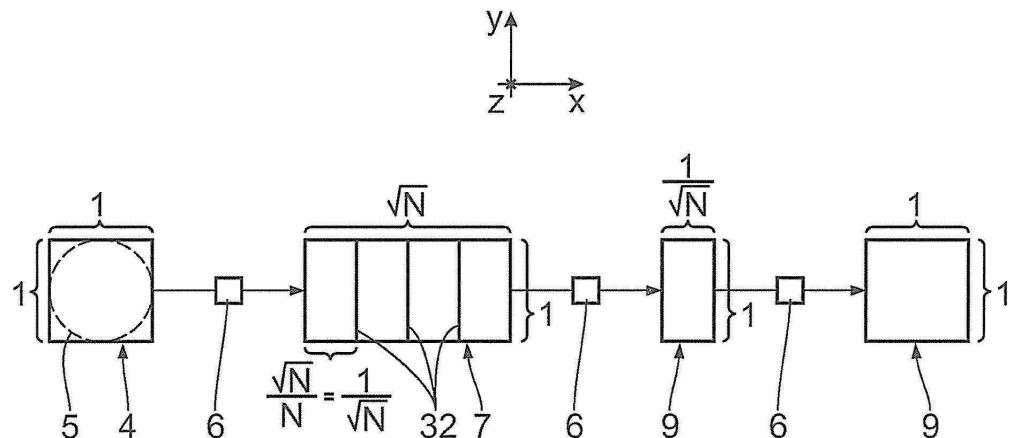
도면1



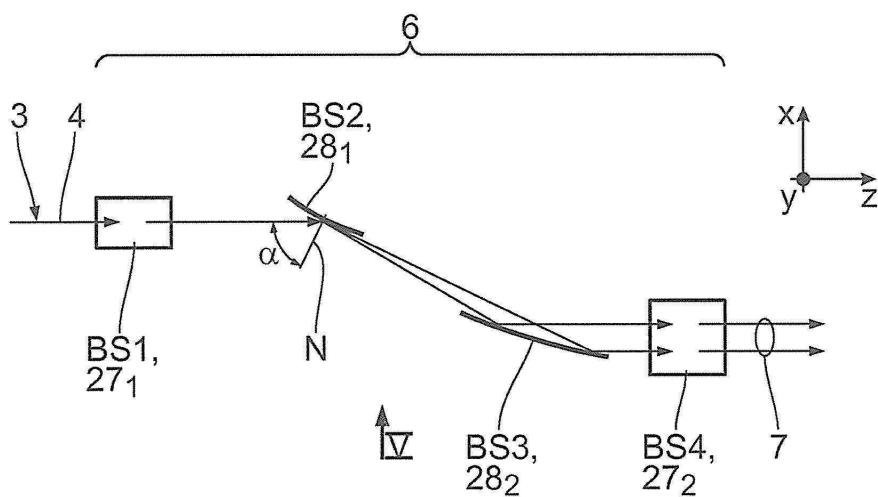
도면2



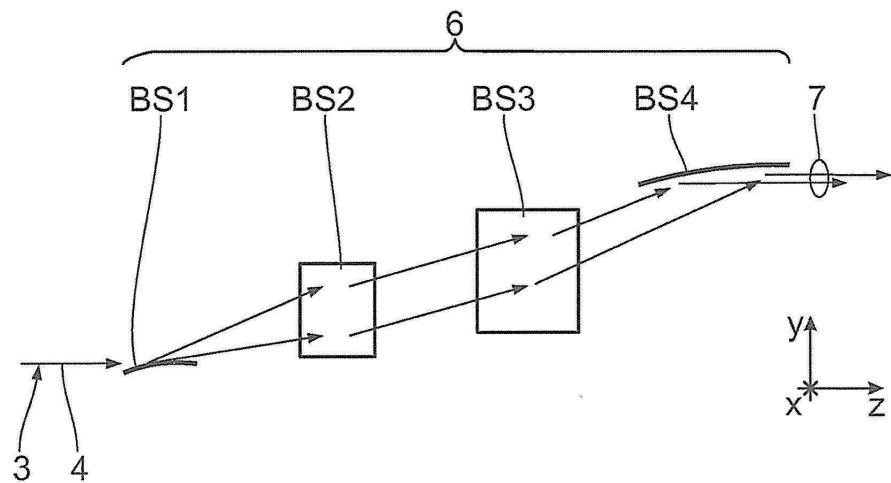
도면3



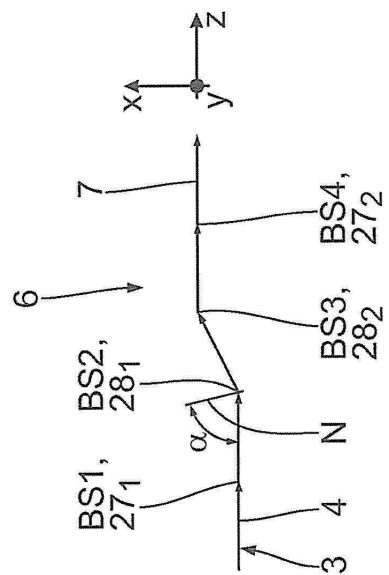
