



(19) 대한민국특허청(KR)

(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2022년05월25일

(11) 등록번호 10-2401868

(24) 등록일자 2022년05월20일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)  
G03F 7/20 (2006.01) G02B 19/00 (2006.01)

(52) CPC특허분류  
G03F 7/70075 (2013.01)  
G02B 19/0019 (2013.01)

(21) 출원번호 10-2016-7025882

(22) 출원일자(국제) 2015년02월17일

심사청구일자 2020년02월17일

(85) 번역문제출일자 2016년09월20일

(65) 공개번호 10-2016-0124857

(43) 공개일자 2016년10월28일

(86) 국제출원번호 PCT/EP2015/053285

(87) 국제공개번호 WO 2015/124553

국제공개일자 2015년08월27일

(30) 우선권주장

102014203188.5 2014년02월21일 독일(DE)

(56) 선행기술조사문헌

WO2011154244 A1\*

JP2013541729 A\*

WO2013164207 A1\*

KR1020110069892 A

\*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자

칼 짜이스 에스엠티 게엠베하

독일 오버코헨 73447 루돌프-에버-슈트라세 2

(72) 발명자

엔드레스, 마틴

독일, 89551 쾨닉스브론, 볼렌베르그스트라세 7

아이센멩거, 요하네스

독일, 89075 올름, 비르초브스트라세 14/6

(뒷면에 계속)

(74) 대리인

(유)한양특허법인

전체 청구항 수 : 총 14 항

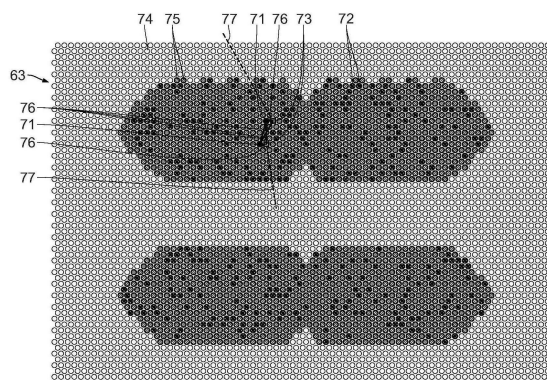
심사관 : 정성용

(54) 발명의 명칭 투영 노광 시스템의 오브젝트 필드를 조명하는 방법

## (57) 요약

투영 노광 장치(1)의 오브젝트 필드(5)를 조명하는 방법에서, 제1 패킷들(68)의 서브셋이 연관된 타깃 위치로부터 각각 이격되되, 많아도 최대 거리( $d_{\max}$ )만큼 이격된 대기 위치에 위치되도록 제공된다.

## 대표도



(52) CPC특허분류

*G02B 19/0095* (2013.01)

*G02B 26/0833* (2013.01)

*G03F 7/70116* (2013.01)

*G03F 7/702* (2013.01)

(72) 발명자

**비엘링, 스티그**

독일, 73434 아알렌, 임 운터펠트 18

**하우프, 마르쿠스**

독일, 89075 울름, 하펜베르그 4

**비쉬마이어, 라르스**

독일, 73431 아알렌, 헤켈스트라쎄 88

**하아커, 파비안**

독일, 73434 아알렌, 비버베그 7

## 명세서

### 청구범위

#### 청구항 1

투영 노광 장치(1)의 오브젝트 필드(5)를 조명하는 방법으로서,

- 조명 방사선(10)을 생성하는 조명 디바이스(61)를 제공하는 단계,
- 상기 조명 디바이스(61)로부터 오브젝트 필드(5)로 상기 조명 방사선(10)을 가이드하는 조명 광학 유닛(4)을 제공하는 단계로서, 상기 조명 광학 유닛(4)은,
  - 다수의 제1 패킷들(68; 13a)을 구비하는 제1 패킷 미러(62; 13) 및
  - 다수의 제2 패킷들(69; 14a)을 구비하는 제2 패킷 미러(63; 14)를 포함하고,
  - 상기 제1 패킷들(68; 13a)은 다수의 변위가능한 개별 미러들(23)로부터 각각 형성되고,
  - 상기 제1 패킷들(68; 13a) 각각은 상기 제2 패킷들(69; 14a) 중 적어도 하나의 제2 패킷에 할당되어 적어도 하나의 조명 채널을 형성할 수 있는, 상기 조명 광학 유닛(4)을 제공하는 단계,
- 상기 오브젝트 필드(5)의 의도된 조명을 미리 결정하는 단계,
- 상기 미리 결정된 의도된 조명에 따른 방식으로 상기 제1 패킷들(68; 13a)의 상기 개별 미러들(23)에 대한 타겟 위치(target position)를 결정하는 단계,
- 각 경우에 상기 제1 패킷들(68; 13a)의 상기 개별 미러들(23)에 대한 적어도 하나의 대기 위치(park position)를 결정하는 단계로서, 상기 대기 위치들은 연관된 타겟 위치로부터 각각 이격되되, 최대 하나의 패킷 직경만큼 이격되는, 상기 적어도 하나의 대기 위치를 결정하는 단계, 및
- 상기 제1 패킷들(68; 13a)의 상기 개별 미러들(23)을 위치시키는 단계로서, 상기 제1 패킷들(68; 13a)의 상기 개별 미러들(23)의 서브셋이 상기 대기 위치들에 위치되는, 상기 위치시키는 단계를 포함하는 방법.

#### 청구항 2

청구항 1에 있어서, 상기 대기 위치들에 위치된 상기 제1 패킷들(68; 13a)의 상기 개별 미러들(23)은 최대 200 ms의 스위칭 시간 내에 상기 대기 위치로부터 상기 연관된 타겟 위치로 변위가능한 것을 특징으로 하는 방법.

#### 청구항 3

청구항 1 또는 청구항 2에 있어서, 상기 대기 위치들에 위치된 상기 제1 패킷들(68; 13a)의 상기 개별 미러들(23)의 서브셋은, 상기 제1 패킷들(68; 13a)의 상기 개별 미러들(23)의 전체 개수의 0.1% 내지 10%를 이루는 것을 특징으로 하는 방법.

#### 청구항 4

청구항 1 또는 청구항 2에 있어서, 상기 타겟 위치들 각각은 대기 위치들에 의해 완전히 둘러싸인 것을 특징으로 하는 방법.

#### 청구항 5

청구항 1 또는 청구항 2에 있어서, 적어도 상기 제1 패킷들(68; 13a)의 서브셋에 대해 금지된 위치들이 결정되고, 상기 금지된 위치들에는 상기 제1 패킷들(68; 13a)의 상기 개별 미러들(23)이 변위되지 않을 수 있는 것을 특징으로 하는 방법.

#### 청구항 6

청구항 5에 있어서, 상기 타겟 위치들은 각 타겟 위치가 가장 가까운 금지된 위치로부터 최소 거리( $d_{min}$ )를 가지는 방식으로 결정되는 것을 특징으로 하는 방법.

## 청구항 7

청구항 1 또는 청구항 2에 있어서, 상기 제1 패킷들(68; 13a)의 상기 개별 미러들(23)의 서브셋이 상기 오브젝트 필드(5)의 조명 동안 변위되는 것을 특징으로 하는 방법.

## 청구항 8

청구항 1 또는 청구항 2에 있어서, 상기 오브젝트 필드(5)의 실제 조명은 상기 오브젝트 필드(5)의 조명 동안 결정되는 것, 그리고 확립된 실제 조명의 상기 의도된 조명으로부터 편차의 경우에 있어서, 이 편차가 제1 패킷들(68; 13a)을 변위시키는 것에 의해 감소되는 것을 특징으로 하는 방법.

## 청구항 9

청구항 1 또는 청구항 2에 기재된 방법을 수행하기 위한 조명 광학 유닛(5)으로서,

9.1 다수의 제1 패킷들(68; 13a)을 구비한 제1 패킷 미러(62); 및

9.2 다수의 제2 패킷들(69; 14a)을 구비한 제2 패킷 미러(63; 14)를 포함하고,

9.3 상기 제1 패킷들(68; 13a)은 다수의 변위가능한 개별 미러들(23)로부터 각각 형성되고,

9.4 상기 제1 패킷들(68; 13a)은 적어도 하나의 타깃 위치로 각각 변위가능하고, 상기 타깃 위치에서는 제1 패킷들은 각 경우에 상기 제2 패킷들(69; 14a) 중 하나의 제2 패킷에 할당되어 조명 채널을 형성하고,

9.5 상기 제1 패킷들(68; 13a)의 상기 개별 미러들(23)의 적어도 하나의 서브셋은 각 경우에 하나 이상의 대기 위치들로 변위가능하고, 상기 대기 위치는 연관된 타깃 위치로부터 각각 이격되되, 최대 하나의 패킷 직경만큼만 이격된 것을 특징으로 하는 조명 광학 유닛(5).

## 청구항 10

청구항 9에 기재된 조명 광학 유닛(4)과 조명 디바이스(61)를 포함하는, 마이크로리소그래픽 투영 노광 장치를 위한 조명 시스템(2).

## 청구항 11

투영 노광 장치(1)로서,

- 청구항 9에 기재된 조명 광학 유닛(4); 및

- 투영 광학 유닛(7)을 포함하는 투영 노광 장치(1).

## 청구항 12

웨이퍼(64)를 리소그래픽으로 구조화하는 방법으로서,

- 청구항 11에 기재된 투영 노광 장치(1)를 제공하는 단계,

- 이미징될 구조를 갖는 레티클(24)을 오브젝트 평면(5)에 배열하는 단계,

- 이미지 평면에 웨이퍼를 배열하는 단계,

- 조명 시스템(2)에 의해 상기 레티클(24)을 조명하는 단계, 및

- 상기 투영 노광 장치(1)에 의해 상기 레티클(24)을 상기 웨이퍼(64)에 투영하는 단계를 포함하고,

- 제1 패킷들(68; 13a)의 개별 미러들(23)의 서브셋이 상기 웨이퍼(64)를 구조화하는 동안 대기 위치로부터 연관된 타깃 위치로 변위되거나 또는 타깃 위치로부터 연관된 대기 위치로 변위되거나 또는 하나의 타깃 위치로부터 다른 타깃 위치로 변위되는 방법.

## 청구항 13

청구항 12에 있어서, 상기 제1 패킷들(68; 13a)의 상기 개별 미러들(23)의 서브셋은 상기 웨이퍼(64) 상의 2개의 후속 필드의 노광 사이의 시간 간격 동안 대기 위치로부터 연관된 타깃 위치로 변위되거나 또는 타깃 위치로부터 연관된 대기 위치로 변위되거나 또는 하나의 타깃 위치로부터 다른 타깃 위치로 변위되는 것을 특징으로

하는 방법.

#### 청구항 14

마이크로구조 부품 또는 나노구조 부품을 제조하는 방법으로서,

- 감광성 재료로 구성된 층이 적어도 부분적으로 도포된 기판을 제공하는 단계,
- 이미징될 구조를 갖는 레티클(24)을 제공하는 단계,
- 청구항 11에 기재된 투영 노광 장치(1)를 제공하는 단계, 및
- 상기 레티클(24)의 적어도 일부를 상기 투영 노광 장치(1)에 의해서 상기 기판의 상기 감광성 층의 영역으로 투영하는 단계를 포함하는 방법.

#### 청구항 15

삭제

### 발명의 설명

#### 기술 분야

[0001] 독일 특허 출원 10 2014 203 188.5의 내용은 본 명세서에 병합된다.

[0002] 본 발명은 투영 노광 장치의 오브젝트 필드를 조명하는 방법에 관한 것이다. 나아가 본 발명은 상기 방법을 수행하는 조명 광학 유닛에 관한 것이다. 더욱이, 본 발명은 이러한 조명 광학 유닛을 포함하는 조명 시스템 및 투영 노광 장치, 웨이퍼를 리소그래픽으로 구조화하는 방법, 마이크로구조 부품(component) 또는 나노구조 부품을 제조하는 방법 및 상기 방법에 따라 제조된 부품에 관한 것이다.

#### 배경 기술

[0003] DE 10 2011 076 145 A1은 동공 패킷들과 필드 패킷들을 서로 할당(assigning)하여 조명 채널을 형성하는 투영 노광 장치의 오브젝트 필드를 조명하는 방법을 개시하였다. 본 발명의 목적은 이러한 방법을 개선하는 것이다.

#### 발명의 내용

[0004] 본 목적은 청구항 1의 특징에 의해 달성된다. 본 발명에 따라, 오브젝트 필드에 미리 결정된 의도된 조명을 수행하기 위하여 제1 패킷 미러의 패킷들에 대한 타겟 위치들(target position)을 결정하는 것이 제공된다. 본 발명의 중요한 부분은 상기 제1 패킷 미러의 패킷들을 다수의 변위가능한 개별 미러들로 구현하고, 상기 개별 미러들의 서브셋(subset)을 각각 연관된 타겟 위치로부터 이격된 대기 위치(park position)에 위치시키는 것에 있다. 이렇게 할 때, 상기 대기 위치는, 특히, 개별 미러들이 각각 연관된 타겟 위치로부터 이격되지만, 많아도 최대 거리( $d_{max}$ )만큼만 이격되는 방식으로 선택된다. 이러한 최대 거리( $d_{max}$ )를 미리 결정하는 것에 의해, 스위칭 경로(switching path)를 제한하는 것이 가능하고, 그리하여 특히, 상기 대기 위치로부터 상기 연관된 타겟 위치로 상기 개별 미러들을 변위시키는데 요구되는 스위칭 시간을 제한하는 것이 가능하다. 상기 제1 패킷들의 개별 미러들을 이러한 대기 위치에 제공하면 이 개별 미러들을 고속으로 연결하거나 및/또는 스위칭오프(switching off)할 수 있다.

[0005] 특히, 상기 개별 미러들은 틸팅가능(tilttable)하다. 특히, 상기 스위칭 경로는 틸팅 각도(tilting angle)이다.

[0006] 특히, 상기 개별 미러들은 개별 그룹이 상기 제1 패킷 미러의 패킷들을 형성하는 방식으로 그룹화된다. 여기서, 이 그룹화는 플렉시블(flexible)한 방식으로 변경가능하다. 그리하여, 상기 패킷은 가상 패킷(virtual facet)이라고도 언급된다.

[0007] 상기 제2 패킷 미러가 동공 평면(pupil plane)의 구역에 배열된 경우, 상기 가상 제1 패킷은 상기 제2 패킷의 위치와 실질적으로 독립적이다. 이러한 실시예는 벌집형 집광기(honeycomb condenser)라고도 언급된다.

[0008] 상기 제2 패킷 미러가 동공 평면으로부터 소정 거리에 배열된 경우, 상기 가상 제1 패킷의 형태 및/또는 크기는 일반적으로 상기 제2 패킷의 위치 및/또는 상기 동공 형태에 의존한다. 이러한 실시예는 거울 반사기(specular reflector)라고도 언급된다.

- [0009] 상기 가상 제1 패킷들을 형성하는 개별 미러들의 그룹들은 반드시 간단히 연결되어야만 하는 것은 아니다.
- [0010] 본 발명은 별집형 집광기의 개념과 거울 반사기의 개념에도 동등하게 적용가능하다.
- [0011] 상기 타깃 위치는 사용 위치(used position)라고도 언급된다. 이 타깃 위치들은, 각 제1 패킷들에 의해 반사된, 특히 상기 제1 패킷들의 개별 미러들에 의해 반사된 조명 방사선이 상기 오브젝트 필드를 조명하기 위하여 상기 제2 패킷 미러 상의 미리 결정된 제2 패킷과 조명 채널을 형성하는 위치를 나타낸다. 여기서, 상기 제1 패킷들은 각 경우에 전체 오브젝트 필드를 조명할 수 있다. 또한 상기 제1 패킷들은 각 경우에 상기 오브젝트 필드의 일부분, 특히 오브젝트 필드의 1% 내지 80%의 범위, 특히 10% 내지 50%의 범위, 특히 20% 내지 30%의 범위의 부분만을 조명하는 것도 가능하다.
- [0012] 특히, 상기 제1 패킷들은 다수의 변위가능한 개별 미러들을 포함한다. 특히, 이 제1 패킷들은 다수의 변위가능한 개별 미러들, 특히 마이크로-미러들을 갖는 미러 어레이(mirror array)에 의해 형성된다. 오브젝트 평면의 구역에서, 상기 개별 미러들의 이미지들 각각은 스캐닝 방향과 수직인 오브젝트 필드의 폭의 0.1% 내지 10%의 범위, 특히 0.2% 내지 5%의 범위, 특히 0.3% 내지 3%의 범위, 특히 0.5% 내지 2%의 범위에 놓여 있는 크기를 구비한다. 상기 오브젝트 필드를 커버하기 위해 스캐닝 방향으로, 특히, 2 내지 50개, 특히 3 내지 30개, 특히 5 내지 15개의 개별 미러들이 요구된다.
- [0013] 상기 제2 패킷은 모놀리식(monolithic) 실시예를 구비할 수 있다. 이 제2 패킷은 또한 물리적 패킷과 같이 동작하는 그룹들을 형성하는 다수의 개별 미러들에 의해, 특히 다수의 마이크로-미러들에 의해 구현될 수 있다. 상기 마이크로-미러 그룹은 가상 제2 패킷이라고도 언급된다. 이 가상 제2 패킷은 동공 패킷 또는 거울 반사기의 패킷을 형성할 수 있다.
- [0014] 상기 대기 위치들은 대기 위치들에서 제1 패킷들의 개별 미러들이 오브젝트 필드의 조명에 기여하지 않는 방식으로 선택된다. 특히, 이 대기 위치들은 대기 위치들에서 제1 패킷들의 개별 미러들이 제2 패킷을 조명하는데 기여하지 않는 방식으로 선택되고, 여기서 각 제1 패킷들은 제2 패킷과 함께 미리 결정된 타깃 위치에서 조명 채널을 형성한다.
- [0015] 상기 제1 패킷들의 개별 미러들은 미리 결정된 이산 변위 위치들을 구비할 수 있다. 이 개별 미러들은 또한 연속적으로 변위가능할 수 있다.
- [0016] 상기 제2 패킷들은 또한 유리한 실시예에 따라 변위가능하다.
- [0017] 극히 단순화하면, 제1 패킷의, 특히 제1 패킷의 개별 미러의 변위 위치는, 상기 제2 패킷 미러의 구역에서 이미지의 장소(location)에 의해 기술될 수 있다. 특히, 상기 제1 패킷의 개별 미러의 틸팅과 상기 제2 패킷 미러의 구역 내 이미지의 장소 사이에는 1대1 대응관계가 있다. 그리하여, 아래에서는, 상기 개별 미러들 중 하나의 미러의 위치는 상기 변위 위치를 의미할 뿐만 아니라 상기 제2 패킷 미러의 구역 내 이미지의 장소를 의미하는 것으로 이해된다. 이러한 의미에 따라, 상기 제1 패킷들의 타깃 위치는 각각, 특히, 상기 제2 패킷들의 하나 이상의 제2 패킷의 장소, 특히 제2 패킷의 중심의 장소에 정밀하게 대응한다. 상기 대기 위치는 상기 타깃 위치로부터 이격된다. 인접한 제2 패킷은 대기 위치로 기능할 수 있다. 특히, 이것은 상기 타깃 위치 패킷에서 가장 가까운 것일 수 있다. 여기서, 모든 가장 가까운 것은, 특히, "대기된(parked)" 제1 패킷의 광이 상기 오브젝트 필드 또는 그 부근에 도달할 수 없는 방식으로 틸팅된다. 이것은, 이 이웃한 패킷들 자체가, 다른 제1 패킷들과 함께, 상기 오브젝트 필드의 조명에 기여하는 경우에도 적용된다.
- [0018] 상기 대기 위치는 또한 상기 타깃 위치로부터 더 멀리 이격될 수 있다. 특히, 이 대기 위치는 상기 타깃 위치로부터 2개, 3개, 또는 이를 초과하는 개수의 패킷 직경의 거리를 구비할 수 있다. 상기 타깃 위치의 요구조건 및/또는 장소에 따라, 상기 오브젝트 필드를 조명하는데 사용되는 제2 패킷 미러 상의 구역의 외부에 상기 대기 위치를 배열하는 것도 가능하다.
- [0019] 상기 제1 패킷들에 대한 타깃 위치는 한정된 조명 채널 전부가 상기 오브젝트 필드에 미리 결정된 의도된 조명을 정밀하게 수행하는 방식으로 미리 결정된 의도된 조명에 따른 방식으로 결정된다.
- [0020] 본 발명의 일 측면에 따라, 상기 대기 위치에 위치한 상기 제1 패킷들의 개별 미러들은 최대 200 ms의 스위칭 시간 내에 상기 대기 위치로부터 상기 연관된 타깃 위치로 변위가능하다. 상기 스위칭 시간은 특히 최대 50 ms, 특히 최대 20 ms, 특히 최대 10 ms, 특히 최대 5 ms, 특히 최대 2 ms, 특히 최대 1 ms, 특히 최대 500  $\mu$ s, 특히 최대 200  $\mu$ s, 특히 최대 100  $\mu$ s이다.
- [0021] 상기 대기 위치들에 위치한 제1 패킷들의 개별 미러들은, 특히, 고속 개별 미러라고도 언급된다. 이 개별 미러



들은 상기 오브젝트 필드의 조명의 세기 프로파일을 변화시킬 수 있고, 특히 2개의 다이(die)의 조명 사이에 상기 이미지 필드에 있는 웨이퍼의 조명의 선량(dose)을 변조(다이 간 변조)시킬 수 있다. 이 경우에, 스위칭 시간은 유리하게는 하나의 방금 노광된 필드로부터 그 다음 노광된 필드로 웨이퍼를 구동하는데 요구되는 시간보다 더 짧다.

