



(19) 대한민국특허청(KR)

(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2017년02월07일

(11) 등록번호 10-1704069

(24) 등록일자 2017년02월01일

- (51) 국제특허분류(Int. Cl.)  
*G03F 7/20* (2006.01) *F21V 33/00* (2006.01)  
(21) 출원번호 10-2011-7009693  
(22) 출원일자(국제) 2009년09월23일  
    심사청구일자 2014년09월05일  
(85) 번역문제출일자 2011년04월28일  
(65) 공개번호 10-2011-0059800  
(43) 공개일자 2011년06월03일  
(86) 국제출원번호 PCT/EP2009/006856  
(87) 국제공개번호 WO 2010/034472  
    국제공개일자 2010년04월01일  
(30) 우선권주장  
    08017088.9 2008년09월29일  
    유럽특허청(EPO)(EP)

- (56) 선행기술조사문헌  
US20070165202 A1\*  
US20060077553 A1\*  
WO2004092843 A2\*  
EP1865359 A1  
\*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

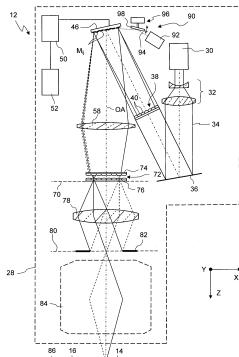
전체 청구항 수 : 총 15 항

심사관 : 계원호

(54) 발명의 명칭 마이크로리소그래픽 투영 노광 장치의 조명 시스템

**(57) 요 약**

マイクロリソ그래픽 투영 노광 장치(10)의 조명 시스템은 주 광 소스(30), 시스템 퓨필 표면(70) 및 거울 어레이(46)를 포함한다. 거울 어레이(46)는 주 광 소스(30)와 시스템 퓨필 표면(70) 사이에 배열되고, 복수의 적응 거울 요소( $M_{ij}$ )를 포함한다. 각각의 거울 요소( $M_{ij}$ )는 거울 지지부(100) 및 반사 코팅(102)을 포함하고, 주 광 소스(30)에 의해 생성된 광(34)을 시스템 퓨필 표면(70)을 향하여 유도하도록 구성된다. 바람직하게, 거울 요소( $M_{ij}$ )는 지지 구조물(110)에 대하여 경사지게 장착된다. 본 발명에 따르면, 거울 요소( $M_{ij}$ )는 다양한 열 팽창 계수를 갖고 서로 고정식으로 부착되는 구조물(100, 102)을 포함한다. 온도 제어 장치(90)는 거울 요소의 형상을 변경시키기 위해 구조물 내의 온도 분포를 가변적으로 변화시키도록 구성된다.

**대 표 도 - 도2**

(72) 발명자

발디스 제베린

독일 73430 알렌 비쇼프-피셔-슈트라쎄

베르버 아르민

독일 79288 고텐하임 텔슈트라쎄 29

바름 베른트

독일 90571 슈바이 단치거 슈트라쎄 42

## 명세서

### 청구범위

#### 청구항 1

마이크로리소그래픽 투영 노광 장치(10)의 조명 시스템이며,

- a) 주 광 소스(30, 230)와,
- b) 시스템 퓨필 표면(70)과,
- c) 거울 어레이(46)를 포함하고,

거울 어레이는 주 광 소스(30, 230)와 시스템 퓨필 표면(70) 사이에 배열되고, 복수의 적응 거울 요소( $M_{ij}$ )를 포함하고,

각각의 거울 요소( $M_{ij}$ )는 거울 지지부(100) 및 반사 코팅(102)을 포함하고, 주 광 소스(30, 230)에 의해 생성되는 광(34)을 시스템 퓨필 표면(70)을 향하여 유도하도록 구성되고,

거울 요소( $M_{ij}$ )는, 다양한 열 팽창 계수를 갖고 서로 고정식으로 부착되는 구조물(100, 102)을 포함하고,

조명 시스템(12)은 거울 요소( $M_{ij}$ )의 형상을 개별적으로 변경시키기 위해 구조물 내의 온도 분포를 가변적으로 변화시키도록 구성되는 온도 제어 장치(90, 290)를 포함하고,

온도 제어 장치(90, 290)는 거울 요소( $M_{ij}$ )의 반사 코팅(102) 상의 타겟 영역(106)으로 방사선을 선택적으로 유도하도록 구성되는 방사 시스템을 포함하고,

거울 요소( $M_{ij}$ )는 오목 거울 표면을 갖고, 온도 제어 장치(90, 290)는 거울 요소( $M_{ij}$ )가 2개의 직교 평면에서 상이한 초점 길이( $f_a, f_b$ )를 갖도록 구조물 내의 온도 분포를 변화시키도록 구성되는

조명 시스템.