도면4



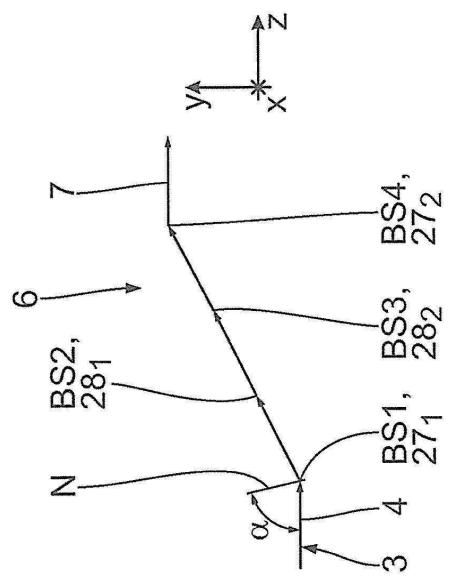
도면5



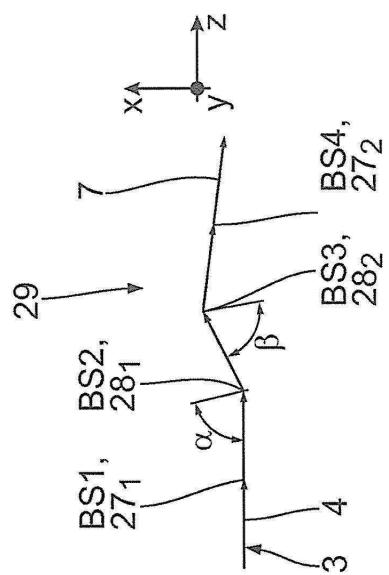
도면6



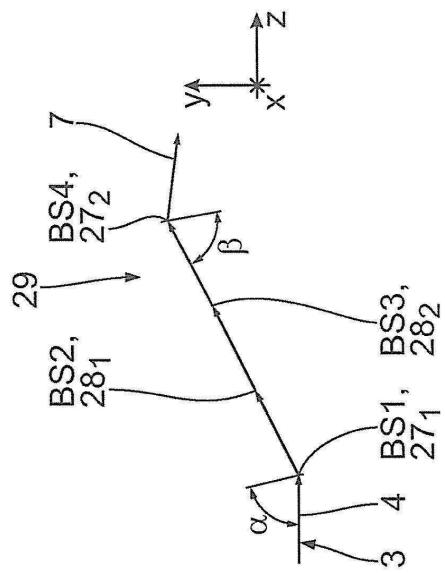
도면7



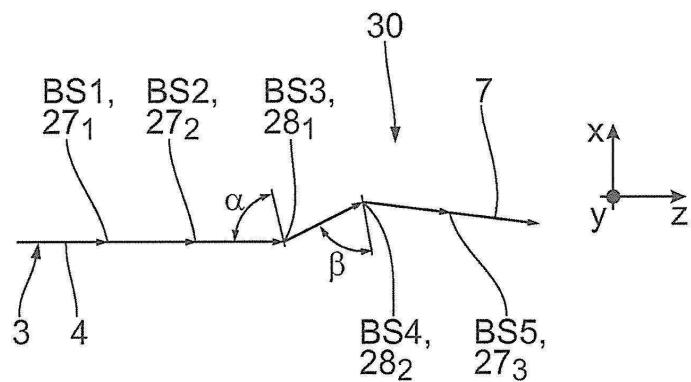