[0022] 상기 구역에서 수 밀리초 이하의 스위칭 시간에 의해 웨이퍼의 노광 동안 국부 선량(local dose)을 적응(다이 간 변조)시킬 수 있다.

[0023] 1 ms 미만의 스위칭 시간은 (다이 간) y-ReMa 기능을 구현할 수 있다. 이를 위해, 특히, 상기 제1 패킷들의 모든 개별 미러들이 매우 신속히 스위칭오프되거나 및/또는 스위칭온되는 것이 제공된다.

[0024] y-ReMa 기능은 레티클-마스킹 스탑(reticle-masking stop)(ReMa 스탑) 또는 레티클-마스킹 에지(edge)라고도 언급되는, y-방향으로 조절가능한 필드 스탑(field stop)의 기능이 상기 개별 미러들을 변위시키는 것에 의해 달성가능한 것을 의미하는 것으로 이해되어야 한다. 이러한 마스킹 에지에 의해, 스캐닝 방향을 따라 상기 오브젝트 평면에서 실제 조명 필드의 크기가 스캐닝 공정의 시작시에 연속적으로 확대되고, 스캐닝 공정의 종료시에 다시 감소되는 것을 보장하는 것이 가능하다. 일반적으로, 상기 개별 미러들의 변위가능성에 의해 달성가능한 ReMa 스탑 또는 대응하는 y-ReMa 기능에 의해, 특히 y-방향으로 조명 필드의 크기를 변화시킬 수 있다. 추가적인 필드 스탑, 특히 조절가능하거나 /또는 레티클 바로 부근에 배열된 추가적인 필드 스탑을 없앨 수 있다. 그 결과, 마스킹 에지들이 변위 이동하는 경우에 일어날 수 있는 마모 입자(abrasion particle)로 인해 오염을 회피할 수 있다. ReMa 기능에 대한 추가적인 상세에 대해서는, DE 10 2012 213 515 A1 및 WO 2014/019 675 A1을 참고하면 되고, 이들 두 문헌들은 본 출원의 일부로 본 명세서에 병합된다.

[0025] 상기 오브젝트 필드를 조명하는 것에 대한 용통성은 짧은 스위칭 시간에 의해 증가된다. 특히, 상기 오브젝트 필드의 조명이 개선되어, 이것에 의해 후속 공정 단계의 알려진 불균질성(heterogeneity), 특히 미리 결정되거나 또는 다른 방식으로 알려진 웨이퍼의 불균질성, 웨이퍼 상의 상이한 필드들(다이들)을 특히 예측 노광에 의해 보상할 수 있다.

[0026] 제1 패킷들이 상이한 스위칭 시간을 구비하는 방식으로 상기 제1 패킷들의 개별 미러들의 상이한 서브셋을 구현하는 것이 가능하다. 이때, 요구조건에 따라, 각 경우에 적절한 상기 제1 패킷들의 개별 미러들은 대기 위치들에 위치될 수 있다.

[0027] 또한 제1 패킷들이 모두 동일한 스위칭 시간을 구비하는 방식으로 상기 대기 위치들에 위치한 상기 제1 패킷들의 개별 미러들을 구현하는 것도 가능하다.

[0028] 특히, 상기 제1 패킷들의 개별 미러들은 선량 조작기(dose manipulator)로 기능할 수 있다.

[0029] 본 발명의 추가적인 측면에 따라, 대기 위치들에 위치한 상기 제1 패킷들의 서브셋은, 제1 패킷들의 전체 개수의 최대 10%, 특히 0.1% 내지 10%, 특히 1% 내지 10%를 구성한다. 특히, 상기 서브셋은 상기 제1 패킷들의 전체 개수의 3% 내지 5%를 구성한다.

[0030] 본 발명에 따라, 상기 제1 패킷의 개별 미러들의 이러한 작은 부분으로도 상기 오브젝트 필드의 미리 결정된 의도된 조명으로부터 세기 프로파일의 편차 및/또는 웨이퍼 상의 상이한 필드들 및/또는 상이한 웨이퍼들 사이의 불균질성을 충분히 보상하거나 보정할 수 있는 것으로 확인되었다.

[0031] 본 발명의 추가적인 측면에 따라, 상기 타깃 위치들 각각은 대기 위치들에 의해 완전히 둘러싸인다. 다시 말해, 상기 대기 위치들은 상기 연관된 타깃 위치를 둘러싸는 링(ring)을 형성한다. 그 결과, 상기 타깃 위치로부터 상기 대기 위치로 상기 대응하는 패킷의 개별 미러들을 변위하는 것이 특히 간략화된다.

[0032] 본 발명의 추가적인 측면에 따라, 상기 제1 패킷들의 서브셋에 대해, 특히 모든 제1 패킷들에 대해, 특히 상기 제1 패킷들의 각 개별 미러에 대해, 제1 미러들이 변위되지 못할 수 있는 금지된 위치들이 결정된다. 이러한 금지된 위치는 배제 위치(exclusion position)라고도 언급된다. 이 금지된 위치는 전체 허용된 위치로부터 배제된다. 따라서, 상기 제1 패킷의 개별 미러들이 각 경우에 변위될 수 있는 다수의 가능한 변위 경로들을 미리 결정할 수 있다. 이 변위 경로들은, 특히 제어 유닛의 메모리에 저장될 수 있다. 특히, 각 미러에 대해, 즉 각 패킷에 대해 총 가능한 변위 경로를 결정하고, 이 총 변위 경로를 이러한 메모리에 저장하는 것이 제공될 수 있다. 그 결과, 노광 동안에도 상기 제1 패킷의 개별 미러들을 스위칭하는 것이 가능하다. 이때, 이러한 스위칭 공정은 2개의 필드(다이)의 노광 사이에 짧은 데드 시간(dead time)으로 더 이상 제한되지 않는다.

[0033] 예를 들어, 상기 오브젝트 필드에서 산란된 광 및/또는 스트레이 광을 초래하는 상기 제1 패킷의 개별 미러들의

위치는 금지된 위치라고도 언급된다. 제1 패킷의 개별 미러가 금지된 위치에 있는 경우, 이에 의해 반사된 조명 방사선은, 특히, 제2 패킷에 입사하고, 이 제2 패킷으로부터 오브젝트 필드에서 또는 그 부근에서 잘못된 구역에 이미징된다.

[0034] 본 발명의 추가적인 측면에 따라, 상기 타깃 위치들은 각 타깃 위치가 가장 가까운 금지된 위치로부터 최소 거리를 가지는 방식으로 결정된다. 상기 거리는 변위이다. 이것은 제1 패킷에 대응하는 상기 제2 패킷 미러의 구역에서 각 제1 패킷의 이미지의 궤적(trajjectory)으로 표현될 수 있다. 최소 거리라는 용어는 전술된 간략화에 따라 이해되어야 한다. 이 최소 거리는 가장 가까운 금지된 위치에 대해 상기 제2 패킷 미러의 구역에서 상기 제1 패킷의 각각 변위된 개별 미러의, 변위에 대응하는, 상기 이미지의 궤적의 거리를 나타낸다. 타깃 위치와 이와 가장 가까운 금지된 위치 사이의 최소 거리( $d_{\min}$ )는 특히 적어도 하나의 미러 직경, 특히 적어도 2개의 미러 직경, 특히 적어도 3개의 미러 직경, 특히 적어도 5개의 미러 직경일 수 있다. 특히, 상기 타깃 위치들을 금지된 위치에 인접하지 않게 배열하거나 또는 이러한 타깃 위치들을 선택하지 않게 배열하는 것으로 제공된다. 그 결과, 스트레이 광으로 상기 오브젝트 필드를 조사(irradiation)하는 것, 특히 웨이퍼를 조명하는 것이 회피될 수 있다.

[0035] 본 발명의 추가적인 측면에 따라, 상기 제1 패킷의 개별 미러들의 서브셋만이 상기 오브젝트 필드의 조명 동안 변위된다. 특히, 상기 제1 패킷의 개별 미러들의 최대 10%, 상기 제1 패킷들의 개별 미러들의 특히 적어도 0.1%, 특히 적어도 1%, 특히 3% 내지 5%가 상기 오브젝트 필드의 조명 동안 변위된다. 여기서, 상기 패킷들의 개별 미러들은 대기 위치로부터 타깃 위치로 변위될 수 있는데, 즉 개별 미러들은 추가될 수 있다. 개별 미러들은 또한 타깃 위치로부터 대기 위치로 변위될 수 있는데, 즉 스위칭오프될 수 있다. 개별 미러들은 또한 타깃 위치로부터 다른 타깃 위치로 변위될 수 있는데, 즉 스위칭오버(switched over)될 수 있다. 상기 제1 패킷들의 개별 미러들은, 특히, 상기 오브젝트 필드의 2개의 조명 사이에서 변위될 수 있는데, 즉 스위칭될 수 있다. 특히, 개별 미러들은 2개의 다이(다이 간)의 조명 사이에 또는 단일 다이(다이 내)의 조명 동안 변위될 수 있다.

[0036] 이 개별 미러들은 특히 신속히, 즉 상기 전술된 스위칭 시간들 내에 변위된다.

[0037] 또한 상기 오브젝트 필드의 조명 동안 및/또는 상기 오브젝트 필드의 2개의 조명 사이에 상기 제1 패킷들의 개별 미러들의 서브셋을 느리게 변위하는 것도 가능하다. 특히, 특정 조명 설정에서 상기 오브젝트 필드를 조명할 때 사용되지 않은 상기 제1 패킷들의 개별 미러들을, 이 조명 동안 새로운 대기 위치로 변위시키는 것이 제공될 수 있다. 그 결과, 신속한 후속 변위 공정이 가능하게 이루어질 수 있다. 상기 제1 패킷들의 개별 미러들의 변위가, 특히, 전술된 허용된 변위 경로들 중 하나의 변위 경로를 따라 일어난다.

[0038] 본 발명의 추가적인 측면에 따라, 상기 오브젝트 필드의 조명의 조명 특성이 측정되는 것이 제공된다. 특히, 상기 오브젝트 필드의 실제 조명이 결정되는 것이 제공되고, 확립된 실제 조명이 미리 결정된 의도된 조명으로부터 편차가 있는 경우에, 이 편차는 상기 제1 패킷들의 개별 미러들의 서브셋을 변위시키는 것에 의해 감소되는 것이 제공된다.

[0039] 상기 실제 조명은 연속적으로 또는 미리 결정된 시간에 확립될 수 있다.

[0040] 특히, 상기 오브젝트 필드의 조명의 세기 프로파일은, 특히 오브젝트 필드의 조명 동안, 제1 패킷들의 개별 미러들을 신속히 추가, 신속히 스위칭오프 또는 신속히 스위칭오버하는 것에 의해 보정될 수 있다.

[0041] 여기서 특히, 여러 파라미터들, 예를 들어, 전체 세기, 특정 세기 프로파일, 특정 각도 분배, 조명의 균일성 또는 다른 파라미터를 보정하는 것이 가능하다.

[0042] 특히, 상기 조명 방사선의 선량이 상기 제1 패킷들의 개별 미러들을 신속히 추가, 신속히 스위칭오프 또는 신속히 스위칭오버하는 것에 의해 상기 이미지 필드의 구역에서 변조되는 것이 제공될 수 있다. 특히, 이러한 변조는 2개의 연속적인 필드의 노광 사이 (다이 간 보정) 또는 하나의 필드의 노광 동안 (다이 내 보정) 제공될 수 있다.

[0043] 본 발명의 일 측면에 따라, 상기 조명 특성이 미리 결정된 보정 프로토콜에 따라 웨이퍼의 노광하는 동안 변경되는 것이 제공될 수 있다. 여기서, 상기 보정 프로토콜이 미리 결정되거나 또는 다른 방식으로 알려진 웨이퍼의 불균질성에 따른 방식으로, 특히 노광될 웨이퍼 상의 상이한 필드들 사이에 변동에 따른 방식으로 및/또는 노광될 상이한 웨이퍼들의 불균질성에 따른 방식으로 결정되는 것이 제공될 수 있다.

[0044] 상기 투영 노광 장치의 부품, 특히 상기 조명 디바이스 및/또는 상기 조명 광학 유닛 및/또는 상기 투영 광학 유닛의 부품이 미리 결정된 시간에 또는 연속적으로 측정되는 것이 더 제공될 수 있다. 특히, 하나 또는 둘 모



두의 패킷 미러들의 개별 미러들이 측정되는 것이 제공될 수 있다. 여기서 특히, 상기 개별 미러들의 개별 미러의 틸팅 각도 및/또는 반사율(reflectivity)을 검출하는 것이 가능하다. 일반적으로, 원거리(far field)의 특성을 측정하는 것이 가능하다. 그 결과, 전체적인 시스템의 모델을 업데이트하는 것이 가능하다. 이것에 의해 조명 특성에 대해 더 나은 예측을 할 수 있다. 이 예측은 보정 프로토콜을 적용할 때 확립 및/또는 적응시 고려될 수 있다.

[0045] 유리하게는, 별도의 방사선 소스가 상기 투영 노광 장치의 부품을 측정하기 위해 제공될 수 있다. 특히, 상기 측정은 사용되는 광으로 수행되지 않는다. 그러나, 원리적으로, 이 측정은 또한 사용되는 광으로 수행될 수 있다.

[0046] 상기 투영 노광 장치의 부품은 각 경우에 각 부품이 레티클을 조명하는데 또는 레티클을 상기 이미지 필드에 이미징하는데, 즉 상기 웨이퍼를 노광하는데 정밀하게 기여하지 않는 시간에 측정될 수 있다.

[0047] 특히, 노광될 기관, 즉 웨이퍼가 교체되는 동안, 조명 특성을 측정하는 것이 가능하다. 원리적으로, 또한 웨이퍼 상의 2개의 연속적인 필드들(다이들)의 노광 사이에 데드 시간에 조명 특성을 측정하는 것이 가능하다. 원리적으로, 또한 웨이퍼의 노광 동안 조명 특성을 측정하는 것이 가능하다.

[0048] 나아가, 상기 오브젝트 필드의 조명 동안 상기 제1 패킷들의 개별 미러들의 정밀한 위치를 재조정하는 것이 가능하다. 특히, 이것은 또한 스위칭된 패킷들에 대해 제공될 수 있다. 그 결과, 이 스위칭된 패킷의 위치 정밀도가 개선될 수 있다.

[0049] 본 발명의 추가적인 목적은 상기 방법을 수행하는 조명 광학 유닛을 제공하는 것에 있다. 본 목적은 다수의 제1 패킷들을 갖는 제1 패킷 미러와, 다수의 제2 패킷들을 갖는 제2 패킷 미러를 포함하는 조명 광학 유닛으로서, 상기 제1 패킷들은 각 경우에 상이한 타깃 위치들에 있는 상이한 제2 패킷들에 할당되어 상이한 조명 채널들을 형성하는 방식으로 상기 제1 패킷들은 타깃 위치들로 각각 변위가능하고, 상기 제1 패킷들의 개별 미러들의 적어도 하나의 서브셋이 연관된 타깃 위치로부터 각각 이격되지만 많아도 최대 거리( $d_{\max}$ )만큼만 이격된 대기 위치로 변위가능한, 상기 조명 광학 유닛에 의해 달성된다.

[0050] 상기 조명 광학 유닛의 추가적인 상세는 전술된 설명으로부터 제시된다. 상기 제1 패킷들의 개별 미러들은, 특히 전술된 짧은 스위칭 시간에서 상기 대기 위치들로부터 상기 연관된 타깃 위치로 변위가능하거나 및/또는 타깃 위치로부터 연관된 대기 위치로 변위가능하거나 및/또는 하나의 타깃 위치로부터 다른 타깃 위치로 변위가능하다.

[0051] 특히, 상기 오브젝트 필드의 노광 동안, 특히 상기 웨이퍼의 노광 동안 변위가 일어날 수 있다.

[0052] 본 발명의 추가적인 측면은 투영 노광 장치를 위한 조명 시스템 및 마이크로리소그래픽 투영 노광 장치를 개선하는 것에 있다. 상기 목적은 전술된 설명에 따른 조명 광학 유닛을 포함하는 조명 시스템 및 투영 노광 장치에 의해 달성된다.

[0053] 상기 잇점은 상기 조명 광학 유닛의 것으로부터 명백하다.

[0054] 본 발명의 추가적인 목적은 웨이퍼를 리소그래픽으로 구조화하는 방법을 개선하는 것이다. 본 목적은 웨이퍼를 리소그래픽으로 구조화하는 본 발명에 따른 방법에 의해 달성된다. 본 발명의 핵심적인 부분은 상기 웨이퍼를 구조화하는 동안 상기 제1 패킷들의 개별 미러들의 서브셋을, 대기 위치로부터 연관된 타깃 위치로 변위시키거나 또는 타깃 위치로부터 연관된 대기 위치로 변위시키거나 또는 하나의 타깃 위치로부터 다른 타깃 위치로 변위시키는 것에 있다.

[0055] 상기 잇점은 전술된 것으로부터 명백하다.

[0056] 본 발명의 일 측면에 따라, 상기 제1 패킷들의 개별 미러들의 서브셋이 상기 웨이퍼 상의 2개의 후속 필드의 노광 사이의 시간 간격 동안, 대기 위치로부터 연관된 타깃 위치로 변위하거나 또는 타깃 위치로부터 연관된 대기 위치로 변위하거나 또는 하나의 타깃 위치로부터 다른 타깃 위치로 변위하는 것이 제공된다.

[0057] 특히, 특히 상기 웨이퍼의 노광 전에, 결정된 미리 결정된 보정 프로토콜에 따라 변위가 일어난다.

[0058] 상기 보정 프로토콜을 결정하기 위해, 특히, 노광될 상기 웨이퍼의 불균질성, 특히 노광될 웨이퍼의 개별 필드들 사이의 변동이 상기 웨이퍼의 노광 전에 확립되는 것이 제공될 수 있다. 이러한 데이터는 또한 상이하게 미리 결정될 수 있다.

[0059] 본 발명의 추가적인 목적은 마이크로구조 부품 또는 나노구조 부품을 제조하는 방법, 및 상기 방법에 따라 제조된 부품을 개선하는 것이다.

[0060] 상기 목적은 마이크로구조 부품 또는 나노구조 부품을 제조하는 본 발명에 따른 방법, 및 이에 따라 제조된 부품을 의해 달성된다.

[0061] 상기 잇점은 전술된 것으로부터 명백하다.

### 도면의 간단한 설명

[0062] 본 발명의 추가적인 특징과 상세는 도면을 참조하여 예시적인 실시예의 상세한 설명으로부터 명백하다.