#### 청구항 2

제1항에 있어서,

구조물은 거울 지지부(100) 및 반사 코팅(102)을 포함하는

조명 시스템.

#### 청구항 3

제1항 또는 제2항에 있어서,

구조물은 반사 코팅(102)을 형성하는 층을 포함하는

조명 시스템.

#### 청구항 4

제1항 또는 제2항에 있어서,

온도 제어 장치(90, 290)는 거울 지지부(100)에 적용되는 가열 또는 냉각 부재(114; 114')를 포함하는

조명 시스템.

#### 청구항 5

제4항에 있어서,

가열 부재는 전기 전도성 저항 와이어(114')의 패턴을 포함하는 조명 시스템.

#### 청구항 6

제4항에 있어서,  
가열 또는 냉각 부재는 펠터에 소자(130)를 포함하는 조명 시스템.

#### 청구항 7

삭제

#### 청구항 8

제1항에 있어서,  
반사 코팅(102)은 방사선을 흡수하는 조명 시스템.

#### 청구항 9

제1항에 있어서,  
방사 시스템은 복사 빔(94)을 생성하는 2차 광 소스(92)와, 타겟 영역(106)에 걸쳐 방사선 빔을 이동시키도록 구성되는 공간 광 변조기(96)를 포함하는 조명 시스템.

#### 청구항 10

제1항에 있어서,  
타겟 영역(106)은 서로 다른 거울 요소( $M_{ij}$ )에 대하여 서로 다른 조명 시스템.

#### 청구항 11

제1항 또는 제2항에 있어서,  
온도 제어 장치(90, 290)는 서로 다른 열 팽창 계수들에 의해 생성되는 굴곡력을 고려함으로써 거울 요소( $M_{ij}$ )의 형상을 예측하도록 구성되는 조명 시스템.

#### 청구항 12

제1항 또는 제2항에 있어서,  
온도 제어 장치(90, 290)는 거울 요소에서 불균일 온도 프로파일에 의해 생성되는 굴곡력을 고려함으로써 거울 요소( $M_{ij}$ )의 형상을 예측하도록 구성되는 조명 시스템.

#### 청구항 13

삭제

#### 청구항 14

제1항에 있어서,

주 광 소스(30, 230)는 50 nm 이하인 파장을 갖는 투영 광을 생성하도록 구성되고,

거울 요소( $M_{ij}$ )의 광축은 광 전파 방향으로 거울 어레이(246)보다 바로 앞서 있는 거울(272)의 광축과 함께, 20° 초과인 각도( $\alpha$ )를 형성하는

조명 시스템.

### 청구항 15

제14항에 있어서,

대칭 축(AX)은 주 광 소스(30, 230)와 관련되고,

상기 대칭 축은 수평면에 대하여 45° 미만 각도를 형성하는

조명 시스템.

### 청구항 16

제1항 또는 제2항에 있어서,

거울 요소( $M_{ij}$ )는 열 장벽(118a, 118b)을 포함하고, 열 장벽은 열 장벽(118a, 118b)의 각 측에 배열되는 재료(124, 100)보다 더 낮은 열 전도 계수를 갖는

조명 시스템.

### 청구항 17

제1항 또는 제2항에 있어서,

각각의 거울 요소( $M_{ij}$ )는 지지 구조물에 대하여 기울어질 수 있게 장착되는

조명 시스템.

## 발명의 설명

### 기술 분야

[0001]

본 발명은 일반적으로, 마이크로리소그래피 노광 장치에서 마스크에 조명하기 위한 조명 시스템에 관한 것이고, 특히 거울의 어레이를 포함하는 시스템에 관한 것이다.