도면8



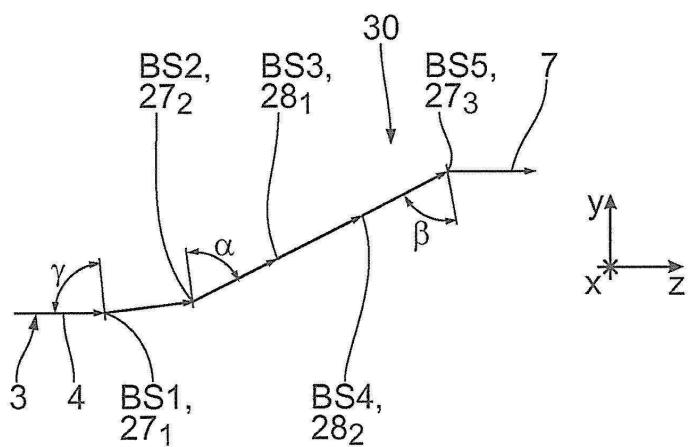
도면9



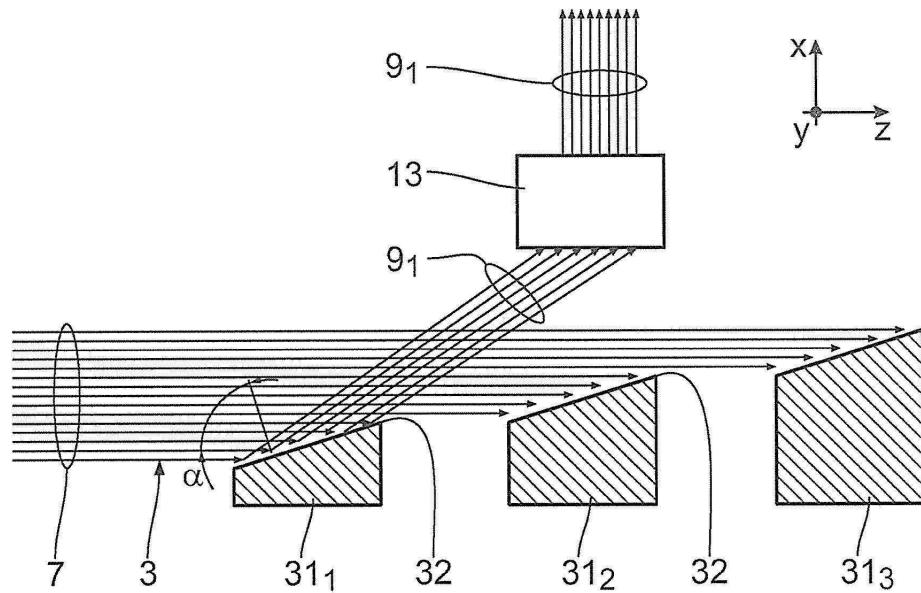
도면10



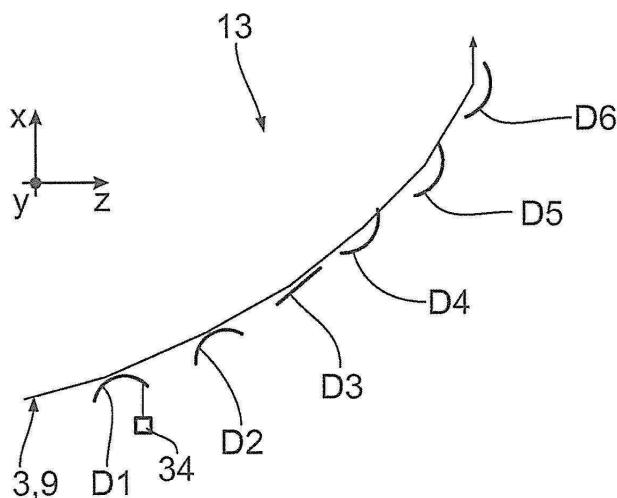
도면11



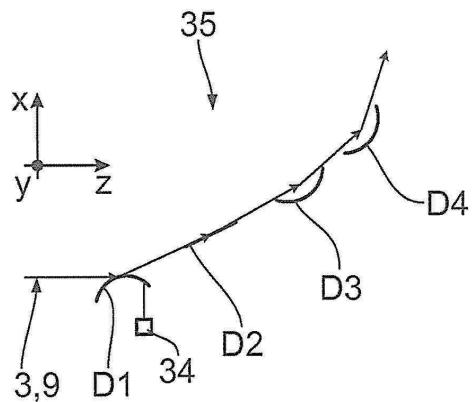