도 1은 조명 시스템 및 투영 광학 유닛을 갖는, 마이크로리소그래피를 위한 투영 노광 장치의 개략적인 자오선 단면도(meridional section)이다,

도 2는 미러 어레이(MMA) 및 이 미러 어레이에 의해 조명되는 동공 패킷 미러를 포함하는 투영 노광 장치의 조명 시스템의 일 실시예를 도시하는 도면이다,

도 3은 조명 설정에 대응하는 동공 패킷 조명을 갖는 도 2에 따른 동공 패킷 미러의 예시적인 개략 평면도이다,

도 4는 미러 요소들의 변위에 의해 생성가능한, 미러 어레이를 동공 패킷 미러에 채널 할당한 도 2에 따른 조명 시스템을 개략적으로 도시하는 도면이다,

도 5는 환형 조명 설정에 대응하는 동공 패킷 조명을 갖는 도 3에 따른 동공 패킷 미러의 개략 평면도이다,

도 6은 서로 인접해 놓여 있는 도 2 및 도 4에 따른 미러 어레이의 2개의 미러 요소의 개략도이다,

도 7은 미러 어레이(MMA)를 갖는 광학 부품의 일 실시예를 통한 개략 단면도이다,

도 8은 투영 노광 장치에서 예시적인 빔 경로의 개략도이다,

도 9는 도 8에 따른 투영 노광 장치의 조명 광학 유닛의 제1 패킷 미러를 갖는 구역 IX의 부분 확대도이다,

도 10은 도 8에 따른 투영 노광 장치의 조명 광학 유닛의 제2 패킷 미러를 갖는 구역 X의 부분 확대도이다,

도 11은 도 9에 따라 패킷 미러의 마이크로-미러 어레이들 중 하나의 어레이의 구역 XI의 부분 확대도이다,

도 12는 개별 미러들이 2개의 상이한 그룹으로 서브 분할된 도 11에 따른 미러 어레이를 도시하는 도면이다,

도 13 및 도 14는 다수의 미러 어레이들에 의해 형성된 필드 패킷 미러 상의 필드 패킷의 상이한 배열의 개략도이다,

도 13a 및 도 14a는 도 13 및 도 14의 부분 확대도를 도시한다,

도 15는 도 13 및 도 14 중 어느 것에 따른 패킷 미러를 포함하는 도 8에 따른 투영 노광 장치의 빔 경로의 일부의 개략도이다,

도 16은, 타깃 위치, 연관된 대기 위치, 및 다수의 금지된 위치들이 라벨된 제2 패킷 미러의 정렬 개략도이다,

도 17 및 도 18은 2개의 타깃 위치, 2개의 대기 위치, 및 다수의 금지된 위치들을 갖는 도 16에 따른 개략도이다,

도 19는 투영 노광 장치의 오브젝트 필드를 조명하는 방법의 시간적 진행을 개략적으로 도시하는 도면이다, 및

도 20은 패킷 미러를 설계하는 방법의 진행 과정을 개략적으로 도시하는 도면이다.

제일 먼저, 투영 노광 장치(1)의 기본 설계가 도면에 기초하여 아래에서 설명된다.

### 발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0063] 도 1은 마이크로리소그래피를 위한 투영 노광 장치(1)를 개략적으로 도시하는 자오선 단면도이다. 투영 노광 장치(1)의 조명 시스템(2)은, 방사선 소스(3) 외에, 오브젝트 평면(6)에 있는 오브젝트 필드(5)를 노광하기 위한 조명 광학 유닛(4)을 구비한다. 오브젝트 필드(5)는, 예를 들어, 13/1의 x/y 종횡비(aspect ratio)를 갖는 직사각형 방식으로 또는 아치형 방식으로 형성될 수 있다. 이 경우에, 오브젝트 필드(5)에 배열된 반사 레티클(도 1에 미도시)이 노광되고, 상기 레티클은 마이크로구조 또는 나노구조 반도체 부품을 제조하기 위해 투영 노광 장

치(1)에 의해 투영될 구조물을 구비한다. 투영 광학 유닛(7)은 오브젝트 필드(5)를 이미지 평면(9)에 있는 이미지 필드(8)로 이미징하는 기능을 한다. 레티클 상의 구조물은, 이미지 평면(9)에 있는 이미지 필드(8)의 구역에 배열되고 도면에 도시되지 않은 웨이퍼의 감광성 층으로 이미징된다.

[0064] 레티클 홀더(미도시)에 의해 유지되는 레티클과, 웨이퍼 홀더(미도시)에 의해 유지되는 웨이퍼는, 투영 노광 장치(1)의 동작 동안 y-방향으로 동기적으로 스캐닝된다. 웨이퍼와 레티클은 상이한 속력으로 이동할 수 있다. 투영 광학 유닛(7)의 이미징 스케일에 따라, 웨이퍼에 대해 반대 방향으로 레티클이 스캐닝되는 것도 가능하다.

[0065] 투영 노광 장치(1)의 도움으로, 레티클의 적어도 하나의 부분이 마이크로구조 부품 또는 나노구조 부품, 특히 반도체 부품, 예를 들어, 마이크로칩을 리소그래픽으로 제조하기 위해 웨이퍼 상의 감광성 층의 구역으로 이미징된다. 스캐너 또는 스테퍼(stepper)로 투영 노광 장치(1)의 실시예에 따라 레티클과 웨이퍼는 스캐너 동작에서 연속적으로 또는 스테퍼 동작에서 단계별로 y-방향으로 시간적으로 동기화된 방식으로 이동된다.

[0066] 방사선 소스(3)는 5 nm 내지 30 nm의 범위의 방출된 사용 방사선을 구비하는 EUV 방사선 소스이다. 이것은 플라스마 소스, 예를 들어 GDPP(Gas Discharge Produced Plasma) 소스 또는 LPP(Laser Produced Plasma) 소스일 수 있다. 다른 EUV 방사선 소스, 예를 들어, 싱크로트론에 기초하거나 또는 자유 전자 레이저(free electron laser: FEL)에 기초한 방사선 소스도 또한 가능하다.

[0067] 방사선 소스(3)로부터 나오는 EUV 방사선(10)은 콜렉터(11)에 의해 포커싱된다. 대응하는 콜렉터는 예를 들어 EP 1 225 481 A로부터 알려져 있다. 콜렉터(11)의 다운스트림에서, EUV 방사선(10)은 다수의 필드 패킷들(13a)을 갖는 필드 패킷 미러(13)에 입사하기 전에 중간 초점 평면(12)을 통해 전파된다. 필드 패킷 미러(13)은 오브젝트 평면(6)에 대해 광학적으로 공액(optically conjugate)인 조명 광학 유닛(4)의 평면에 배열된다.

[0068] EUV 방사선(10)은 또한 이후 사용 방사선, 조명 광 또는 이미징 광이라고도 언급된다.

[0069] 필드 패킷 미러(13)의 다운스트림에서, EUV 방사선(10)은 다수의 동공 패킷들(14a)을 갖는 동공 패킷 미러(14)에 의해 반사된다. 동공 패킷 미러(14)는 투영 광학 유닛(7)의 입구 동공 평면에 놓여 있거나 또는 이 동공 평면에 대해 광학적으로 공액에 놓여 있다. 필드 패킷 미러(13)과 동공 패킷 미러(14)는 다수의 개별 미러들로부터 구성되고, 이는 이후에 보다 상세히 설명된다. 이 경우에, 필드 패킷 미러(13)를 개별 미러들로 서브 분할하는 것은 전체 오브젝트 필드(5)를 자체적으로 조명하는 각 필드 패킷들(13a)이 개별 미러들 중 정확히 하나의 미러에 의해 나타나도록 구성될 수 있다. 대안적으로, 복수의 이러한 개별 미러들을 사용하여 필드 패킷들(13a) 중 적어도 일부 또는 전부를 구성하는 것이 가능하다. 이는, 대응하게 필드 패킷들(13a)에 각각 할당되고 각 경우에 단일 개별 미러에 의해 또는 복수의 이러한 개별 미러들에 의해 형성될 수 있는 동공 패킷 미러(14)의 동공 패킷들(14a)을 구성하는 것에도 적용된다.

[0070] EUV 방사선(10)은 미러 표면의 법선(normal)에 대하여 측정된  $25^\circ$  이하의 입사 각도로 2개의 패킷 미러들(13, 14)에 입사한다. EUV 방사선(10)은 그리하여 수직 입사(normal incidence) 동작의 범위에서 2개의 패킷 미러들(13, 14)에 도달한다. 그레이징 입사(grazing incidence)로 도달하는 것도 또한 가능하다. 동공 패킷 미러(14)는, 투영 광학 유닛(7)의 동공 평면을 구성하는 조명 광학 유닛(4)의 평면에 배열되거나 또는 투영 광학 유닛(7)의 동공 평면에 대해 광학적으로 공액에 있다. EUV 방사선(10)을 위한 빔 경로의 순서로 지정된 미러들(16, 17 및 18)을 가지는 전달 광학 유닛(15)의 형태로 이미징 광학 조립체와 동공 패킷 미러(14)의 도움으로, 필드 패킷 미러(13)의 필드 패킷들은 서로 중첩된 방식으로 오브젝트 필드(5)로 이미징된다. 전달 광학 유닛(15)의 마지막 미러(18)는 그레이징 입사 미러이다. 전달 광학 유닛(15)은 동공 패킷 미러(14)와 함께 또한 EUV 방사선(10)을 필드 패킷 미러(13)로부터 오브젝트 필드(5) 쪽으로 전달하는 순차 광학 유닛이라고도 언급된다. 조명 광(10)은 방사선 소스(3)로부터 복수의 조명 채널을 통해 오브젝트 필드(5) 쪽으로 가이드된다. 각 조명 채널은 필드 패킷 미러(13)의 필드 패킷(13a)과, 동공 패킷 미러(14)의 동공 패킷(14a)에 할당되고, 상기 동공 패킷은 필드 패킷의 다운스트림에 배치된다. 필드 패킷 미러(13)과 동공 패킷 미러(14)의 개별 미러들은 액추에이터 시스템에 의해 틸팅가능하고, 이에 조명 채널들의 구성을 변화시키는 것에 의해 동공 패킷들(14a)을 필드 패킷들(13a)에 할당하는 것이 변화될 수 있다. 조명 설정들을 상이하게 하면 오브젝트 필드(5)에 걸친 조명 광(10)의 조명 각도의 분배를 상이하게 할 수 있다.

[0071] 위치 관계의 설명을 용이하게 하기 위해, 아래에서는, 특히 전체 직교 xyz-좌표 시스템을 사용한다. x-축은 도 1에서 도면의 평면에 수직으로 관찰자 쪽으로 이어진다. y-축은 도 1에서 우측 쪽으로 이어진다. z-축은 도 1에서 위쪽으로 이어진다.

[0072] 후속 도면 중에서 선택된 도면에서, 국부 직교 xyz-좌표 시스템이 도시되고, 여기서 x-축은 도 1에 따른 x-축과

평행하게 이어지고, y-축은 상기 x-축과 함께 각 광학 요소의 광학 영역에 걸쳐 있다.

- [0073] 도 2는 투영 노광 장치(1)를 위한 조명 시스템(19)의 대안적인 구성을 도시한다. 도 1을 참조하여 이미 기술된 것에 대응하는 부분은 동일한 참조 부호를 가지고 다시 상세히 설명되지 않는다.
- [0074] LPP 소스로 구현될 수 있는 방사선 소스(3)로부터 나오는 사용 방사선(10)은 제일 먼저 제1 콜렉터(20)에 의해 수집된다. 콜렉터(20)는, 방사선 소스(3)를 중간 초점 평면(12)으로 이미징하거나 또는 방사선 소스(3)로부터 오는 광을 중간 초점 평면(12)에서 중간 포커스로 포커싱하는 타원체 미러(ellipsoid mirror)일 수 있다. 콜렉터(20)는 사용 방사선(10)이 0° 근처의 입사 각도로 도달하는 방식으로 동작될 수 있다. 콜렉터(20)는 수직 입사 근처로 동작되고, 그리하여 또한 수직 입사(normal incidence: NI) 미러라고도 언급된다. 그레이징 입사로 동작되는 콜렉터는 또한 콜렉터(20) 대신에 사용될 수 있다.
- [0075] 사용 방사선(10), 다시 말해, EUV 방사선 빔을 가이드하는 광학 조립체의 일례로서 다중- 또는 마이크로-미러 어레이(micro-mirror array: MMA) 형태의 필드 패킷 미러(21)는 중간 초점 평면(12)의 다운스트림에 배치된다. 다중-미러 또는 마이크로-미러 어레이(MMA)는 또한 이하의 본문에서 단순히 미러 어레이(22)라고도 언급된다. 필드 패킷 미러(21)는 마이크로전기기계 시스템(microelectromechanical system: MEMS)으로 구현된다. 필드 패킷 미러는 어레이에서 행과 열로 매트릭스-같은 방식으로 배열된 다수의 개별 미러들을 구비한다. 다음 본문에서, 개별 미러는 또한 미러 요소(23)라고도 언급된다. 미러 요소(23)는 아래에 설명되는 바와 같이 액추에이터 시스템에 의해 틸팅가능하도록 설계된다. 전체적으로, 필드 패킷 미러(21)는 대략 100 000개의 미러 요소(23)를 구비한다. 미러 요소(23)의 사이즈에 따라, 필드 패킷 미러(21)는 또한 예를 들어 1000개, 5000개, 7000개 또는 그 밖에 수 10만 개의 미러 요소(23), 예를 들어 500 000개의 미러 요소를 구비할 수 있다.
- [0076] 스펙트럼 필터(spectral filter)가 필드 패킷 미러(21)의 업스트림에 배열될 수 있고, 투영 노광에 사용되지 않는 방사선 소스(3)의 방출광의 다른 파장 성분으로부터 사용 방사선(10)을 분리할 수 있다. 스펙트럼 필터는 도 1에 도시되어 있지 않다.
- [0077] 필드 패킷 미러(21)에는 840 W의 전력과  $6.5 \text{ kW/m}^2$ 의 전력 밀도를 가지는 사용 방사선(10)이 도달된다. 사용 방사선(10)은 또한 상이한 전력 및/또는 전력 밀도를 구비할 수 있다.
- [0078] 패킷 미러(21)의 전체 개별 미러 어레이는 500 mm의 직경을 구비하고, 이 미러 어레이는 미러 요소들(23)을 갖는 가까이 팩킹(packed)된 방식으로 설계된다. 미러 요소들(23)에 의해 전체 필드 패킷 어레이의, 충전도(degree of filling) 또는 집적 밀도(integration density)라고도 언급되는 표면 커버리지는 적어도 70%, 특히 적어도 80%, 특히 적어도 85%, 특히 적어도 90%, 특히 적어도 95%이다. 필드 패킷(21a)이 각 경우에 정확히 하나의 미러 요소(23)에 의해 실현되는 한, 미러 요소들(23)은 스케일링 팩터(scaling factor)와는 별도로 오브젝트 필드(5)의 형상을 나타낸다. 패킷 미러(21)는 500개의 미러 요소들(23)로부터 형성될 수 있고, 각 미러 요소는 필드 패킷(21a)을 나타내고, y-방향으로 대략 5 mm와 x-방향으로 100 mm의 크기를 구비한다. 정확히 하나의 미러 요소(23)에 의해 각 필드 패킷(21a)을 실현하는 것에 대한 대안으로, 각 필드 패킷들(21a)은 더 작은 미러 요소들(23)의 그룹으로 형성될 수 있다. y-방향으로 5 mm와 x-방향으로 100 mm의 크기를 구비하는 필드 패킷(21a)은 예를 들어 5 mm × 5 mm의 크기를 갖는 미러 요소들(23)의 1 × 20 어레이 내지 0.5 mm × 0.5 mm의 크기를 갖는 미러 요소들(23)의 10 × 200 어레이에 의해 구성될 수 있다. 본 발명에 따라, 필드 패킷(21a)에 미러 요소들(23)을 할당하는 것은 플렉시블하다. 특히, 필드 패킷들(21a)은 미러 요소들(23)을 적절히 작동시키는 것에 의해서만 한정된다. 특히, 미러 요소(23)의 형태는 매크로스코픽(macroscopic) 필드 패킷의 형태와는 독립적일 수 있다.
- [0079] 사용 광(10)은 패킷 미러(21)의 미러 요소들(23)에 의해 동공 패킷 미러(14) 쪽으로 반사된다. 동공 패킷 미러(14)는 대략 2000개의 정적 동공 패킷(14a)을 구비한다. 정적 동공 패킷들은 복수의 동심 링(concentric ring)으로 서로 나란히 배열되되, 최내부 링의 동공 패킷(14a)이 섹터-형상(sector-shaped)으로 형성되고, 이 최내부 링에 바로 인접한 링의 동공 패킷들(14a)이 링-섹터-형상으로 형성되도록 배열된다. 동공 패킷 미러(14, 12)의 사분면에서 동공 패킷(14a)은 각 링에서 서로 나란히 존재할 수 있다. 각 동공 패킷(14a)은 미러 어레이(22)로 구현될 수 있다.
- [0080] 사용 광(10)은 동공 패킷들(14a)에 의해 오브젝트 평면(6)에 배열된 반사 레티클(24) 쪽으로 반사된다. 투영 광학 유닛(7)은 도 1에 따른 투영 노광 장치와 관련하여 기술된 바와 같이 따른다.
- [0081] 전달 광학 유닛(15)은 도 1에 따른 조명 광학 유닛(4)과 관련하여 기술된 바와 같이 패킷 미러(14)와 레티클



(24) 사이에 다시 한번 제공될 수 있다.

- [0082] 도 3은 예를 들어, 도 2에 따른 종래의 조명 설정을 대략 달성할 수 있는, 동공 패킷 미러(14)의 동공 패킷들(14a)의 조명을 도시한다. 동공 패킷 미러(14)의 2개의 내부 동공 패킷 링에서, 동공 패킷(14a)의 매 두 번째 동공 패킷이 외주 방향(circumferential direction)으로 조명된다. 도 3에 이러한 교번 조명을 표시한 것은 이러한 조명 설정의 경우에 실현되는 충전 밀도(filling density)가 환형 조명 설정의 경우에서보다 2의 팩터만큼 더 낮은 것을 나타내기 위하여 의도한 것이다. 균일한 조명 분배는 2의 팩터만큼 더 낮은 점유 밀도를 갖는 2개의 내부 동공 패킷 링에서 추구된다. 도 3에 도시된 2개의 외부 동공 패킷 링은 조명되지 않는다.
- [0083] 도 4는, 환형 조명 설정이 설정된 조명 광학 유닛(4)의 상태를 개략적으로 도시한다. 필드 패킷 미러(21)의 미러 요소들(23)은, 동공 패킷 미러(14) 상의 링-섹터-형상의 동공 패킷(14a)의 외부 링이 사용 광(10)에 의해 조명되는 방식으로, 아래에서 보다 상세히 더 설명되는 액추에이터의 도움으로 액추에이터에 의해 틸팅된다. 동공 패킷 미러(14)의 이 예시적인 조명은 도 5에 도시된다. 이 조명을 생성하는 미러 요소들(23)의 틸팅은 미러 요소들(23) 중 하나의 미러 요소의 예를 사용하여 도 4에서 예시적인 방식으로 지시된다.
- [0084] 도 2 내지 도 5에 따라 조명 설정을 변화시키기 위하여, 미러 요소들(23)은 틸팅 각도 주위로 선회될 수 있다. 특히, 이 미러 요소들은 적어도  $\pm 50$  mrad, 특히 적어도  $\pm 80$  mrad, 특히  $\pm 100$  mrad 구역에서 틸팅 각도 주위로 선회가능하다. 여기서, 각 틸팅 위치는 적어도 0.2 mrad, 특히 적어도 0.1 mrad, 특히 적어도 0.05 mrad, 특히 적어도 0.03 mrad의 정확도로 유지될 수 있다.
- [0085] 미러 요소들(23)은 사용 방사선(10)의 파장에서 반사율을 최적화하는 다중층 코팅(multilayer coating)을 구비한다. 다중층 코팅의 온도는 투영 노광 장치(1)의 동작 동안 425 K를 초과해서는 안된다. 이것은 아래 예시적인 방식으로 설명된 미러 요소들(23)을 구성하는 것에 의해 달성된다. 개략적으로 도 2에 지시된 바와 같이, 조명 광학 유닛(4)의 미러 요소들(23)은 배기가능한 챔버(evacuatable chamber)(25)에서 수용된다. 도 2는 단지 개략적으로 배기가능한 챔버(25)의 경계 벽(26)을 나타낸다. 챔버(25)는 셔오프 밸브(shutoff valve)(28)가 수용된 유체 라인(27)을 통해 진공 펌프(29)와 연통한다. 배기가능한 챔버(25)에서 동작 압력은 수 Pa (분압  $H_2$ )이다. 모든 다른 분압은  $10^{-7}$  mbar에서 상당히 아래이다.
- [0086] 미러 요소들(23)은 기관(30)에 배열된다. 기관은 열 전도 부분(31)에 의해 미러 몸체(32)에 기계적으로 연결된다. 기관(30)에 대해 미러 몸체(32)가 틸팅될 수 있게 하는 관절 몸체(33)는 열 전도 부분(31)의 일부이다. 관절 몸체(33)는, 특히 서로 수직으로 배열된, 예를 들어, 하나 또는 2개의 틸팅 축 주위로 한정된 틸팅 자유도에 대해 미러 몸체(32)가 틸팅될 수 있게 있는 굴곡부(flexure)로 구현될 수 있다. 관절 몸체(33)는 기관(30)에 고정된 외부 유지 링(outer holding ring)(34)을 구비한다. 나아가, 관절 몸체(33)는 관절 방식으로 외부 유지 링(34)에 연결된 내부 유지 몸체(inner holding body)(35)를 구비한다. 상기 유지 몸체는 미러 요소(23)의 반사 표면(36) 아래에 중심에 배열된다. 스페이서(37)는 중심 유지 몸체(35)와 반사 표면(36) 사이에 배열된다.
- [0087] 미러 몸체(32)에 퇴적되는 열, 특히, 입사하는 사용 방사선(10)을 흡수하는 것에 의해 생성된 열은 열 전도 부분(31)에 의해, 즉 스페이서(37), 중심 유지 몸체(35), 및 관절 몸체(33)에 의해, 및 외부 유지 링(34)에 의해, 기관(30) 쪽으로 발산된다. 적어도  $10 \text{ kW/m}^2$ , 특히 적어도  $30 \text{ kW/m}^2$ , 특히 적어도  $50 \text{ kW/m}^2$ 의 열 전력 밀도는 열 전도 부분(31)에 의해 기관(30)으로 발산될 수 있다. 기관(30)으로 발산된 열 전력은 각 미러 요소(23)에 대해 적어도 2.5 mW, 특히 적어도 7.5 mW, 특히 적어도 12.5 mW일 수 있다. 대안적으로, 열 전도 부분(31)은 적어도  $1 \text{ kW/m}^2$ 의 열 전력 밀도 또는 미러 몸체(32)에서 소비되는 적어도 0.25 mW의 전력을 기관(30)으로 발산하도록 구현된다. 방사선 소스(3)로부터 사용 방사선(10)으로부터 흡수된 전력이 더하여, 소비 전력은 예를 들어 또한 소비 전기 전력일 수 있다.
- [0088] 액추에이터 핀(38)은 스페이서(37)와 반대쪽 유지 몸체(35)에 배열된다. 액추에이터 핀(38)은 스페이서(37)보다 더 작은 외부 직경을 구비할 수 있다. 액추에이터 핀(38)은 또한 스페이서(37)와 동일한 직경을 구비하거나 이 스페이서를 초과하는 직경을 구비할 수 있다.
- [0089] 기관(30)은 액추에이터 핀(38)을 둘러싸는 슬리브를 형성한다. 슬리브에는 각 경우에 총 3개의 전극(54)이 통합되고, 상기 전극들은 전기적으로 서로 절연되어 배열되고, 각 경우에 외주 방향으로 단지  $120^\circ$ 에 걸쳐 연장된다. 전극들(54)은 이 실시예에서 전극 핀으로 구현된 액추에이터 핀(38)에 대한 대향 전극들을 구성한다. 여기서, 특히, 액추에이터 핀(38)은 중공 실린더로 구현될 수 있다. 원리적으로, 액추에이터 핀(38)마다 상이한 개수의 전극(54)을 제공하는 것도 가능하다. 특히, 4개 이상의 전극(54)이 액추에이터 핀(38)마다 제공될 수