### 배경 기술

[0002]

마이크로리소그래피(또한 포토리소그래피 또는 간단하게 리소그래피로 칭해짐)는 집적 회로, 액정 디스플레이 및 다른 마이크로구조 장치의 제조를 위한 기술이다. 예전 공정과 관련된 마이크로리소그래피 공정은 기판, 예컨대 규소 웨이퍼 상에 형성된 박막 필름 스택에서 특징부를 패터닝하는데 사용된다. 제조의 각 단계에서, 웨이퍼는 우선 심자외선(DUV) 광 또는 소프트 X-선 방사선(EUV)과 같은 방사선 감응성 재료인 포토레지스트로 코팅된다. 다음으로, 상부에 포토레지스트를 갖는 웨이퍼는 투영 노광 장치에서 투영 광에 대해 노광된다. 장치는 포토레지스트가 마스크 패턴에 의해 결정된 일정 위치에서만 노광되도록 포토레지스트 상에 패턴을 포함하는 투과 또는 반사 마스크를 투영시킨다. 노광 이후, 포토레지스트는 마스크 패턴에 대응하는 이미지를 생성하도록 현상된다. 이후 예전 공정은 웨이퍼 상의 박막 필름 스택으로 패턴을 전사한다. 최종적으로, 포토레지스트는 제거된다. 다양한 마스크를 갖는 이 공정의 반복으로 인해 다층 구조 마이크로구조 구성요소를 만든다.

[0003]

투영 노광 장치는 마스크에 조명하기 위한 조명 시스템, 마스크를 정렬하기 위한 마스크 스테이지, 투영 대물부, 및 포토레지스트로 코팅되는 웨이퍼를 정렬하기 위한 웨이퍼 정렬 스테이지를 일반적으로 포함한다. 조명 시스템은 예컨대 장방형 또는 곡선형 슬릿 형상을 가질 수 있는 마스크 상의 필드에 조명한다.

[0004]

마이크로구조 장치를 제조하기 위한 기술이 발전함에 따라, 조명 시스템에 대한 요구도 꾸준히 증가하고 있다. 이상적으로, 조명 시스템은 명확한 조도 및 각 분포를 갖는 투영 광을 이용하여 마스크 상의 조명 필드의 각 지

점에 조명한다. 용어 각 분포는 마스크 평면에서의 특정 지점을 향하여 수렴하는 광 다발의 전체 광 에너지가 광 다발을 구성하는 광선의 다양한 방향 중에서 어떻게 분포되는지를 기술한다.

[0005] 마스크 상에 충돌하는 투영 광의 각 분포는 통상적으로 포토레지스트 상에 투영될 때던 종류에 적응된다. 예컨대, 비교적 큰 치수의 특징부는 작은 치수의 특징부와 다른 각 분포를 요구할 수 있다. 투영 광의 가장 일반적으로 사용된 각 분포는 통상 환형, 이중극 및 4중극 조명 세팅으로서 칭해진다. 이를 용어는 조명 시스템의 시스템 퓨필(pupil) 표면에서의 조도 분포를 지칭한다. 환형 조명 세팅에 있어서, 예컨대 단지 환형 영역만이 시스템 퓨필 표면에서 조명된다. 따라서, 투영 광의 각 분포에 존재하는 작은 범위의 각도만이 있고, 이에 따라 모든 광선은 마스크 상에 유사한 각도로 비스듬히 충돌한다.

[0006] EUV 투영 노광 장치에서, 조명 시스템은 바람직한 강도 분포가 시스템 퓨필 표면에서 얻어지도록, 시스템 퓨필 표면을 향하여 EUV 광 소스에 의해 생성된 투영 광을 유도하는 거울 어레이[때때로 면 가공된(faceted) 거울로서 칭해짐]을 보통 포함한다.

[0007] WO 2005/026843 A2는 퓨필 표면에 조명하는 거울 어레이를 이용하기 위한 DUV 조명 시스템을 제안한다. 마스크 평면에서 다양한 각 분포를 생성시키는 것의 유연성을 증가시키기 위해, 각각의 거울은 2개 수직 경사 축에 대하여 기울어질 수 있다. 거울 어레이와 퓨필 표면 사이에 배열되는 집속기 렌즈(condenser lens)는 거울에 의해 생성된 반사 각도를 퓨필 표면에서 위치로 바꾼다. 이러한 알려진 조명 시스템은 퓨필 표면에 복수의 광 스폿(light spots)을 생성하는 것을 가능하게 하고, 여기에서 각각의 광 스폿은 하나의 특정 초소형 거울과 관련되고 이 거울을 기울임으로써 퓨필 표면을 가로질러 자유롭게 이동 가능하다. 형상이 적절한 액추에이터, 예컨대 압전 액추에이터를 이용하여 제한 범위로 변경될 수 있는 거울 표면을 갖는 적응 거울을 이용함으로써 스폿의 치수를 변경하는 것이 또한 제안된다.