도면12



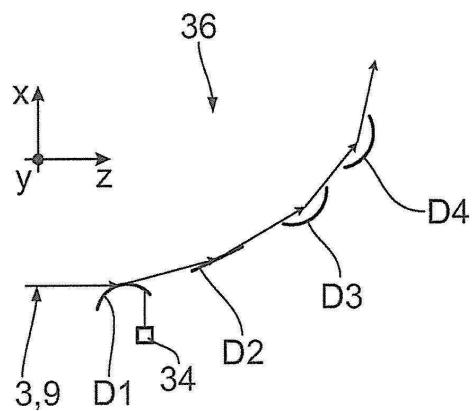
도면13



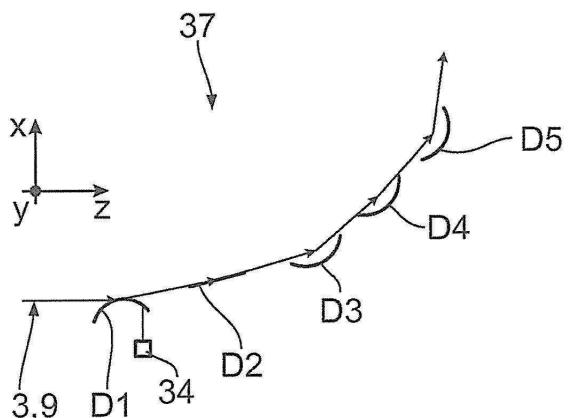
도면14



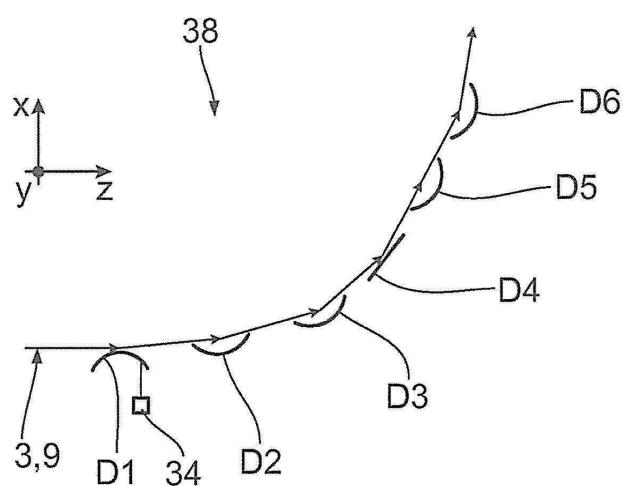
도면15