있다. 하나 이상의 전극(54)과 액추에이터 핀(38) 사이에 전위 차이를 생성하는 것에 의해, 액추에이터 핀(38)에 정전 힘을 생성하는 것이 가능하고, 이 힘은, 도 6의 우측에 예시적인 방식으로 도시된 바와 같이, 미러 요소(23)를 편향시킬 수 있다.

[0090] 특히, 기관(30)은 미러 요소(23)의 전체 어레이가 상부에 배열된 실리콘 웨이퍼로 형성될 수 있다.

[0091] 액추에이터 핀(38)은 또한 로렌츠 액추에이터(Lorentz actuator)의 일부일 수 있다. 이 경우에, 영구 자석은 액추에이터 핀(38)의 자유 단부에 배열된다. 영구 자석은 영구 자석의 N극과 S극이 액추에이터 핀(38)을 따라 서로 인접하여 배열되는 방식으로 정렬될 수 있다. 예를 들어, 이러한 로렌츠 액추에이터는 US 7 145 269 B2에 알려져 있다. 이 로렌츠 액추에이터는 마이크로전기기계 시스템(MEMS)으로 배치 공정(batch process)에서 제조될 수 있다. 이러한 로렌츠 액추에이터에 의해 20 kPa의 힘 밀도를 획득하는 것이 가능하다. 힘 밀도는 액추에이터 힘이 작용하는 액추에이터의 면적에 대한 액추에이터 힘의 비율(ratio)로 정의된다. 액추에이터 핀(38)의 단면은 그 자체에 액추에이터 힘이 작용하는 것으로 고려되는 액추에이터의 측부 면에 대한 척도로 기능할 수 있다.

[0092] 로렌츠 액추에이터로서의 실시예에 대한 대안으로, 미러 요소(23)를 틸팅하는 액추에이터는, 예를 들어, WO 2007/134 574 A에 개시된 스타일의 리럭턴스 액추에이터(reluctance actuator) 또는 압전-액추에이터(piezo-actuator)로 구현될 수 있다. 리럭턴스 액추에이터에 의해 50 kPa의 힘 밀도를 획득하는 것이 가능하다. 이 실시예에 따라, 50 kPa 내지 1 MPa의 힘 밀도가 압전-액추에이터에 의해 달성될 수 있다.

[0093] 관절 몸체와 열 전도 부분(31)의 실시예뿐만 아니라, 특히 기관(30)에 개별 미러(23)를 배열하는 것과, 액추에이터에 의해 미러가 선회하는 것에 대한 추가적인 상세에 대해서는 WO 2010/049 076 A2를 참조하면 된다.

[0094] 미러 어레이(22)는 특히 적어도 4개, 특히 적어도 16개, 특히 적어도 64개, 특히 적어도 256개, 특히 적어도 1024개, 특히 적어도 1296개, 특히 적어도 1600개의 미러 요소들(23)을 구비한다. 이 미러 요소들은 바람직하게는 직사각형 매트릭스, 특히 정사각형 매트릭스로 배열된다. 미러 요소(23)는 정사각형 단면을 구비한다. 원리적으로, 이 미러 요소들은 또한 삼각형, 직사각형 또는 육각형의 실시예를 구비할 수 있다. 이 미러 요소들은 파케트 요소(parquet element)로 구현된다. 전체 미러 요소(23)는 미러 어레이(22)의 전체 반사 표면의 파케트 맞춤(parqueting)을 형성한다. 파케트 맞춤은, 특히, 모자이크 맞춤(tessellation)이다. 미러 요소들(23)은 특히 타이트하게 팩킹된 방식으로 배열된다. 특히, 미러 어레이는 적어도 0.85, 특히 적어도 0.9, 특히 적어도 0.95의 충전도를 구비한다. 여기서, 종종 집적 밀도라고도 언급되는 충전도는, 어레이(22)의 전체 면적에 대한 전체 반사 표면, 즉 미러 어레이(22)의 모든 미러 요소들(23)의 반사 표면(36)의 합계의 비율을 나타낸다.

[0095] 미러 요소(23)의 반사 표면(36)은 편평한(planar) 실시예를 구비한다. 원리적으로, 이 반사 표면은 또한 오목하거나 또는 볼록한 실시예 또는 자유 형상 표면(free-form surface)으로서의 실시예를 구비할 수 있다.

[0096] 미러 요소(23)의 반사 표면(36)에는, 특히, 사용 방사선(10)의 파장에서 반사율을 최적화하는 (다중층) 코팅이 제공된다. 특히, 다중층 코팅에 의해 EUV 범위, 특히 5 nm 내지 30 nm의 범위의 파장을 갖는 사용 방사선(10)을 반사시킬 수 있다.

[0097] 미러 어레이(22)는 모듈식 실시예를 구비한다. 특히, 이 미러 어레이는, 미러 어레이(22)의 전체 반사 표면의 파케트 맞춤이 복수의 타일 요소(tiling element), 즉 동일한 실시예를 갖는 복수의 미러 어레이(22)를 타일 맞추는(tiling) 것에 의해 원하는대로 팽창가능한 방식으로 타일 요소로 구현된다. 여기서, 상이한 용어 "파케트 맞춤" 및 "타일 맞춤"은, 미러 요소들(23)에 의해 개별 미러 어레이(22)의 전체 반사 표면을 파케트 맞추는 것과, 복수의 미러 어레이(22)에 의해 다중-미러 어레이의 전체 반사 표면을 파케트 맞추는 것 사이를 구별하는데에만 사용된다. 이들은 모두 평면에서 간단한 연속적인 구역의 겹 없는(gap-free) 그리고 오버랩 없는(overlap-free) 커버리지를 나타낸다. 전체 반사 표면의 커버리지가 본 경우에 겹이 없으면 완벽하지 않다 하더라도, 즉 1 미만의 충전도만큼 반사된다 하더라도, 충전도가 상기 제시된 값, 특히 적어도 0.85를 구비하는 경우 파케트 맞춤 또는 타일 맞추는 것이 아래에서 여전히 참조된다.

[0098] 미러 요소들(23)은 기관(30)에 의해 유지된다. 기관(30)은 표면 법선(41)과 수직인 방향으로 연장되는 에지 구역(42)을 구비한다. 특히, 에지 구역(42)은 미러 요소들(23)을 에워싸는 방식으로 배열된다. 표면 법선(41)과 수직인 방향으로, 이 표면 법선은, 최대 5 mm, 특히 최대 3 mm, 특히 최대 1 mm, 특히 최대 0.5 mm, 특히 최대 0.3 mm, 특히 최대 0.2 mm의 폭(b), 특히 최대 폭(b)을 구비한다. 그리하여, 미러 어레이(22)의 전체 영역은, 표면 법선(41)과 수직인 방향으로 전체 반사 표면 위로, 즉 외부 에지 위로 최대 5 mm, 특히 최대 3 mm, 특히 최대 1 mm, 특히 최대 0.5 mm, 특히 최대 0.3 mm, 특히 최대 0.2 mm만큼 돌출된다.

[0099] 미러 어레이(22)의 전체 영역은 1 mm × 1 mm 내지 50 mm × 50 mm의 범위, 특히 10 mm × 10 mm 내지 25 mm



× 25 mm의 범위에 놓여 있다. 원리적으로, 다른 크기도 또한 가능하다. 특히, 이 면적은 또한 정사각형 형태로 부터 벗어날 수도 있다. 전체 반사 표면 위로 미러 어레이(22)의 전체 영역의 돌출부는 또한 측면 또는 측방향 오버헤드라고도 언급된다. 동일한 방향으로 전체 크기에 대한 측방향 오버헤드(overhead)의 비율은 최대 0.1, 특히 최대 0.05, 특히 최대 0.03, 특히 최대 0.02, 특히 최대 0.01이다. 측방향 돌출부는 적어도 한 자리수만큼 미러 어레이(22)의 전체 반사 표면의 전체 크기보다 더 작다.

[0100] 미러 어레이(22)에 더하여, 광학 부품(40)은 지지 구조물(carrying structure)(43)을 포함한다. 지지 구조물(43)은, 특히 표면 법선(41)의 방향으로 미러 어레이(22)로부터 오프셋(offset)되어, 특히 이 미러 어레이에 인접하게 오프셋되어 배열된다. 이 지지 구조물은 바람직하게는 미러 어레이(22)의 기관(30)의 단면과 동일한 단면을 구비한다. 일반적으로, 이 지지 구조물은 표면 법선(41)에 수직인 방향으로 기관(30) 위로 및 그리하여 미러 어레이(22)의 전체 영역 위로 최대 5 mm, 특히 최대 3 mm, 특히 최대 1 mm, 특히 최대 0.5 mm, 특히 최대 0.1 mm, 특히 최대 0.05 mm만큼 돌출되고, 특히 전혀 돌출되지 않는다. 이러한 배열은 또한 "새도우 주조 원리(shadow casting principle)"에 따른 배열이라고도 언급된다. 이것은, 특히, 지지 구조물(43)이 표면 법선(41)의 방향으로 미러 어레이(22)의 전체 영역의 평행한 돌출부 내에 완전히 배열되는 것을 의미하는 것으로 이해된다.

[0101] 지지 구조물(43)은 세라믹을-포함하거나 및/또는 실리콘을-포함하거나 및/또는 알루미늄을-포함하는 물질로 만들어진다. 이것에 의해 동시에, 높은 기계적인 안정성을 가지고 미러 어레이(22)로부터 열을 발산할 수 있다. 지지 구조물(43)의 물질에 대한 예는 세라믹 물질, 실리콘, 실리콘 이산화물, 알루미늄 질화물, 및 알루미늄 산화물, 예를 들어,  $Al_2O_3$  세라믹 물질이다. 특히, 지지 구조물(43)은 웨이퍼로부터 제조될 수 있다. 지지 구조물(43)은 또한 소위 열적 비아(thermal via)를 구비하는 석영 또는 유리 웨이퍼로부터 제조될 수 있다.

[0102] 지지 구조물(43)은 일측에 개방된 컷아웃(cutout)(44)을 구비한다. 컷아웃(44)은 추가적인 기능적인 구성 요소를 수용하는, 일측에 개방된, 수용 공간을 형성한다. 미러 어레이(22)와 반대쪽에, 컷아웃(44)은 표면 법선(41)의 방향으로 지지 구조물의 베이스(45)에 의해 한정(delimited)된다. 측방향으로, 즉 표면 법선(41)과 수직 방향으로, 지지 구조물은 지지 구조물(43)의 에지 구역(46)에 의해 한정된다. 표면 법선(41)과 수직 방향으로, 에지 구역(46)은 폭( $b_c$ )을 구비한다. 여기서,  $0.5 \times b \leq b_c \leq 2 \times b$ 가 적용된다. 특히, 지지 구조물(43)의 에지 구역(46)은 바로 기관(30)의 에지 구역(42)만큼 넓을 수 있다( $b = b_c$ ).

[0103] 지지 구조물(43)은 이 에지 구역(46)에서만 미러 어레이(22)에 기계적으로 연결된다. 밀봉 요소(61)는 지지 구조물(43)과 미러 어레이(22) 사이에 배열된다. 밀봉 요소(61)는 미러 어레이(22)의 기관(30)의 후미측(rear side)(48)에서 금속화된 부분에 통합된다. 이 밀봉 요소는 또한 지지 구조물(43)의 에지 구역(46)에 배열된 밀봉 링으로 구현될 수 있다. 컷아웃(44)에 의해 형성된 수용 공간은 그리하여 적어도 부품(40)을 제조하는 동안 캡슐화되는데, 즉 액체-기밀, 특히 가스-기밀 방식으로 밀봉된다. 원리적으로, 캡슐화된 방식으로, 즉 액체-기밀, 특히 가스-기밀 방식으로 밀봉된 ASIC(52)을 배열하는 것이 가능하다. 이를 위해, 미러 어레이(22)와 ASIC(52) 사이에 연속적인 중간 층(도면에 미도시)이 여전히 필요하다.

[0104] 다수의 신호 라인들(47)은 지지 구조물(43)에 통합된다. 신호 라인(47)은 수직 상호 연결 액세스, 소위 "비아"로 구현된다. 이 신호 라인은 반사 표면(36)과 반대쪽 미러 어레이(22)의 후미측(48)에서 직접 접촉된다. 이 신호 라인은 미러 어레이(22)와 반대쪽에, 즉 지지 구조물(43)의 후미측(49)에 접촉 요소(50)를 더 구비한다. 각 부품(40)은 30개를 초과하는, 특히 50개를 초과하는, 특히 70개를 초과하는 신호 라인(47)을 구비할 수 있다. 이 신호 라인(47)은, 특히 미러 요소(23)의 변위를 제어하는 제어 디바이스(51)에 전력을 공급하는 기능을 한다. 미러 요소(23)의 변위를 제어하는 제어 디바이스(51)는 지지 구조물(43)에 통합된다. 특히, 이 제어 디바이스는 응용-특정 집적 회로(52)(application-specific integrated circuit: ASIC)로 구현된다. 부품(40)은 복수의 ASIC(52)을 구비할 수 있다. 이 부품은 적어도 하나의 ASIC(52), 특히 적어도 2개의, 특히 적어도 4개의, 특히 적어도 9개의, 특히 적어도 16개의, 특히 적어도 25개의, 특히 적어도 100개의 ASIC(52)을 포함한다. 여기서, 각 ASIC(52)은 적어도 하나의 미러 요소(23)에, 특히 복수의 미러 요소(23)에, 특히 적어도 2개의, 특히 적어도 4개의, 특히 적어도 8개의 미러 요소(23)에 신호 연결된다. 미러 요소(23)를 변위시키는 액추에이터를 제어하는 것에 대한 상세에 대해서는 WO 2010/049 076 A2를 참조하면 된다.

[0105] ASIC(52)으로 가는 신호 라인(47)은 지지 구조물(43)의 후미측(49)으로부터 지지 구조물(43)을 통해 미러 어레이(22)의 후미측(48)으로 이어지고, 거기서부터 신호 라인은 미러 어레이(22)의 후미측(48)을 따라 이어지고 플립 칩 접촉부(flip chip contact)(53)에 의해 ASIC(52)으로 이어진다. 통합된 또는 국부 드라이버 전자회로

(driver electronics)로 가는 신호 라인은 그리하여 미러 어레이(22)의 후미측(48)에서 가이드된다. 미러 요소들(23) 중 하나의 미러 요소의 변위를 제어하는 ASIC(52)에서 생성된 제어 전압은 미러 어레이(22)의 후미측(48)에 있는 추가적인 플립 칩 접촉부(53)에 의해 대응하는 전극(54)에 인가된다. 그리하여, ASIC(52)들 중 하나의 ASIC의 모든 전기적 접촉은 ASIC(52)의 동일한 측에 있다. 특히, 상기 접촉은 미러 어레이(22)를 향하는 ASIC(52)의 측에 위치된다. 원리적으로 또한 가능한 ASIC(52)의 양면 접촉과 관통-접촉이 이에 의해 회피된다. 신호 라인(47)의 이러한 배열의 추가적인 잇점은 모든 신호 라인(47)이 단일 금속 층에서 미러 어레이(22)의 후미측(48)에 놓일 수 있다는 것에 있다. 이것은 제조 공정을 간략화시켜서 제조 비용을 감소시킨다.

[0106] 나아가, 신호 라인(47)은 특정 신호 라인(47)이 미러 어레이(22)를 향하는 지지 구조물(43)의 정면측(43a)에 결합되거나, 및/또는 이 지지 구조물의 후미측(49)에 결합되는 방식으로 구현되고 배열된다. 예를 들어, ASIC(52)의 공급 전압을 위한 신호 라인들(47)이 결합된다. 이것은 지지 구조물(43)의 구역에서 신호를 감소시킨다. 특히, 지지 구조물(43)의 구역에서 신호의 감소는 적어도 10:1이다.

[0107] 지지 구조물(43)의 후미측(49)에서 부품(40)은 전기 인터페이스(electrical interface)(55)를 구비한다. 특히, 인터페이스(55)는 미러 어레이(22)와 반대쪽에 놓여 있는 지지 구조물(43)의 후미측(49)에 완전히 배열된다. 원리적으로 가능한 측방향 접촉을 완전히 없앨 수도 있다. 그리하여, "새도우 주조 원리"는 또한 신호 흐름(도 7 참조)으로 관찰된다. 그 결과, 부품(40)의 부품 부분과 또한 이 부품에서 신호와 열의 흐름이 모두 표면 법선(41)의 방향으로 배향된다. 그리하여, 부품(40)은 수직 집적(vertical integration)을 구비한다.

[0108] 도 7에 도시된 실시예의 경우에, 전기 인터페이스(55)는 지지 구조물(43)의 후미측(49)에 적용된 다수의 접촉 핀들(56)을 구비한다. 이에 대한 대안으로, 전기 인터페이스(55)의 접촉 요소(50)는 또한 편평한 방식으로 구현될 수 있다.

[0109] 이에 대한 대안으로, 전기 인터페이스(55)의 접촉 요소(50)는 또한 지지 구조물(43)에서 통합된 핀으로 구현될 수 있다. 이 경우에, 예를 들어 금(gold)으로 충전된 관통-보어로 구현된 지지 구조물(43)에서 수직 상호 연결 액세스(비아)에는, 지지 구조물(43)의 후미측(49)의 구역에서 부분적으로 노광된다. 특히, 이것은 비아를 둘러싸는 지지 구조물(43)의 물질의 일부를 에칭하는 것에 의해 달성될 수 있다. 비아의 노광된 부분은 이제 접촉 요소(50)를 형성한다.