[0008] US 2005/0018269 A1은 마이크로리소그래픽 노광 장치의 투영 대물부에 내장되는 선택된 거울의 일정 부분을 가열하는 것을 가능하게 하는 보정 장치를 개시한다. 이 때문에, 광선은 가열될 거울의 부분에 걸쳐 스캔한다. 장치는 바람직한 온도 분포, 특히 회전식 대칭인 온도 분포가 달성될 수 있도록 매우 선택적으로 온도를 증가시키는 것을 가능하게 한다. 일 실시예에서 바람직한 온도 분포는 가열된 거울이 미리 정해진 방법으로 그의 형상을 변경하도록 결정되고, 이에 의해 대물부의 다른 광학 소자에서 생성된 수차를 보정한다.

[0009] WO 2004/092843 A2는 대물부의 큰 거울들 중 하나로 보정 광을 유도하는 마이크로리소그래픽 노광 장치의 EUV 투영 대물부를 위한 보정 장치를 개시한다. 보정 광은, 반사 표면 근처의 온도가 거울 기판의 열 팽창 계수가 0인 온도에 가깝게 되도록 제어된다.

[0010] EP 0 532 236 A1은 마이크로리소그래픽 노광 장치의 EUV 투영 대물부를 위한 또 다른 보정 장치를 개시한다. 일 실시예에서, 적외선 방사선은 대물부의 큰 거울들 중 하나 상으로 유도된다. 적외선은 거울의 형상이 심지어 고에너지 EUV 투영 광의 충격 하에서도 실질적으로 변하지 않도록 제어된다. 다른 실시예에서, 가열 또는 냉각 장치는 동일한 목적을 위해 거울 지지부에 통합된다.

[0011] 상술한 WO 2005/026843 A2에 개시된 바와 같이 적응 거울을 포함하는 거울 어레이는, 추가적 반사능(reflective power)이 후속 집속기(condenser)의 비이상적 광학 속성을 보정하기 위해 또는 재료 결함에 의해 야기된 수차 및 제조 공차를 보정하기 위해 추가될 수 있기 때문에 특히 유리하다. 그러나, 이 문헌에서 제안된 압전 액추에이터의 사용은 몇 가지 중요한 결점을 갖는다. 거울 표면의 바람직한 곡률을 달성하기 위해, 시스템 복잡성을 더하는 많은 수의 이러한 액추에이터를 제공하는 것이 필요하다. 예컨대, 매우 많은 수의 전기 도선이 압전 액추에이터를 개별적으로 제어하기 위해 제공되어야 한다.  $100 \text{ cm}^2$  미만의 전체 영역 상에 수천개의 거울 요소를 포함하는 거울 어레이에서, 전기 배선 밀도는 치명적이게 된다. 이외에도, 온도 상태의 변경 하에서 거울 요소의 바람직한 표면 형상을 얻는 것은 어렵다.

## 발명의 내용

### 해결하려는 과제

[0012] 따라서 본 발명의 목적은 제한된 시스템 복잡성을 갖지만 매우 정확하게 그리고 가변적으로 시스템 퓨필 표면에서 거울 요소에 의해 생성된 광 다발의 스폿 형상을 변경시키는 것을 가능하게 하는 조명 시스템을 제공하는 것이다.

## 과제의 해결 수단

[0013]

이 목적은 주 광 소스, 시스템 퓨필 표면 및 거울 어레이를 포함하는 조명 시스템에 의해 달성된다. 거울 어레이는 주 광 소스와 시스템 퓨필 표면 사이에 배열된다. 어레이는 복수의 적응 거울 요소를 포함하고, 각각의 거울 요소는 지지 구조물에 대하여 기울어질 수 있게 장착될 수 있다. 각각의 거울 요소는 거울 지지부 및 반사 코팅을 포함하고, 시스템 퓨필 표면을 향하여 주 광 소스에 의해 생성되는 광을 유도하도록 구성된다. 본 발명에 따르면 거울 요소는, 다양한 열 팽창 계수를 갖고 서로 고정식으로 부착되는 구조물을 포함한다. 조명 시스템은 거울 요소의 형상을 변경시키기 위해 구조물 내의 온도 분포를 가변적으로 변화시키도록 구성되는 온도 제어 장치를 더 포함한다.