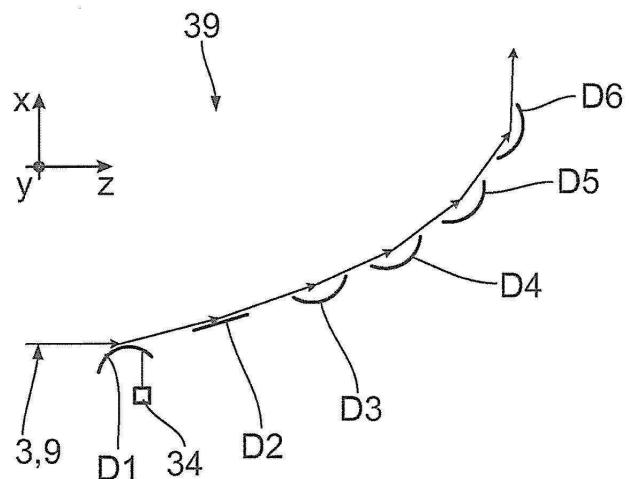
도면16



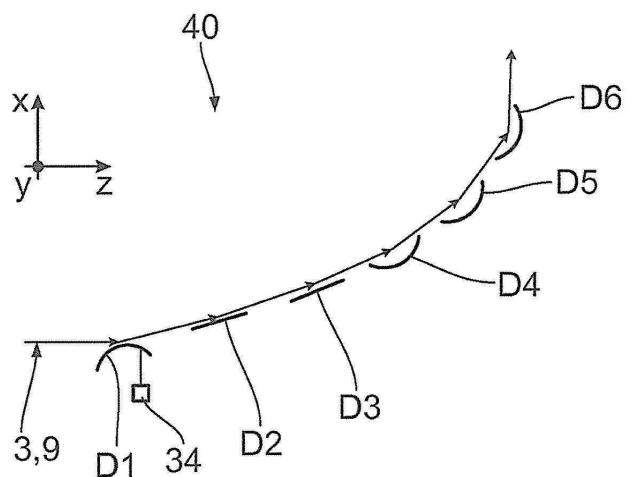
도면17



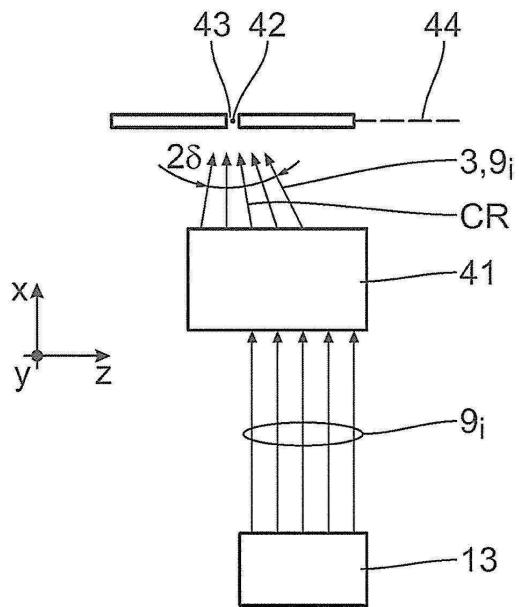
도면18



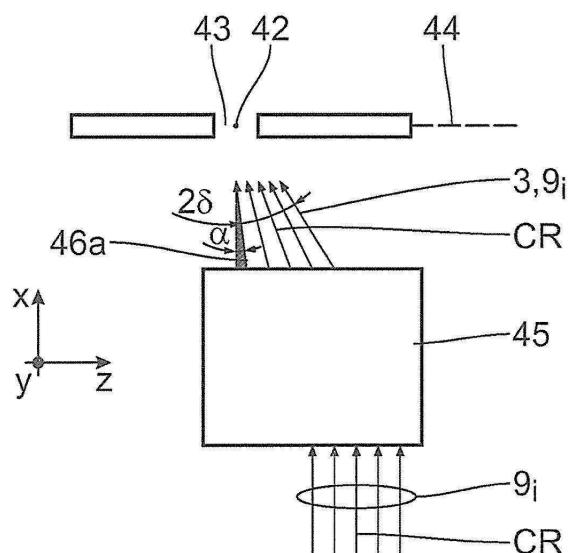
도면19