[0110] 나아가, 지지 구조물(43)은 강자성 요소(57)를 포함한다. 이 지지 구조물은 특히 적어도 하나의 강자성 요소(57)를 포함한다. 복수의 강자성 요소(57)가 또한 제공될 수도 있다. 강자성 요소(57)는 금속 판 또는 금속 호일로 구현된다. 강자성 요소(57)는 또한 영구 자석 요소로 구현될 수 있다. 예를 들어 도 7 및 도 9에 도시된 실시예에 따라, 금속 호일(57)은 지지 구조물(43)의 컷아웃(44)에 배열된다. 특히, 상기 금속 호일은 지지 구조물(43)에 고정 연결된다. 이 금속 호일은 지지 구조물(43)에 접합될 수 있다, 예를 들어, 이 금속 호일은 또한 접착제로 접합(adhesively bonded)될 수 있다. 강자성 요소(57)로서 지지 구조물(43) 위에 강자성 금속 층을 직접 전해 증착(Direct electrolytic deposition)하는 것도 가능하다. 금속 호일(57)은, 예를 들어 도 10에 도시된 바와 같이, 또한 지지 구조물(43)의 후미측(49)에 배열될 수 있다. 원리적으로, 컷아웃(44)에 및 지지 구조물(43)의 후미측(49)에 금속 호일(57)을 배열하는 것을 조합하는 것도 또한 가능하다.

[0111] 특히, 금속 호일(57)은 ASIC(52)과 지지 구조물(43)의 베이스(45) 사이에 배열될 수 있다. 이렇게 할 때, 이 금속 호일은 또한 ASIC(52)과 지지 구조물(43) 사이에 열적 인터페이스(thermal interface)를 더 형성할 수 있다. 이 경우에, 금속 호일(57)은, 유연성이 있고, 주름진 금속 호일로, 다시 말해 소위 스프링 호일로 구현되는 것이 유리하다.

[0112] 나아가, 추가적인 열-전도성 요소(58)는 ASIC(52)과 지지 구조물(43)의 베이스(45) 사이에, 특히 ASIC(52)과 금속 호일(57) 사이에 배열될 수 있다. 복수의 열-전도성 요소가 또한 제공될 수도 있다. ASIC(52)은, 특히, 컷아웃(44) 내 열-전도성 요소에 적어도 부분적으로 매립될 수 있다. ASIC(52)과 지지 구조물(43)의 베이스(45) 사이에 이러한 열적 인터페이스는 부품(40)을 통해 열 흐름의 수직 집적을 개선시킨다. 미러 어레이(22)로부터 및 특히 ASIC(52)으로부터 열은 이 경우에 직접 발산될 수 있고, 다시 말해, 실질적으로 표면 법선(41)의 방향으로, 지지 구조물(43)의 베이스(45)로 그리고 지지 구조물을 통해 발산될 수 있다.

[0113] 본 발명의 추가적인 측면은 도 8 내지 도 15를 참조하여 아래에서 설명된다.

[0114] 도 8은 투영 노광 장치(1)의 조명 방사선(10)의 빔 경로를 다시 한번 개략적으로 도시한다. 도 8에서, 방사선 소스(3)와 콜렉터(11)는 함께 조명 디바이스(61)로 도시된다.

[0115] 조명 광학 유닛에서, 제1 패킷 미러(62)와 제2 패킷 미러(63)는 단지 예시적인 형태로 도시된다. 제1 패킷 미러

(62)는 특히 필드 패킷 미러(13)일 수 있다. 제2 패킷 미러(63)는 특히 동공 패킷 미러(14)일 수 있다. 그러나, 또한 제2 패킷 미러(63)를 조명 광학 유닛의 동공 평면으로부터 소정 거리에 배열하는 것도 가능하다. 이 경우에, 이 제2 패킷 미러는, 일반적으로, 거울 반사기라고 언급된다.

[0116] 도 8은 투영 광학 유닛(7)을 개략적으로 도시한다. 투영 광학 유닛(7)은 6개의 미러( $M_1$  내지  $M_6$ )를 포함할 수 있다. 투영 광학 유닛(7)은 상이한 개수의 미러( $M_i$ )를 더 포함할 수 있다. 특히, 투영 광학 유닛은 2개, 3개, 4개, 5개, 6개, 7개, 8개 또는 이를 초과하는 개수의 미러를 포함할 수 있다.

[0117] 나아가, 도 8은 이미지 평면(9)에 배열된 웨이퍼(64)를 개략적으로 도시한다. 웨이퍼(64)는 웨이퍼 홀더(65)에 의해 유지된다. 특히, 이 웨이퍼는 웨이퍼 홀더(65)에 의해 변위가능하다.

[0118] 도 9는 제1 패킷 미러(62)의 예시적인 실시예를 개략적으로 도시한다. 제1 패킷 미러(62)는 다수의 미러 어레이들(22)을 포함한다. 미러 어레이(22)의 도시된 배열은 예시적인 것으로 이해되어야 한다. 제1 패킷 미러(62)의 미러 어레이(22)의 실제 개수는 실질적으로 더 많을 수 있다. 이 개수는 수 천 개일 수 있다.

[0119] 미러 어레이들(22)은 평행한 라인으로 배열된다.

[0120] 따라서, 도 10은 제2 패킷 미러(63)의 예시적인 실시예를 개략적으로 도시한다. 제2 패킷 미러(63)는 다수의 미러 어레이들(22)을 포함한다. 미러 어레이들(22)은 평행한 라인으로 배열된다. 제1 패킷 미러(62)의 미러 어레이들(22)의 실제 개수는 실질적으로 더 많을 수 있다. 이 개수는 수 천 개일 수 있다.

[0121] 도 11은 미러 어레이들(22) 중 하나의 미러 어레이의 확대도를 다시 한번 개략적으로 도시한다. 미러 어레이(22)의 구조적 상세에 대하여는, 도 7에 도시되고 전술된 실시예를 참조하면 된다. 그러나, 다시 한번 미러 어레이(22)의 마이크로-미러들(23)의 개수는 또한 도 11에 도시된 것보다 상당히 더 많을 수 있는 것으로 이해된다.

[0122] 미러 어레이들(22)은 모듈식, 특히 벽돌(brick)-같은 방식으로 구현된다. 이 미러 어레이는 또한 벽돌이라고도 언급된다.

[0123] 미러 어레이(22)의 바람직한 실시예는 아래에 설명된다.

[0124] 본 발명에 따라, 미러 어레이(22)의 모든 개별 미러들(23)이 동일한 요구조건을 충족하여야 하는 것은 아닌 것으로 확인되었다. 특히, 미러 어레이(22)의 개별 미러들(23)을 2개의 그룹으로 서브 분할하고, 상이한 그룹의 개별 미러들(23)은 상이한 기능을 수행하는 것이 유리할 수 있다. 명확히 하기 위해, 제1 그룹의 개별 미러들(23)은 도 12에서 해치된(hatched) 방식으로 도시된 반면, 제2 그룹의 개별 미러들(23)은 해치가 없는 것으로 도시된다. 도 12에 예시적인 방식으로 도시된 예시적인 실시예에서, 제2 그룹의 개별 미러들(23)은 미러 어레이(22)의 대각선들 중 하나의 대각선을 따라 배열된다. 일반적으로, 이 개별 미러들은 하나 또는 2개 이상의 직선 라인을 따라 배열된다.

[0125] 구조적 관점으로부터, 제1 그룹의 개별 미러(23)와 제2 그룹의 개별 미러(23)는 동일할 수 있다. 개별 미러들(23)의 그룹들은 분리(disjoint)될 수 있다. 그러나, 개별 미러들(23) 중 하나 이상은 두 그룹에 속하는 것도 가능하다. 특히, 이 개별 미러는 정밀하고 신속한 방식으로 변위될 수 있다. 특히, 개별 미러들(23)을 상이한 그룹에 할당하는 것을 동적으로 설정하는 것이 가능하다. 여기서, 개별 미러들(23)의 서브셋을 제2 그룹에 초기에 할당하여, 개별 미러들이 매우 짧은 스위칭 시간에서 변위되지만, 변위가 일어난 후, 개별 미러들(23)을 다시 제1 그룹에 할당하여, 그 위치를 매우 정밀하고 안정적인 방식으로 제어, 특히 조절할 수 있는 것이 특히 유리할 수 있다.

[0126] 도 12에서 개별 미러들(23)의 도시는 예로서 도시된 것으로 이해되어야 한다. 미러 어레이(22)의 개별 미러들(23)의 실제 개수는 상당히 더 많을 수 있다. 미러 어레이(22)의 개별 미러들(23)의 전체 개수 면에서 제2 그룹의 개별 미러들(23)의 퍼센트는 최대 10%이다; 이 퍼센트는 특히 0.1% 내지 10% 범위, 특히 1% 내지 10% 범위, 특히 3% 내지 5%의 범위에 있다. 요구조건에 따라, 미러 어레이(22)의 개별 미러들(23)의 개수 면에서 제2 그룹의 개별 미러(23)의 퍼센트도 또한 더 높을 수 있다. 원리적으로, 이 퍼센트는 최대 100%일 수 있다.

[0127] 제1 그룹의 개별 미러들(23)은 적어도 1 mrad, 특히 적어도 500  $\mu$ rad, 특히 적어도 200  $\mu$ rad, 특히 적어도 100  $\mu$ rad, 특히 적어도 50  $\mu$ rad의 정확도로 위치될 수 있다. 특히, 이 개별 미러는 1:100보다 더 우수한, 특히 1:300보다 더 우수한, 특히 1:500보다 더 우수한, 특히 1:1000보다 더 우수한, 특히 1:2000보다 더 우수한 상대 정확도로 변위될 수 있다.

- [0128] 이 개별 미러들은 최대 100 mrad, 특히 최대 200 mrad, 특히 최대 300 mrad, 특히 최대 500 mrad의 전체 변위 크기를 구비한다. 제1 그룹의 개별 미러들(23)의 전체 변위 크기는 특히 적어도 10 mrad, 특히 적어도 20 mrad, 특히 적어도 30 mrad, 특히 적어도 50 mrad일 수 있다.
- [0129] 제2 그룹의 개별 미러들(23)은 매우 짧은 스위칭 시간에 변위될 수 있다. 초기 위치로부터 한정된 종료 위치로 제2 그룹의 개별 미러들(23)을 변위시키는 스위칭 시간은 특히 100 ms 미만, 특히 5 ms 미만, 특히 2 ms 미만, 특히 1 ms 미만, 특히 500  $\mu$ s 미만, 특히 200  $\mu$ s 미만이다. 아래에서는, 제2 그룹의 개별 미러(23)는 또한 고속 개별 미러(23)라고도 언급된다.
- [0130] 제2 그룹의 개별 미러(23)는 제1 그룹의 개별 미러(23)보다 더 작은 전체 변위 크기를 가질 수 있다. 제2 그룹의 개별 미러(23)의 전체 변위 크기는 특히 50 mrad 미만, 특히 30 mrad 미만, 특히 20 mrad 미만, 특히 10 mrad 미만일 수 있다. 이것은 제2 그룹의 개별 미러(23)의 신속한 변위를 지원한다.
- [0131] 제어 루프에 의해 작동하는 것이 제1 그룹의 개별 미러(23)를 변위시키거나 및/또는 위치시키기 위해 제공된다. 특히, 제1 그룹의 개별 미러(23)는 피드백에 의해 위치된다. 여기서, 특히 위치 부정확성은 제어 루프에 의해 보정될 수 있다.
- [0132] 제2 그룹의 개별 미러(23)는 순수 순방향-커플링 제어(피드포워드 제어)에 의해 변위된다. 특히, 제2 그룹의 개별 미러(23)는 피드백 없이 위치되거나 및/또는 변위된다. 그 결과, 제2 그룹의 개별 미러(23)를 변위시키는데 요구되는 스위칭 시간이 상당히 감소된다.
- [0133] 2개의 그룹의 개별 미러(23)는 변위를 위해 동일한 회로를 구비할 수 있다. 특히, 미러 어레이(22)의 모든 개별 미러(23)가 그 위치지정 및/또는 변위를 위해 제어 루프, 즉 피드백을 구비하는 것이 가능하다. 이들 제어 루프는 각각 플렉시블한 방식으로 활성화 및 비활성화될 수 있다. 그 결과, 개별 미러들(23)을 2개의 그룹에 할당하는 것을 플렉시블하게 선택하고, 특히 이 할당을 변경하고, 특히 투영 노광 장치(1)를 동작시킬 때 이 할당을 변경하는 것이 가능하다.
- [0134] 제2 그룹의 개별 미러(23)의 최대 가능한 또는 최대 제공된 스위칭 경로를 감소시키는 것에 의해, 첫째, 스위칭 시간을 더 감소시키는 것이 가능하고; 둘째, 이것은 미리 결정된 한계 내에서 제2 그룹의 개별 미러(23)의 위치의 절대 정확도를 유지할 수 있다. 특히, 제2 그룹의 개별 미러(23)가 또한 10 mrad보다 우수한, 특히 5 mrad보다 우수한, 특히 2 mrad보다 우수한, 특히 1 mrad보다 우수한 절대 정확도로 위치될 수 있는 것이 보장될 수 있다.
- [0135] 나아가, 전자회로로부터 큰 열 부하가 시스템으로 진입하는 것이 감소된 스위칭 경로에 의해 회피될 수 있다.
- [0136] 제2 그룹의 개별 미러(23)의 전체 변위 크기를 감소시키는 것에 의해, 열 평형을 개선시키는 것이 가능하다. 전체 변위 크기를 감소시키면, 특히, 고속 변위, 및 그리하여 바이어스 전류(bias current)에 요구되는 슬루율(sew rate)을 감소시키는 것이 가능하다. 그 결과, 전력 발산 및 그리하여, 특히, 열 발산이 감소될 수 있다.
- [0137] 특히, 미러 어레이(22)에 고속 마이크로-미러들(23)을 배열하는 것은, 첫째, 오브젝트 필드(5)의 각 구역이 조명 방사선(10)의 스캐닝-통합된 세기 면에서 충분히 모듈화가능한 반면, 둘째, 미러 어레이(22)를 구조적으로 기술적으로 실현하는 것이 간략화되는 방식으로 선택될 수 있다.
- [0138] 아래에서는, 패킷 미러(62)를 설계하는 방법이 도 20을 참조하여 설명된다.
- [0139] 초기에, 패킷 미러(62)가 제공 단계(90)에서 제공된다. 그후, 오브젝트 필드(5)를 조명하는 적어도 하나의 조명 설정이 선택 단계(91)에서 미리 결정된다.
- [0140] 조명 설정을 설정하는데 요구되는 조명 채널, 즉 제1 패킷들(68)을 제2 패킷들(69)에 할당하는 것이 제1 결정 단계(92)에서 결정된다.
- [0141] 그후, 레티클(29)에서 기하학적 형상 및/또는 부분 필드 조명이 제2 결정 단계에서 결정된다.
- [0142] 패킷 미러(62)에서 대응하는 원래의 이미지의 기하학적 형상이 후속 제3 결정 단계에서 결정된다.
- [0143] 그후, 이 원래의 이미지는 배열 단계(95)에서 패킷 미러(62)에 배열된다. 특히, 이 원래의 이미지는, 가능한 한 높은, 조명의 팩킹 밀도(packing density) 및/또는 팩킹 효율이 패킷 미러(62)에 생성되도록 패킷 미러에 배열된다.
- [0144] 제2 그룹에 할당된 고속 개별 미러(23)의 비율(proportion)이 후속 제4 결정 단계(96)에서 결정된다.



- [0145] 레티클(24)의 조명이 테스트 단계(97)에서 테스트(샘플링)된다.
- [0146] 그후, 판정 단계(98)에서 고속 미러(23)의 비율이 충분한지 여부가 판정된다. 이것이 충분치 않다면, 방법은 다른 배열 단계(95)로 진행된다. 고속 개별 미러(23)의 비율이 충분하다면, 오브젝트 필드(5)의 조명(99)을 시작하는 것이 가능하다.
- [0147] 또한 배열 단계(95) 동안 상이한 조명 설정을 고려하는 것도 가능하다. 이 경우에, 복수의 조명 설정이 선택 단계(91)에서 선택된다. 이에 따라 후속 단계들이 적응된다.
- [0148] 바람직하게는, 고속 개별 미러들(23)은, 제1 패킷 미러(62)에 있는 일반적으로 설정에 따른 패킷(68)의 배열에 대해 그 배열이 강인한(robust) 방식으로 미러 어레이(22)에 배열된다. 이러한 배열은 도 20에 개략적으로 도시된 방법의 도움으로 발견될 수 있다.
- [0149] 제2 패킷 미러(63)가 동공 패킷 미러인 한, 채널 개수는, 특히 제2 패킷 미러(63)의 패킷(69)이 스위칭되도록 의도되지 않은 한, 설정에-독립적이다. 이 경우에, 도 20에 개략적으로 도시된 공정을 단 한번만 실행하는 것으로도 충분하다. 일반적으로, 이 공정은 또한 다수회 실행될 수 있다. 이것은, 특히 거울 반사기와 조합하여 제1 패킷 미러를 설계할 때 유리하다.
- [0150] 특히, 고속 미러들은 미러 어레이(22)에서 직선 라인을 따라 배열될 수 있다. 고속 미러(23)의 비율이 미리 결정되어 있는 경우 그리고 개별 미러(23)의 전체 개수와 제1 패킷 미러(62)의 제1 패킷(68)의 개수가 알려져 있는 경우, 미러 어레이(22)에서 고속 개별 미러들(23)의 라인 밀도를 결정하는 것이 가능하다.
- [0151] 거울 반사기의 경우에, 제1 패킷 미러(62)에 패킷들(68)을 배열하는 것에 의해 각 조명 설정이 변한다. 전술된 방법은 이 경우에 각 개별 조명 설정에 대해 수행된다. 이 경우에, 고속 개별 미러들(23)의 배열은 유리하게는 전체 최적화 방법에 의해 결정된다. 이의 대안으로, 제1 패킷 미러(62)에 패킷들(68)을 배열하는 것이 각 설정에 대해 제한정될 수 있다.
- [0152] 고속 개별 미러들(23)의 유리한 배열은 도 13 내지 도 15에 기초하여 아래에서 설명된다.
- [0153] 도 13 및 도 14에서, 부분 필드들(66)은 예시적인 방식으로 제1 패킷 미러(62)에 도시된다. 예시적인 방식으로 도시된 부분 필드들(66) 각각은 필드 패킷(13a)에 대응한다. 부분 필드들(66)은 각 경우에 도면에 상세히 도시되지 않은 미러 어레이들(22)의 개별 미러들(23)로 구성된다. 도 13 내지 도 15는 미러 어레이들(22)을 갖는 필드 패킷들(13a)의 커버리지를 개략적으로 도시한다. 여기서, 미러 어레이들(22) 상의 라인들(88)은 고속 개별 미러들(23)의 배열, 즉 미러 어레이(22)의 제2 그룹의 개별 미러들(23)의 배열을 특징으로 한다.
- [0154] 이 도 13 및 도 14는, 예시적인 방식으로, 거울 반사기에 2개의 상이한 조명 설정에 대한 필드 패킷들의 배열을 도시한다. 각 설정에 대해 퍼즐링(puzzling)이 상이하다.
- [0155] 도 13 및 도 14에 도시된 예에서, 고속 개별 미러들(23)은 각각 미러 어레이(22)의 중앙값(median)을 따라 라인과 열로 배열된다.
- [0156] 미러 어레이들(22)은 라인과 열이 필드 패킷들(13a)의 길이방향(67)에 대해 트위스트(twisted)되는 방식으로 배열된다. 미러 어레이(22)의 개별 미러들(23)의 라인과 열은, 특히, 필드 패킷들(13a)의 길이방향(67)과  $10^\circ$  내지  $80^\circ$  범위, 특히  $30^\circ$  내지  $60^\circ$  범위의 각도를 포함한다. 미러 어레이(22)의 개별 미러들(23)의 라인 및/또는 열은 필드 패킷들(13a)의 길이방향(67)과, 특히,  $37^\circ$ 의 각도 또는  $45^\circ$ 의 각도를 포함할 수 있다.
- [0157] 도 15는, 예시적인 방식으로, 제1 패킷 미러(62)의 일부와, 예시적인 방식으로, 패킷(68)으로부터 레티클(24)로 가는 빔 경로의 확대 단면도를 도시한다. 제1 패킷 미러(62)의 패킷(68)은 간략화를 위해 도 15에는 상세히 도시되지 않은 제2 패킷 미러(63)의 패킷(69)을 통해 오브젝트 평면(6)에서 이미지(70)로 이미징된다. 패킷(68)은 레티클(24)의 크기보다 더 작은 오브젝트 필드(5)의 구역에서 이미지(70)를 생성한다.
- [0158] 패킷(69)과 함께 패킷(68)은 조명 채널을 한정한다.
- [0159] 예시적인 방식으로 도 15에 도시된 바와 같이, 고속 개별 미러들(23)은 오브젝트 평면(6)에 있는 이미지가 y-방향에 대해 비스듬히, 즉 스캐닝 방향에 대해 비스듬히 연장되는 방식으로 배열된다. 이에 의해, 고속 개별 미러들(23)을 사용하여 오브젝트 필드(5)의 구역에서 조명 방사선(10)의 세기 분배를 보정하거나 및/또는 이미지 필드(8)에서 선량을 변화시키거나, 특히 웨이퍼(64)를 노광시키는 방사선 선량을 적응시킬 수 있는 것이 달성될 수 있다. 특히, 고속 개별 미러들(23)을 사용하여 오브젝트 필드(5)의 구역에서 스캐닝-통합된 세기를 보정할 수 있다. 제2 그룹의 개별 미러들(23)을 신속히 변위시키는 것에 의해, 특히, 웨이퍼(64) 상에 필드(다이)를 노

광하도록 의도된 프로파일을 설정하거나 및/또는 적응하는 것이 가능하다. 특히, 웨이퍼(64) 상의 2개의 상이한 필드의 노광 사이에 제2 그룹의 개별 미러들(23)을 변위(다이 간 변위)시키는 것이 가능하다. 그 결과, 노광될 웨이퍼들 상의 상이한 필드들 사이에 미리 결정된 차이, 특히 이 차이와 연관된 시스템 에러를, 적어도 부분적으로, 특히 완전히 보상하는 것이 가능하다.