[0014]

따라서 본 발명은 온도 제어기에 사용되는 바이메탈 스트립과 유사하게, 다양한 열 팽창 계수를 갖는 재료를 포함하는 플레이트가 온도가 변할 때 굴곡되는 효과를 이용한다. 또한, 본 발명은 일정 타겟 영역에서 가열되거나 냉각될 때 거울 요소의 온도 프로파일을 매우 정확하게 계산하는 것뿐만 아니라, 이 온도 프로파일의 결과로서 발생하는 변형을 예상하는 것도 가능하다는 생각에 기초한다. 본 발명과 관련하여, 이 예측은 다양한 열 팽창 계수에 의해 생성되는 굴곡력을 고려하여야 한다. 그러나 거울 요소에서 불균일 온도 프로파일에 의해 생성되는 굴곡력도 또한 고려될 수 있다.

[0015]

정교한 거울 어레이에서, 이러한 계산은 투영 광의 흡수에 의해 유발되는 거울 변형으로 인한 광학 수차를 방지하기 위해서 어쨌든 실행되어야 한다. 따라서, 계산적인 관점으로부터, 본 발명에 따른 온도 유발된 거울 적응은 시스템 복잡성에 실질적으로 부가되지 않는다.

[0016]

하드웨어 관점으로부터, 고정밀도로 매우 다양한 상이한 변형을 생성하기 위해서 거울의 매우 작은 그리고/또는 작은 영역을 주의 깊게 가열시키거나 냉각시키는 것으로 충분하다는 것이 분명해졌다. 수많은 압전 소자의 제어에 비해서 매우 적은, 예컨대 2개 또는 4개의 히터 또는 쿨러 부재를 제어하는데에는 현저하게 적은 배선 등이 요구된다.

[0017]

본 발명은 거울 요소가 다양한 열 팽창 계수를 갖고 서로 고정식으로 부착되는 구조물을 포함할 것을 단지 요구한다. 바람직하게, 구조물은 한 쌍의 평행 표면을 갖는 평면형 또는 만곡형 구조이다. 보통 이러한 구조물은 어쨌든 존재하는데, 이는 거울 요소가 거울 지지부 및 그에 적용된 반사 코팅을 일반적으로 포함하고 양자 구조물은 다양한 열 팽창 계수를 갖기 때문이다. 열 팽창 계수들 사이의 차이가 클수록 온도 변환의 결과로서의 굴곡의 효과가 더 커지기 때문에, 열 팽창 계수들 간의 차이는 온도 변화에 대한 거울 요소의 높은 감도가 바람직한 경우에 상당하여야 한다. 금속은 폭넓게 다양한 큰 열 팽창 계수가 이용 가능한 재료 종류이고, 따라서 구조물은 몇몇 실시예에서 금속으로 제조된다.

[0018]

그러나, 굴곡 효과를 생성하는 구조물은 반드시 반사 코팅 및 거울 지지부일 필요는 없다. 반사 코팅이 다른 굴절률 및 다양한 열 팽창 계수를 갖는 얇은 층의 스택에 의해 보통 형성되기 때문에, 온도 프로파일의 변화 이후에 이들 층에 의해 생성되는 굴곡 효과는 바람직한 표면 형상을 얻는데 충분할 수 있다.

[0019]

다른 한편으로는, 더 큰 굴곡 효과가 바람직하다면, 반사 코팅의 기여는 불충분할 수 있다. 이후 다양한 열 팽창 계수를 갖는 적어도 2개의 층을 포함하는 층 구조물에 의해 거울 지지부가 형성되는 것이 고려될 수 있다.

[0020]

일 실시예에서 온도 제어 장치는 거울 지지부에 적용되는 가열 또는 냉각 부재를 포함한다. 매우 적은 이러한 가열 또는 냉각 부재에 있어서, 거울 요소의 복합 변형을 생성하는 것이 가능하다. 냉각 및/또는 가열 부재는 펠티에 소자에 의해 형성될 수 있고, 가열 부재는 거울 지지부의 하부측에 직접적으로 적용되는 전기 전도성 저항 와이어의 패턴을 포함할 수 있다.