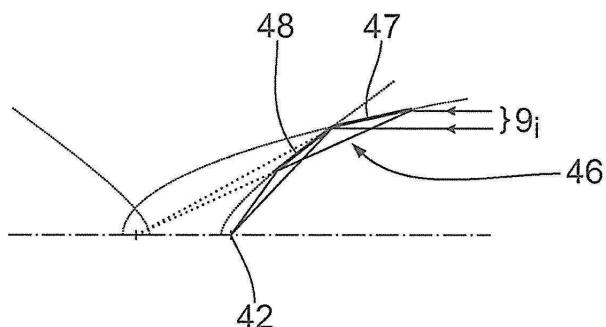
도면20



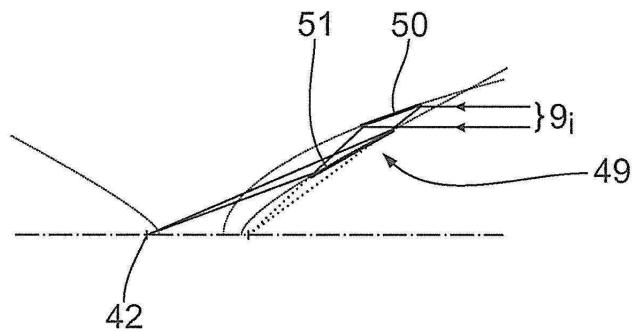
도면21



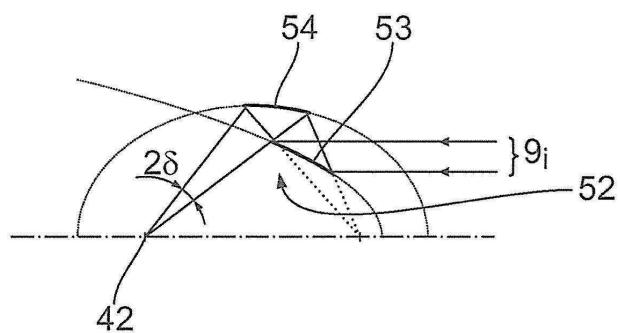
도면22



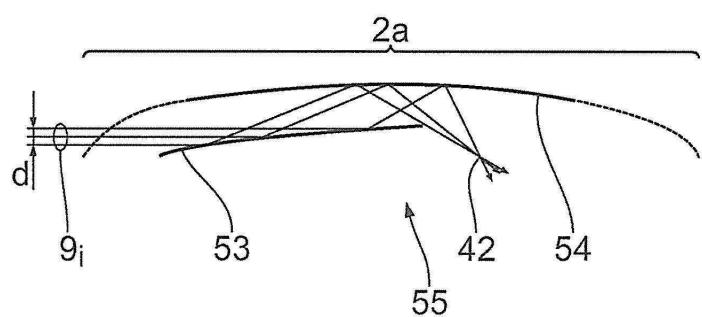