[0160] 미러 어레이(22)에 고속 개별 미러들(23)을 타깃화하여 배열하거나 및/또는 제1 패킷 미러(62)에 미러 어레이들(22)을 정렬한 결과, 및 타깃화된 채널 할당, 즉 제1 패킷 미러(62)의 패킷들(68)을 제2 패킷 미러(63)의 패킷들(69)에 할당한 결과, 오브젝트 필드(5)의 구역에서, 특히 레티클(24)의 구역에서, 조명 방사선(10)의 변조 가능성을 타깃화된 방식으로 변경하거나 특히 최적화하는 것이 가능하다.

[0161] 고속 개별 미러들(23)을 변위시키는 것에 의해, 특히, 오브젝트 필드(5), 특히 레티클(24)로 향하는 빔 경로로/빔 경로로부터 조명 방사선(10)을 커플링하거나 및/또는 디커플링(decouple)하는 것이 가능하다. 다시 말해, 고속 개별 미러들(23)을 틸팅시키는 것에 의해, 오브젝트 필드(5)의 구역에서, 특히 레티클(24)의 구역에서, 조명 방사선(10)의 세기 분배를 타깃화된 방식으로 변경하거나, 특히 변조하는 것이 가능하다. 이것은 특히 스캐닝-통합된 세기에 관한 것이다.

[0162] 고속 개별 미러들(23)을 틸팅, 특히 스위칭하는 것에 의해, 그리하여, 특히, 이미지 필드(8)의 구역에서 조명 방사선(10)의 선량을 변조하는 것이 가능하다.

[0163] 진술된 콜렉터 변형들 중 하나의 변형을 갖는 투영 노광 장치(1)를 사용할 때, 조명 광(10)에 감광성인 코팅을 구비하는 웨이퍼와 레티클(24)이 제공된다. 이후, 레티클(24)의 적어도 일부분이 투영 노광 장치(1)의 도움으로 웨이퍼 상에 투영된다. 레티클(24)을 웨이퍼 상에 투영할 때, 레티클 홀더 및/또는 웨이퍼 홀더는 오브젝트 평면(6)과 평행하거나 또는 이미지 평면(9)과 평행한 방향으로 변위될 수 있다. 레티클(24)과 웨이퍼의 변위는 바람직하게는 서로 동기적인 방식으로 수행될 수 있다. 마지막으로, 조명 광(10)으로 노광된 웨이퍼 상의 감광성 층이 현상된다(developed). 마이크로구조 부품 또는 나노구조 부품, 특히 반도체 칩이 이런 방식으로 제조된다.

[0164] 본 발명의 추가적인 측면은 도 16 내지 도 19를 참조하여 아래에서 설명된다.

[0165] 도면에서, 제2 패킷 미러(63)의 일부의 패킷들(69)이 예시적인 방식으로 도시된다. 특정 조명 설정에 사용되지 않은 패킷들(69)은 개방된 원형 링들(74)에 의해 예시적인 방식으로 도시된다. 조명 설정에 사용된 패킷들(69)은 해치 있는 원(75)으로 도시된다.

[0166] 명확화를 위해, 아래에서 보다 상세히 더 설명되는 타깃 패킷들(71)은 도 16 내지 도 18에서 채워진 기호로 도시된다. 정사각형 기호는, 예시적인 방식으로, 아래에서 보다 상세히 더 설명되는 대기 패킷(park facet)(73)을 재현한다.

[0167] 제1 패킷들(68), 특히 제1 패킷들의 개별 미러들을 변위시키면, 제2 패킷 미러(63) 상에 그 이미지의 궤적이 대응하여 나타나므로, 제2 패킷 미러(63)의 구역에서 제1 패킷 미러(62)의 패킷(68)의 이미지의 위치는, 아래에서, 간략하게, 각 패킷(68), 특히 각 패킷의 개별 미러들의 위치라고도 언급된다.

[0168] 본 발명의 일 측면에 따라, 고속 개별 미러들(23)이 오브젝트 필드(5)의 조명, 특히 세기 분배의 선량 제어에, 특히 고속 선량 제어에, 즉 고속 변화에, 특히 보정하는데 사용되는 것이 제공된다. 이를 위해, 개별 미러들(23)이, 첫째, 오브젝트 필드(5)의 조명에 기여하는 방식으로 위치될 수 있고, 둘째, 또한 개별 미러들(23)이, 오브젝트 필드(5)를 조명하는데 기여하지 않는 방식으로, 특히 산란된 광 또는 스트레이 광의 경로에 있지 않는 방식으로 위치될 수 있는 것이 이용된다. 고속 개별 미러들(23)은 웨이퍼(64)의 노광 동안 이러한 위치들 사이에서 앞뒤로 스위칭될 수 있다.

[0169] 특히, 제1 패킷 미러(62)가 다수의 개별 미러들(23), 특히 마이크로-미러들을 포함하면, 개별 미러들(23)을 선량 조작기로 사용하는 것이 가능한 것으로 확인되었다. 소위 핑거(finger) UNICOM을 없앨 수 있다.

[0170] 2개의 필드(다이)의 조명 간에 오브젝트 필드(5)에서 조명 방사선(10)의 세기 프로파일의 변화는 수 10 ms의 스위칭 시간을 요구한다. 이러한 신속한 스위칭 능력은 본 발명에 따른 고속 미러들(23)에 의해 가능하다. 특히, 고속 개별 미러들(23)의 스위칭 시간은 하나의 방금 노광된 필드로부터 그 다음 노광 필드로 웨이퍼(64)를 구동하는데 요구되는 시간보다 더 짧다.

[0171] 고속 개별 미러들(23)에 의해 노광(다이 내 변조) 동안 국부 선량을 적응시키는 것도 가능하다.

[0172] y-ReMa 기능도 또한 가능하다. 특히, 노광 동안, 조명 필드라고도 언급되는 오브젝트 필드(5)의 실제 조명되는



구역의 사이즈를 변경하는 것도 가능하다. 그 결과, 조절가능한 필드 스탑, 특히 소위 레티클-마스킹 스탑(ReMa 스탑)의 기능이 달성될 수 있다. 고속 개별 미러들(23)을 변위시키는 것에 의해, 조명 필드는 특히 스캐닝 공정 동안 스캐닝 방향으로 확대되고 다시 감소될 수 있다. 개별 미러들(23)을 변위시키는 것에 의해, 특히, 스캐닝 방향으로, 즉 y-방향으로 조명 필드의 크기는 스캐닝 공정의 시작시에 연속적으로 증가되고, 스캐닝 공정의 종료시에 다시 감소되는 것이 보장될 수 있다. 이에 관한 추가적인 상세에 대해서는, DE 10 2012 213 515 A1, 특히 문단 [0072] 내지 [0085]를 참조하면 된다.

- [0173] 개별 미러들(23)을 변위시킬 때, 각 경우에 개별 미러(23)를 스위칭해서 제1 패킷 미러(62)의 패킷(68)을 오브젝트 필드(5)로 또는 그 부근으로 원치 않는 방식으로 이미지하는 제2 패킷 미러(63)의 패킷들(69)은 스위칭 궤적에 나타나지 않는 것이 보장된다. 특히, 스위칭 궤적에 있는 개별 미러들(23)은 이미지 필드에서 웨이퍼(64)를 노광하는데 기여하지 않는 것이 보장된다.
- [0174] 아래에서는, 스위칭 공정에 대한 스위칭 시간이 감소되거나 및/또는 제2 패킷 미러(63)의 원치 않는 패킷들(69)의 조명이 방지될 수 있는 방식의 일부 변형이 예시적인 방식으로 도시된다.
- [0175] 오브젝트 필드(5)를 조명할 때, 즉 레티클(24)을 웨이퍼(64)에 이미징할 때, 제2 패킷 미러(63) 상의 하나 이상의 타깃 패킷들(71)이 제1 패킷 미러(62)의 각 패킷(68)에 대해 결정되고, 하나 이상의 타깃 패킷들에 의해 패킷(68)에서 반사된 조명 방사선(10)이 각 경우에 오브젝트 필드(5)로 가이드되도록 의도되는 것으로 제공된다. 도 16 내지 도 18에서, 이러한 타깃 패킷들(71)이 예시적인 방식으로 채워진 원으로 도시된다.
- [0176] 대응하는 채널을 할당하는, 즉 조명 방사선(10)을 개별 미러(23) 또는 패킷(68)을 타깃 패킷(71)으로 가이드하는 제1 패킷 미러(62) 상의 패킷들(68)의 위치는 또한 타깃 위치라고도 언급된다.
- [0177] 패킷들(68)은 다수의 개별 미러들(23)에 의해 형성된다는 것이 상기된다. 아래에서 패킷들(68)의 위치를 참조할 때, 이것은, 각 경우에, 이 패킷(68)을 형성하는 개별 미러들(23)의 위치를 의미하는 것으로 이해되어야 한다. 특히, 패킷들(68)의 타깃 위치는 각 경우에 각 패킷들(68)을 형성하는 개별 미러들(23)의 타깃 위치를 의미하는 것으로 이해된다. 조명 특성을 고속으로 정밀-튜닝하기 위해, 주어진 패킷(68)을 형성하는 개별 미러들(23) 각각은, 개별적으로 스위칭온, 스위칭오프 또는 스위칭오버될 수 있다. 특히, 이 개별 미러들은 타깃 위치 내로 변위되거나 또는 타깃 위치로부터 외부로 변위되거나 또는 2개의 타깃 위치들 사이로 변위될 수 있다.
- [0178] 오브젝트 필드(5)에 미리 결정된 의도된 조명을 수행하기 위하여, 이러한 타깃 위치들, 즉 변위 위치들은 제1 패킷 미러(62)의 패킷들(68)에 대해 결정된다.
- [0179] 나아가, 패킷들(68)이 변위되어서는 안되는 금지된 위치가 각 경우에 제1 패킷 미러(62)의 패킷들(68)에 대해 결정될 수 있다. 패킷(68)에 대한 제2 패킷 미러(63) 상의 연관된 금지된 위치들(72) - 패킷(68)의 타깃 패킷(들)(71)은 예시적인 방식으로 하이라이트되어 있다 - 는 각 경우에 예시적인 방식으로 작은 x로 표시되어 있다. 금지된 위치들은 또한 각 경우에 각 패킷(68)의 모든 개별 미러들(23)과 관련된다.
- [0180] 나아가, 도면에서, 소위 대기 패킷(73)은 각 경우에 정사각형 기호에 의해 각 타깃 패킷(61)에 대해 표시된다. 일반적으로, 적어도 하나의 대기 위치가 각 경우에 적어도 제1 패킷들(68)의 서브셋에 대해 결정되는 것으로 제공되고, 이 대기 위치는 연관된 타깃 위치로부터 각각 이격되되, 많아도 최대 거리( $d_{\max}$ )만큼만 이격된다. 도시된 예에서, 대기 위치와 그 연관된 타깃 위치 사이의 거리(d)는 단 하나의 패킷 직경이다. 다시 말해, 대기 패킷(73)은 정밀하게는 타깃 패킷(71)에 인접한 패킷(69)이다. 대기 위치들은 또한 각 경우에 주어진 패킷(68)의 모든 개별 미러들(23)과 관련된다. 그러나, 종래 방식으로, 주어진 패킷(68)을 형성하는 개별 미러들(23)의 서브셋만이 대기 위치로 변위된다.
- [0181] 원리적으로, 주어진 패킷(68)을 형성하는 모든 개별 미러들(23)은 동일한 대기 위치로 변위될 수 있다. 유리하게는, 주어진 패킷(68)을 형성하는 개별 미러들(23)이, 스위칭오프되기 위하여, 상이한 대기 위치들로 분배되는 것이 제공된다. 그 결과, 대기 패킷들(73)의 열 부하가 감소될 수 있다. 특히, 가능한 한 균일하게 열 부하를 상이한 대기 패킷들(73)로 분배하는 것이 가능하다.
- [0182] 오브젝트 필드(5)를 조명할 때, 제1 패킷들(68)의 개별 미러들(23)의 서브셋이 대기 위치들에 위치되는 것으로 제공된다. 대기 위치들은 각 경우에 주어진 타깃 위치로부터 많아도 최대 거리( $d_{\max}$ )의 거리에 있으므로, 이 개별 미러들(23)은 매우 짧은 스위칭 경로로 각 타깃 위치에 추가될 수 있는데, 즉 각 타깃 위치로 변위될 수 있다. 특히, 이 개별 미러들은 매우 짧은 스위칭 시간에 추가될 수 있다.
- [0183] 제1 패킷 미러(62)의 제1 패킷들(68)의 개별 미러들(23) 중 하나의 개별 미러를 대기 위치로부터 연관된 타깃

위치로 변위시키거나 또는 역으로, 타깃 위치로부터 대기 위치로 변위시키는 스위칭 시간은 특히 최대 200 ms, 특히 최대 100 ms, 특히 최대 50 ms, 특히 최대 20 ms, 특히 최대 10 ms, 특히 최대 5 ms, 특히 최대 2 ms, 특히 최대 1 ms, 특히 최대 500  $\mu$ s, 특히 최대 200  $\mu$ s, 특히 최대 100  $\mu$ s이다.

- [0184] 제1 패킷들(68)의 개별 미러들(23)을 대기 위치로부터 타깃 위치로 고속 변위시키거나 또는 역으로 타깃 위치로부터 대기 위치로 고속 변위시키는 변위 경로(76)는 도 16 내지 도 18에서 실선으로 표시된다.
- [0185] 더 느린 변위를 위한 변위 경로들(77)은 예시적인 방식으로 도면에서 대시 라인으로 도시된다.
- [0186] 느린 변위는 200 ms를 초과하는 스위칭 시간, 특히 최대 1s, 특히 최대 2s, 특히 최대 5s의 스위칭 시간에서 수행될 수 있다. 이 느린 변위는 매우 정밀하게 수행될 수 있다. 특히, 이 느린 변위는 1:1000보다 우수한 상대 정확도로 수행될 수 있다. 제1 패킷들을 변위할 때 절대 정확도는 1 mrad보다 우수한, 특히 500  $\mu$ rad보다 우수한, 특히 200  $\mu$ rad보다 우수한, 특히 100  $\mu$ rad보다 우수한, 특히 50  $\mu$ rad보다 우수한 수 있다. 이것은 특히 느린 위치지정에도 적용된다.
- [0187] 짧은 거리로 인해, 1% 내지 10%의 범위의 상대 정확도만으로도 개별 미러들(23)을 고속으로 변위시키는데 충분하다. 그 결과, 매우 짧은 스위칭 시간을 실현하는 것이 상당히 간단하게 된다.
- [0188] 개별 미러들(23), 특히 선량을 설정하는데 제공된 개별 미러들(23)은, 특히 웨이퍼(64)가 노광되지 않은 단계 동안 제공된 대기 위치들 중 하나의 대기 위치로 변위될 수 있다. 이 개별 미러들은 또한, 웨이퍼(64)가 노광되더라도, 이 개별 미러들이 이 노광에 기여하지 않는 단계 동안 제공된 대기 위치들 중 하나의 대기 위치로 변위될 수 있다. 이 공정에서, 이 개별 미러들은 변위 동안 금지된 위치들(72) 중 임의의 금지된 위치를 취하지 않는 것이 보장된다. 특히, 이 개별 미러들은 이 변위 동안 금지된 위치들(72)로부터 최소 거리( $d_{min}$ )를 준수하는 것이 보장될 수 있다.
- [0189] 모든 개별 미러(23)의 타깃 위치들은 이 개별 미러들이 각 경우에 적어도 하나의 패킷 직경의 최소 거리( $d_{min}$ )만큼, 특히 적어도 2개의 또는 3개의 패킷 직경만큼 가장 가까운 금지된 위치(72)로부터 이격되는 방식으로 선택되거나 및/또는 구성된다.
- [0190] 각 타깃 위치에 대해 충분히 많은 인근 대기 패킷들(73), 특히 적어도 1개, 특히 적어도 2개, 특히 적어도 3개, 특히 적어도 6개의 대기 패킷들이 있다.
- [0191] 특히, 타깃 패킷들(71)은 대기 패킷들(73)에 의해 완전히 둘러싸인다. 특히, 이 타깃 패킷들은 가장 가까운 금지된 위치(72)로부터 소정 거리에 배열된다. 특히, 이 타깃 패킷들은 가장 가까운 금지된 위치(72)로부터 적어도 하나의 패킷 직경, 특히 2개의 또는 3개의 패킷 직경의 최소 거리( $d_{min}$ )를 가진다.
- [0192] 도 17은, 제1 패킷들(68) 중 하나의 제1 패킷이 연관된 대기 패킷들(73)을 갖는 2개의 상이한 타깃 패킷들(71)에 할당되는 예시적인 변형을 도시한다.
- [0193] 실선은 고속으로 변위하는 변위 경로들(76)을 다시 한번 도시한다. 예시적인 방식으로 도시된 바와 같이, 대응하는 제1 패킷(68)의 개별 미러들(23)은 신속히 추가되거나 또는 스위칭오프될 수 있을 뿐만 아니라, 이 개별 미러들은 2개의 타깃 패킷들(71) 사이에 신속히 스위칭오버될 수 있다. 또한, 하나의 타깃 패킷(71)의 대기 패킷(73)으로부터 다른 타깃 패킷(71)으로 개별 미러들(23)을 신속히 스위칭하는 것이 가능하고, 또는 그 역도 또한 가능하다.
- [0194] 도 18은 제1 패킷 미러(62)의 개별 미러들(23)의 변위 속력이 도 17에 도시된 예시적인 실시예에서보다 더 느린 경우를 개략적으로 도시한다. 도 18에 도시된 경우에, 대응하는 제1 패킷(68)의 개별 미러들(23), 특히 이 제1 패킷의 개별 미러들(23)은, 대기 위치들과 그 연관된 타깃 위치들 사이에서 앞뒤로 신속히 스위칭될 수 있으나, 2개의 타깃 위치들들 사이에 신속한 스위칭오버는 제공되지 않는다.
- [0195] 2개의 타깃 패킷들(71) 간을 직접 스위칭하는 것은 도 18에 도시된 예시적인 실시예에서 제공되지 않는다. 이것은 정밀도를 증가시키는 면에서 유리할 수 있다.
- [0196] 제1 패킷들(68), 특히 이 제1 패킷의 개별 미러들(23)을 설정하는 시간적 진행은, 도 19에서 흐름도에 기초하여 예시적인 방식으로 아래에 다시 한번 도시된다.
- [0197] 초기에, 이미징되는 레티클(24)은 제1 제공 단계(78)에서 제공된다.
- [0198] 그후, 오브젝트 필드(5), 특히 레티클(24)의 의도된 조명은, 처방 단계(prescription step)(79)에서 미리 결정

된다. 또한 레티클(24)의 공칭 조명이라고도 언급되는 의도된 조명은, 조명 방사선(10)의 특히, 필드 크기, 필드 형태, 및 각도 분배를 결정한다. 이 의도된 조명은 투영 노광 장치(1)의 특성, 특히 조명 시스템(2) 및/또는 투영 광학 유닛(7)의 특성에 관한 현재 최상의 지식을 고려하여 계산되고 조절된다. 이를 위해, 계산하고 조절하는 단계(80)가 제공된다. 계산하고 조절하는 단계(80)는 미리 결정된 의도된 조명에 따른 방식으로 제1 패킷들(68), 특히 제1 패킷의 개별 미러들(23)에 대한 타깃 위치들을 결정하는 것을 포함한다. 조절 단계(80)는 제1 패킷들(68), 특히 제1 패킷의 개별 미러들(23)을 대응하는 타깃 위치들로 변위시키는 것을 더 포함한다. 제2 패킷들(69)이 스위칭가능한 패킷들인 경우, 제1 패킷들의 이미지가 오브젝트 필드(5)에 도달(land)하는 방식으로 그 법선이 또한 계산되고 조절된다.

[0199] 그후, 새로운 웨이퍼(64)가 제2 제공 단계(81)에서 제공된다.

[0200] 그후, 레티클(24)의 구역에서 및/또는 웨이퍼(64)의 구역에서 조명 방사선(10)을 분배하는 것이 측정 단계(82)에서 결정된다. 이를 위해 적절한 센서가 제공된다. 측정 단계(82)는 제2 제공 단계(81) 전에 수행될 수 있다.

[0201] 특히, 측정 단계(82)에서, 웨이퍼(64)에서 조명 방사선(10)의 세기 프로파일, 균일성, 타원율(ellipticity), 텔레센트리시티(telecentricity) 또는 각도 분배와 같은 특성을 측정하는 것이 가능하다.

[0202] 일반적으로, 측정 단계(82)에서 확립된 실제 조명은 미리 결정된 의도된 조명으로부터 특정 편차만큼 벗어난다. 이 편차는 제1 패킷들(68) 또는 제1 패킷의 개별 미러들(23)의 서브셋을 스위칭하는 것에 의해 보정될 수 있다. 이를 위해, 보정 미러들로 기능해야 하는 개별 미러들(23)은 결정 단계(83)에서 초기에 결정된다. 특히, 전술된 고속 개별 미러(23)는 보정 미러로 기능한다.

[0203] 보정 미러를 결정할 때, 웨이퍼(64)에 있는 각 필드가 개별 세기 프로파일을 요구한다는 것이 더 고려된다. 결정 단계(83)는 이를 위해 스위칭되는 제1 패킷들(68), 특히 제1 패킷의 개별 미러들(23)을 결정하는 것을 포함한다. 이렇게 하면, 특히, 미리 확립되거나 또는 제공되는 웨이퍼에 관한 정보, 특히 그 표면에 걸쳐 상기 웨이퍼의 특성의 변동에 관한 정보, 특히 노광될 웨이퍼(64)의 상이한 필드들 사이의 변동에 관한 정보를 고려하는 것이 가능하다. 특히, 보정 미러가 노광될 웨이퍼(64) 상의 각 필드에 대해 결정되는 것으로 제공되고, 이 보정 미러들은, 특히 2개의 필드의 연속적인 노광들(다이 간 변위) 사이의 데드 시간 동안, 스위칭온, 스위칭오프 또는 스위칭오버되도록 의도된다. 대응하는 스위칭 프로토콜은 제어 디바이스에 저장되고, 특히 제어 디바이스의 메모리에 저장될 수 있다. 대응하는 제어 프로토콜은 웨이퍼(64)의 노광 동안 자동화된 방식으로 호출되고 실행될 수 있다.

[0204] 나아가, 결정 단계(83)는 스위칭되는 제1 패킷들(68), 특히 제1 패킷의 개별 미러들(23)에 대해 금지된 위치들(72)을 확립하는 것을 포함할 수 있다. 원리적으로, 이것은 또한 계산하고 조절하는 단계(80) 전에 이미 미리 결정되었을 수 있다. 그러나, 실제 시스템에서 허가된 위치와, 특히, 금지된 위치(72)를 검증하는 것이 유리할 수 있다.

[0205] 그후, 웨이퍼(64) 상의 필드는 노광 단계(84) 동안 노광된다.

[0206] 다수의 노광 단계(84)가 전체 웨이퍼(64)를 노광하는 동안 제공된다. 여기서, 웨이퍼(64) 상의 각 하나의 필드(다이)는 스캐닝 방식 또는 단계적인 방식으로 노광된다. 고속 스위칭 공정(85)은 필드 노광 동안 또는 2개의 필드의 노광들 사이에 잠시 멈춤(pause)시에 일어날 수 있다. 여기서, 제1 패킷들(68)의 미리 결정된 개별 미러들(23)이 미리 결정된 제2 패킷들(69)로 스위칭되거나 이 미리 결정된 제2 패킷으로부터 멀어지게 스위칭된다. 또한 상이한 제2 패킷들(69) 사이에 제1 패킷들의 미리 결정된 개별 미러들(23)을 스위칭하는 것이 가능하다. 고속 스위칭 공정(85)을 위한 초기 점 또는 타깃 점은 각 경우에 미리 결정된 대기 위치, 즉 대기 패킷(73), 또는 다른 타깃 위치, 즉 다른 타깃 패킷(71)이다. 특히, 고속 스위칭 공정(85)은 최대 200 ms, 특히 최대 100 ms, 특히 최대 50 ms, 특히 최대 20 ms, 특히 최대 10 ms, 특히 최대 5 ms, 특히 최대 2 ms, 특히 최대 1 ms, 특히 최대 500  $\mu$ s, 특히 최대 200  $\mu$ s, 특히 최대 100  $\mu$ s의 스위칭 시간을 요구한다.

[0207] 스위칭 경로는 매우 짧다. 특히, 이 스위칭 경로는 최대 30 mrad, 특히 최대 10 mrad, 특히 최대 3 mrad이다.

[0208] 짧은 스위칭 경로들이 실현될 수 있기 위해, 추가되는 제1 패킷들(68), 특히 이 제1 패킷의 개별 미러들(23)은 이 개별 미러들이 사용되지 않는 시간에 각 대기 위치로 변위된다. 이를 위해, 추가적인 스위칭 공정(86)이 제공된다. 적절한 변위 궤적, 특히 모든 금지된 위치들(72)을 회피하는 변위 궤적이 이 스위칭 공정(86) 동안 선택되면, 스위칭 공정(86)은 또한 웨이퍼(64)의 노광 동안 일어날 수 있다.

[0209] 나아가, 패킷들(68), 특히 이 패킷의 개별 미러들(23), 특히 이 개별 미러의 위치는 측정 및 조절 공정(87)에

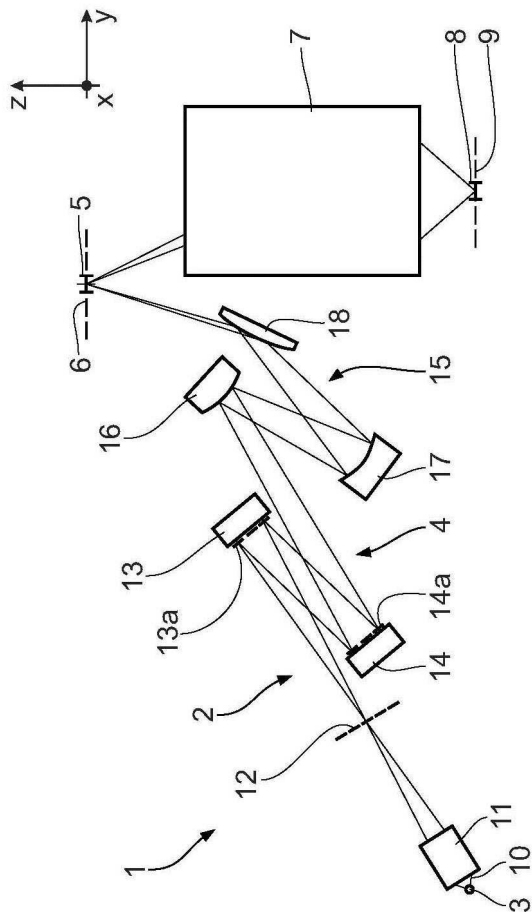
측정될 수 있다. 이것은, 변위된 특히, 패킷들(68), 특히 이 패킷의 개별 미러들(23)에 제공된다. 특히, 측정 및 조절 공정(87)은 제어 루프를 사용할 수 있다. 특히, 제어 루프는 반복적으로 실행될 수 있다. 그 결과 스위칭된 패킷들(68)의 정확도가 상대적으로 긴 시간 기간 동안 남아 있는 패킷들(68)의 정확도로 다시 연속적으로 매칭되는 것이 가능하다.

[0210] 웨이퍼(64)를 노광한 후에, 레티클(24)이 추가적인 웨이퍼(64)에 이미징될 수 있다. 이를 위해, 보정 미러들을 결정하기 위해 측정 단계(82)와 후속 결정 단계(83)를 반복하는 것이 제공된다. 여기서, 그 다음 웨이퍼(64)의 필드의 작은 보정이 계산될 수 있고, 패킷들(68), 특히 이 패킷의 개별 미러들(23)의 위치가 이에 따라 적응될 수 있다.

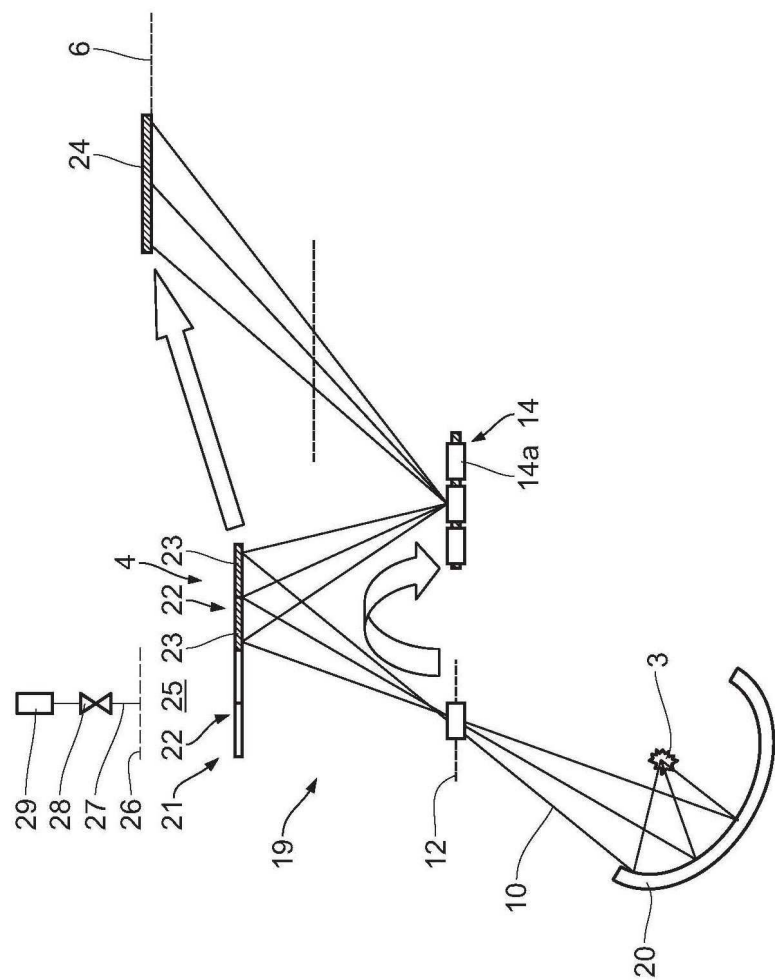
[0211] 예를 들어 새로운 레티클(24)이 사용되도록 의도되기 때문에 레티클(24)의 의도된 조명에 기본적인 변화가 있는 경우 이 절차는 재시작된다.