도면23



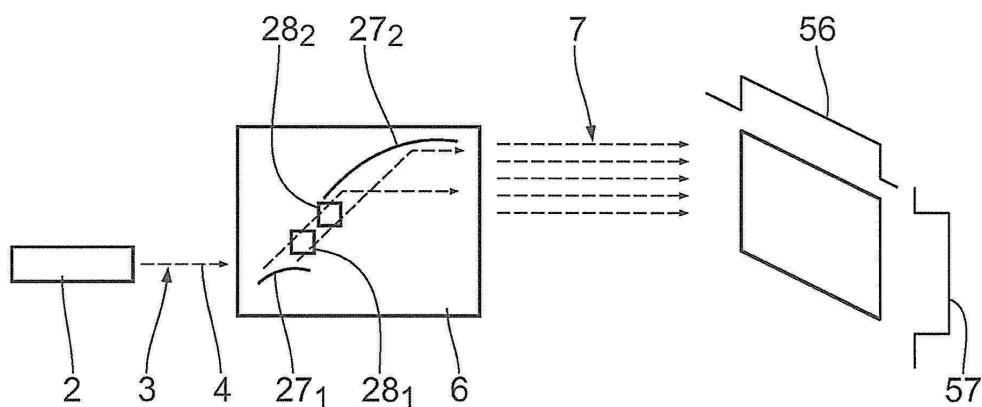
도면24



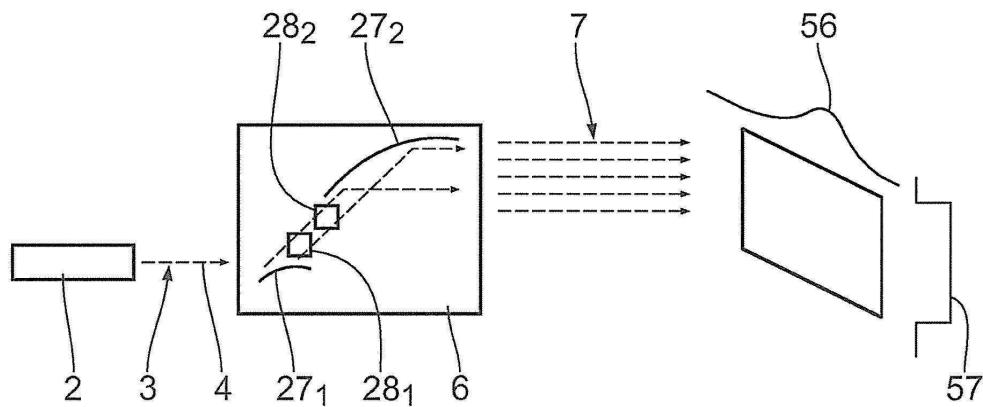
도면25



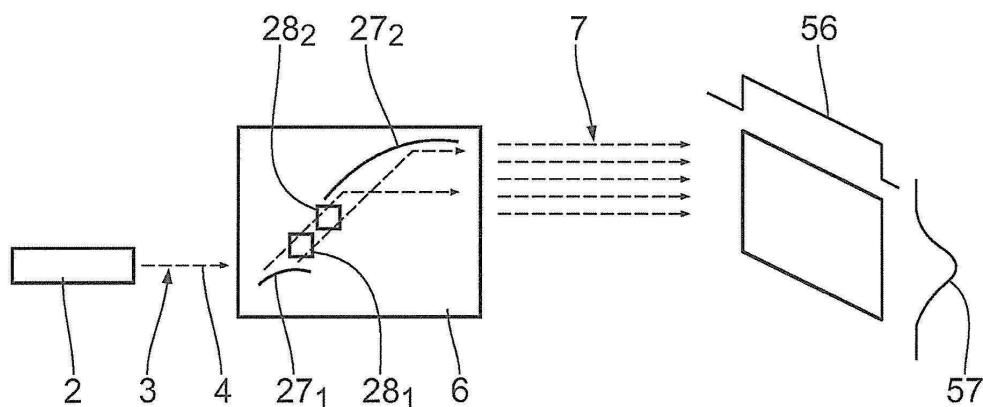
도면26



도면27



도면28



도면29