## 도면

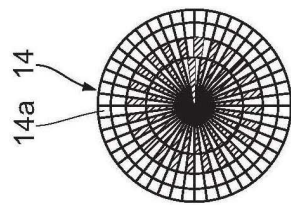
### 도면1



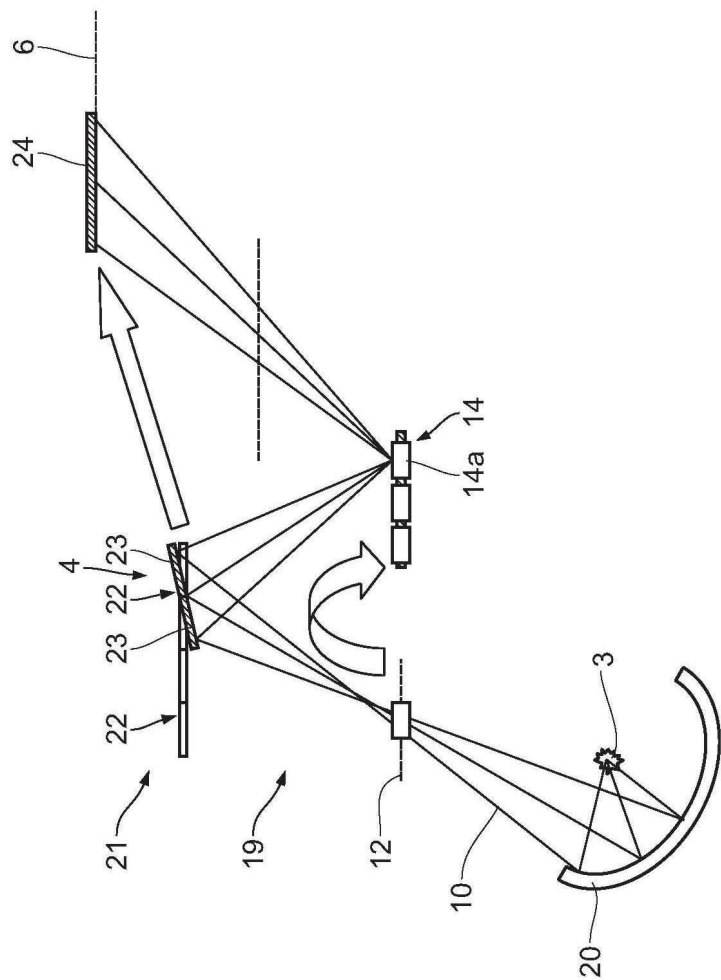
도면2



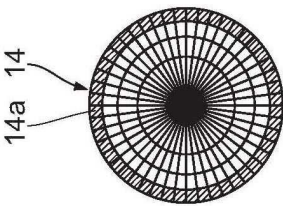
도면3



도면4

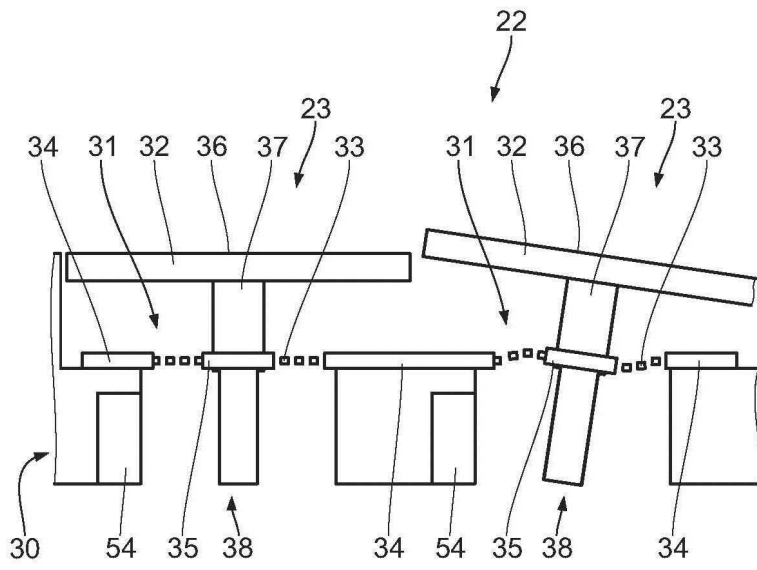


도면5

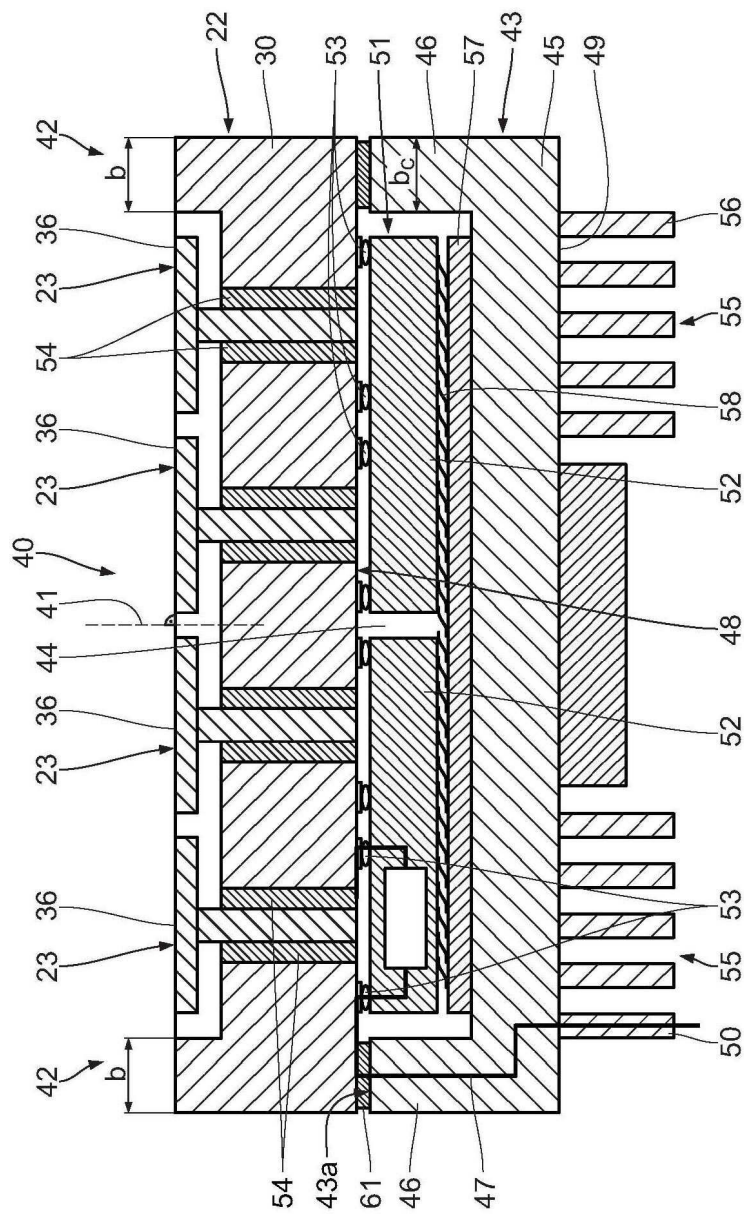




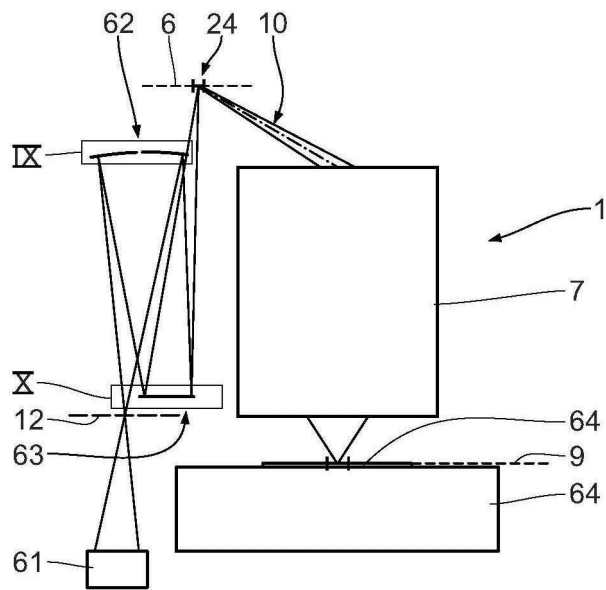
도면6



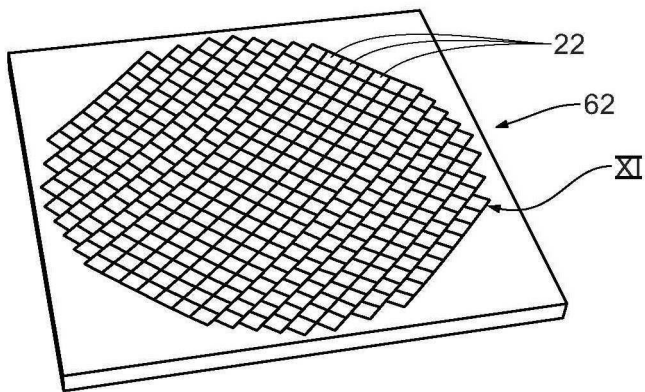
도면7



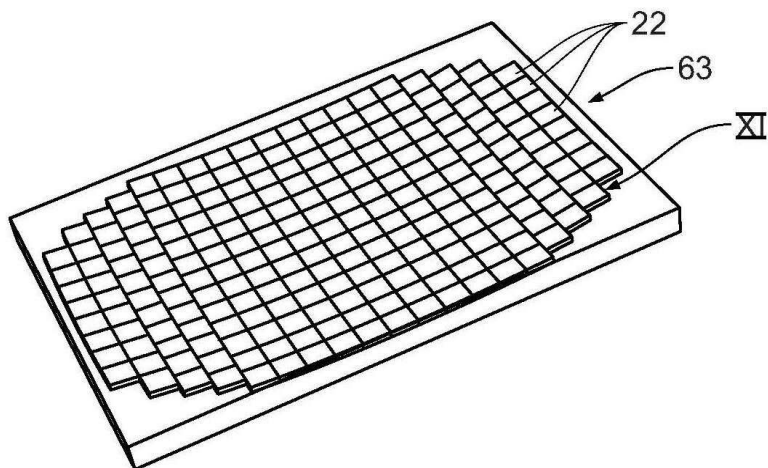
도면8



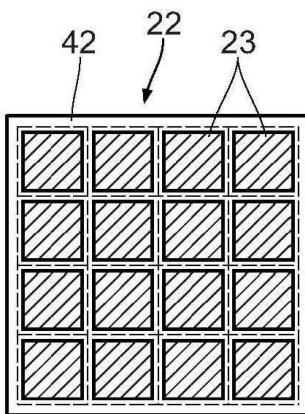
도면9



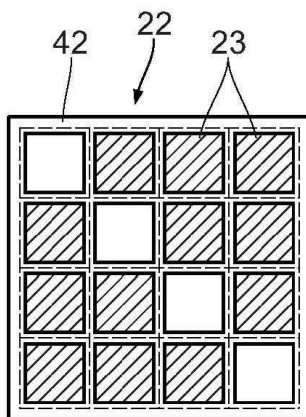
도면10



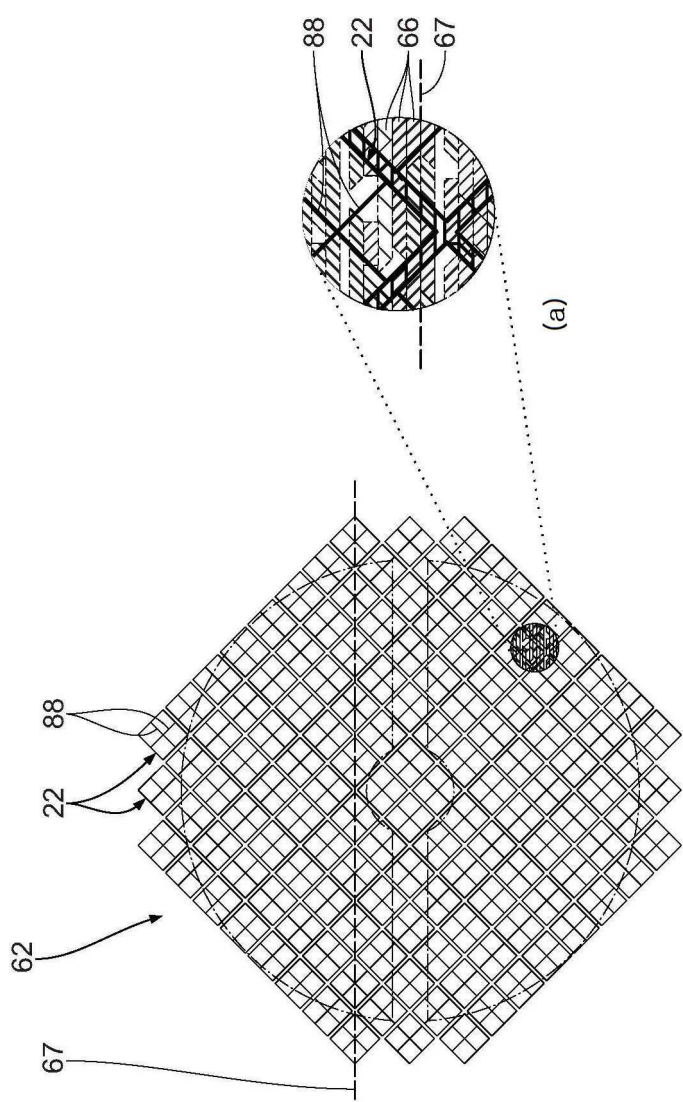
도면11



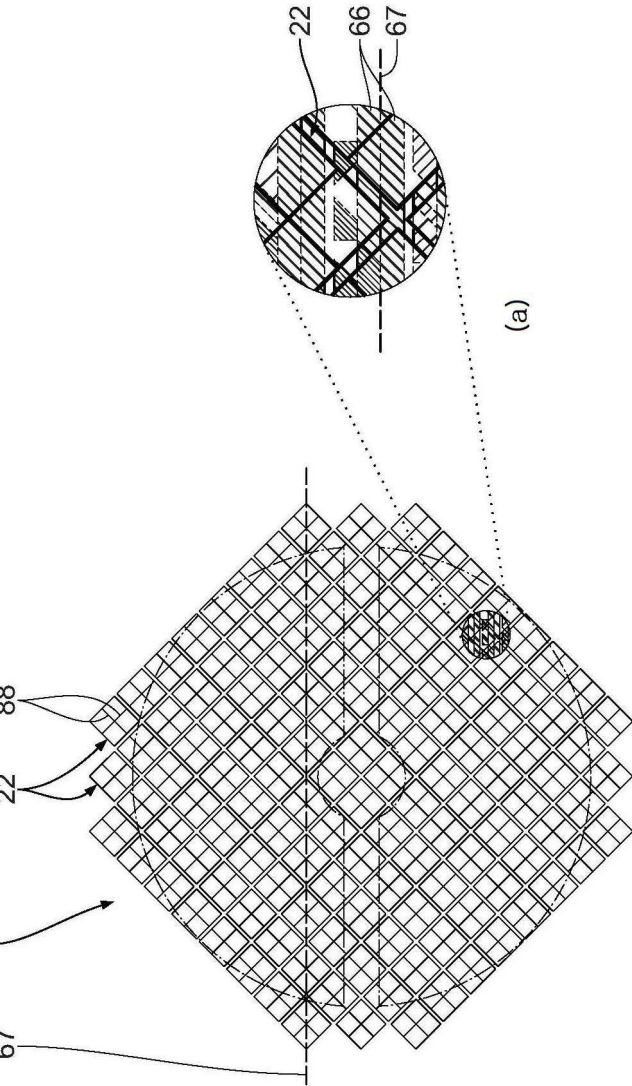
도면12



도면13

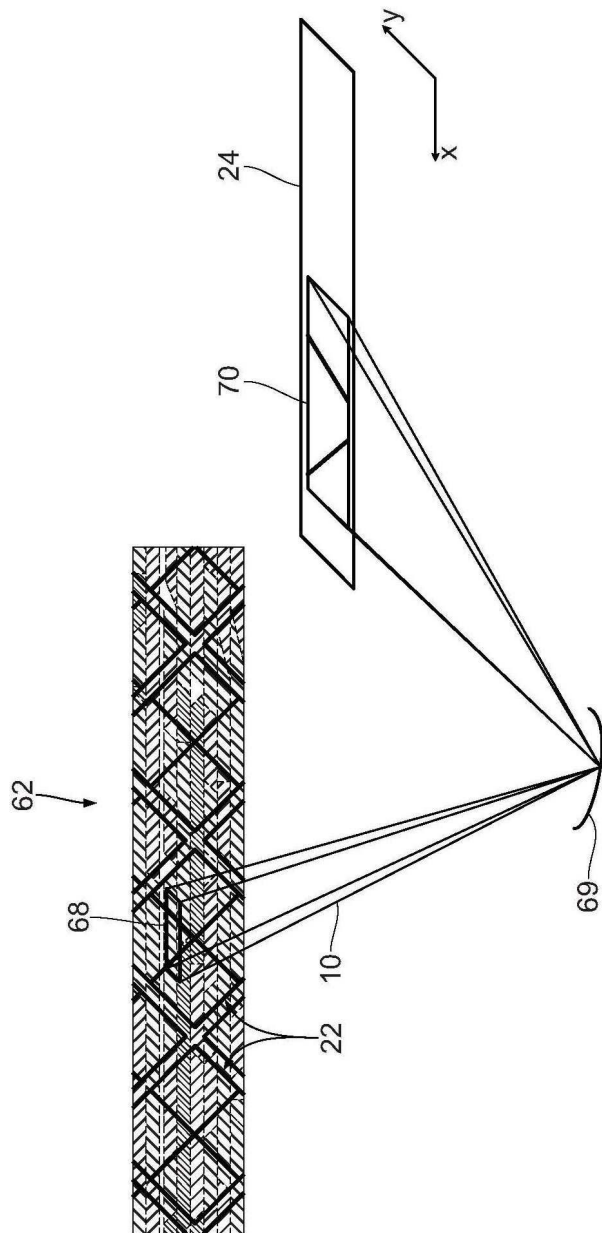


도면14

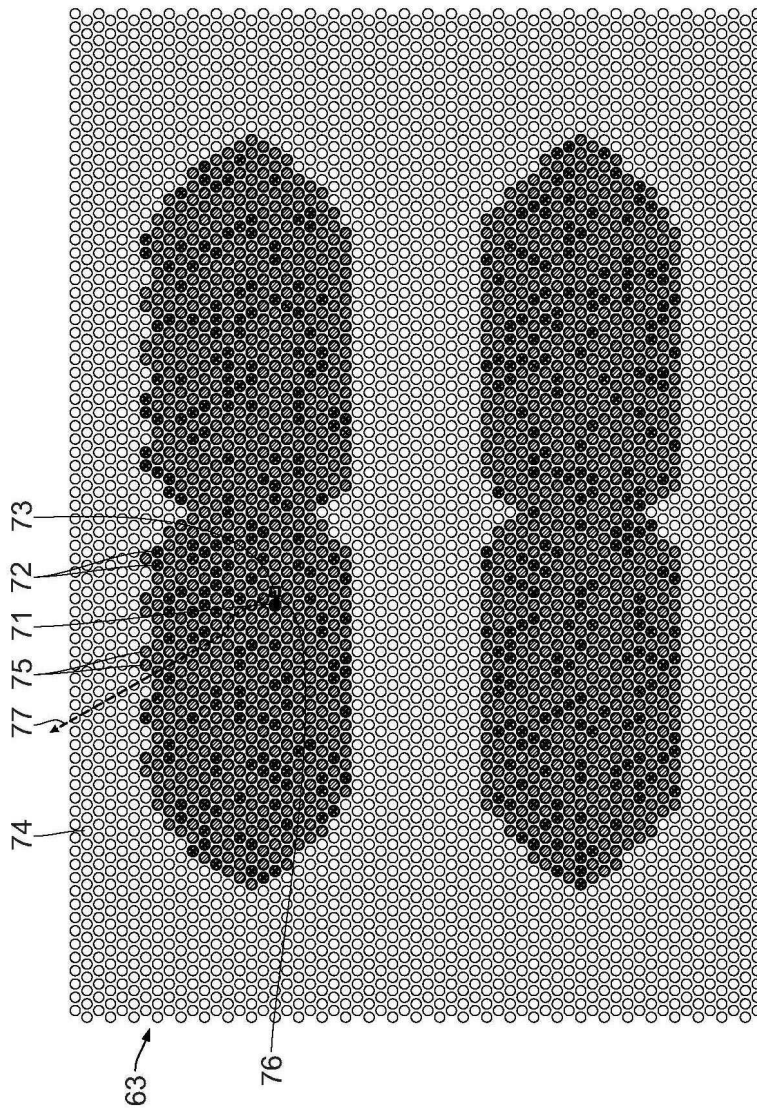




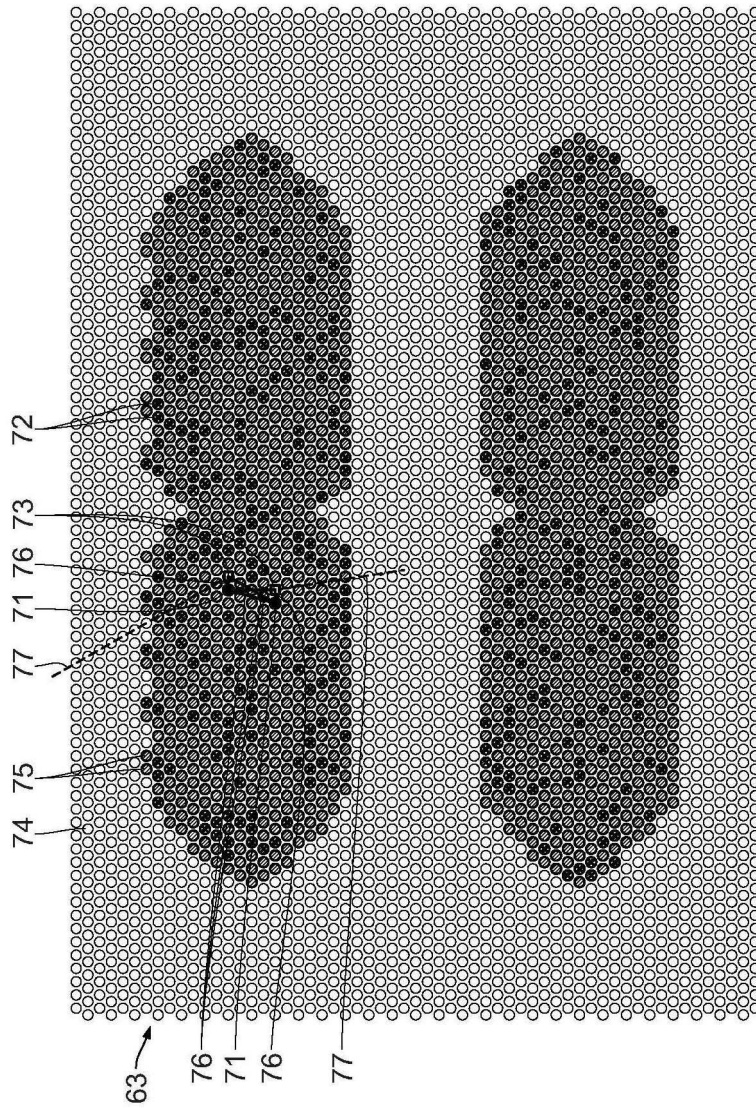
도면15



도면16

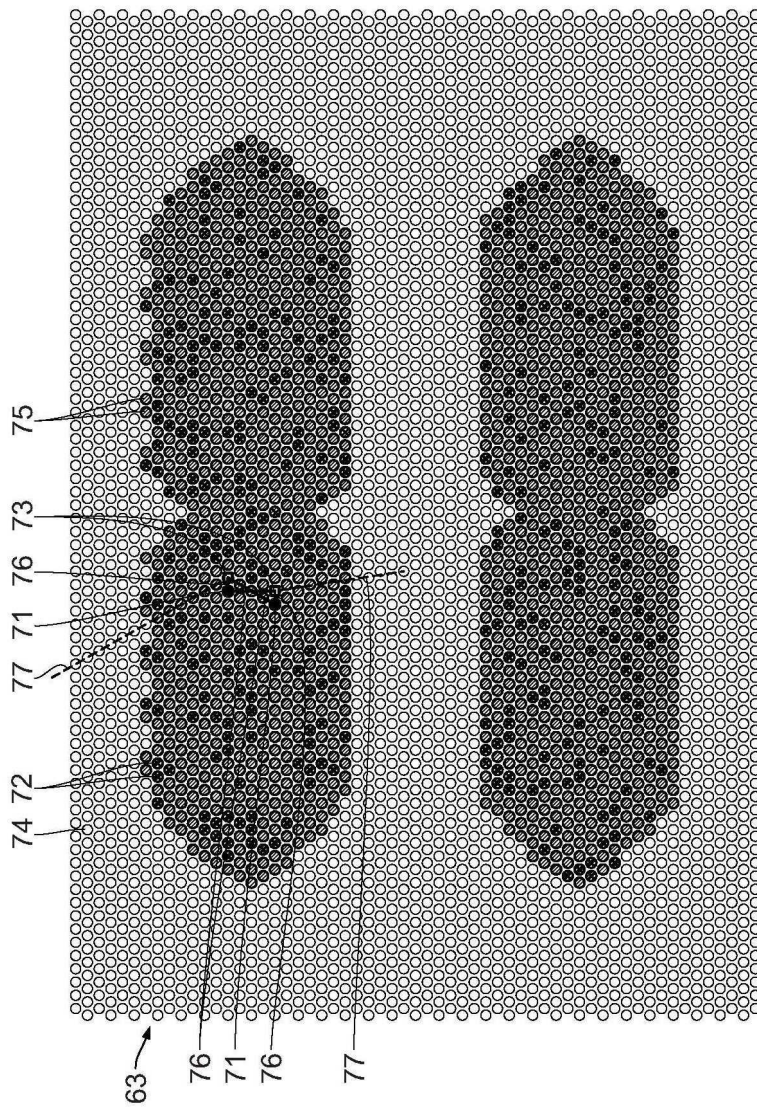


도면17

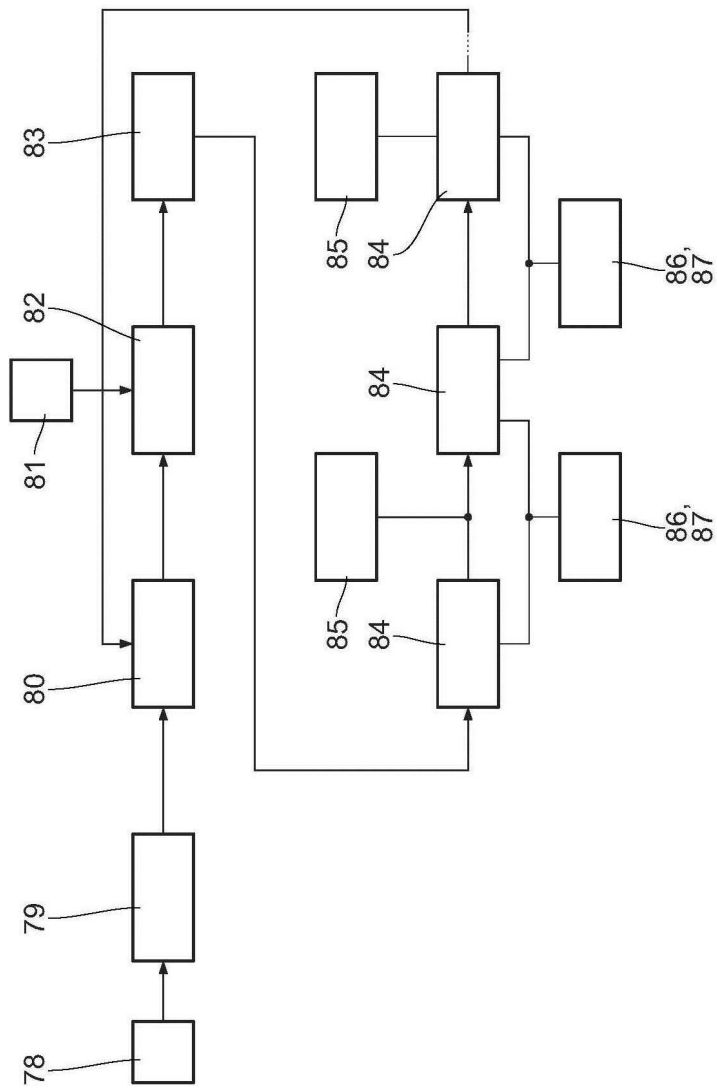




도면18



도면19





도면20