[0021]

냉각 부재의 사용은, 주 광 소스가 50 nm 이하, 바람직하게는 25 nm 이하, 가장 바람직하게는 13 nm 내지 14 nm 사이의 파장을 갖는 투영 광을 생성하도록 구성되는 EUV 조명 시스템에서 특히 유리하다. 거울 요소가 충돌하는 고에너지 EUV 투영 광의 상당한 부분이 거울 요소에 의해 흡수되고 이들을 가열시키기 때문에 어쨌든 종종 냉각되어야 하므로, 냉각은 국부적으로 해결되는 방법으로 실행될 수 있고, 즉 거울 요소의 상이한 부분이 상이한 정도로 냉각된다. 예컨대 거울 요소에는, 스트라이프 또는 타원의 윤곽을 가질 수 있는 일정한 영역 상에 배열되는 펠티에 소자만이 예컨대 작동되고 거울 요소의 인접부를 냉각시키도록 제어되는 펠티에 소자의 어레이가 제공될 수 있다.

[0022]

바람직한 실시예에서 온도 제어 장치는 거울 요소의 반사 코팅 상의 영역에 방사선을 선택적으로 유도하도록 구성되는 방사 시스템을 포함한다. 이는 각각의 거울 요소에 이용 가능한 제한 공간의 어떠한 추가적 전기 부품

도 수용할 필요 없이, 거울 요소의 형상을 바꾸고 이에 따라 거울 요소의 반사능을 변경하는 것을 가능하게 한다. 따라서 방사 시스템은 거울 요소의 형상에 대한 일종의 원격 제어부를 제공한다.

[0023] 한편으로는 거울 요소의 반사 표면과, 방사 시스템에 의해 생성되는 방사선의 파장은, 반사 표면이 방사선을 흡수하도록 결정되어야 한다. 이는 최대 가열 효과를 보장하고, 동시에 반사된 방사선에 의해 생성되는 바람직하지 않은 효과를 동시에 감소시킨다.

[0024] 방사 시스템은 거울 지지부 상의 바람직한 타겟 영역에 대응하는 개구의 배열체를 포함하는 다이어프램을 포함할 수 있다. 다이어프램은 단지 타겟 영역만이 방사선에 의해 조명되도록, 방사선 소스에 의해 조명되고 거울 어레이 상에 결상된다. 다양한 다이어프램을 삽입함으로써, 방사선에 대해 노광되는 타겟 영역을 변경하는 것이 심지어 가능하다. 또한, 다이어프램 내에 개구를 적절하게 결정함으로써 다양한 거울 요소를 위한 다양한 타겟 영역을 갖는 것이 가능하다.

[0025] 각각의 거울 요소에 대해 개별적으로 변경될 수 있는 타겟 영역은, 방사선 빔을 생성하는 2차 광 소스와, 방사 시스템이 타겟 영역에 걸쳐 방사선 빔을 이동시키도록 구성되는 공간 광 변조기를 포함한다. 이 경우에, 타겟 영역은 이동하는 방사선 빔에 의해 "기록된다". 필요하다면, 공간 광 변조기를 적절하게 제어함으로써 거울 요소들 중 임의의 거울 요소 상에서 어떠한 임의의 타겟 영역도 가열될 수 있다. 이러한 방사 시스템은 타겟 영역이 라인 패턴인 실시예에서 특히 적절하다. 각각의 거울 요소가 충분히 높은 재생율로 가열되는 것을 보장하기 위해 하나보다 많은 2차 광 소스 및 공간 광 변조기를 제공하는 것이 필요할 수 있다.

[0026] 일 실시예에서, 거울 요소는 오목 거울 표면을 갖고, 온도 제어 장치는 거울 요소가 2개의 직교 평면에서 다양한 초점 길이를 갖기 위해 구조물 내의 온도 분포를 변화시키도록 구성된다. 이러한 비점수차 거울 요소는 구면 거울이 큰 입사각으로 충돌하는 광을 반사시키는 경우에 존재하는 수차를 억제하기 때문에 특히 유리하다.

[0027] 비점수차 변형된 거울 요소는 특히 EUV 조명 시스템에 유용하다. 이후, 상당한 수차를 야기하지 않으면서, 거울 요소의 광축은, (경사 각도와 상관없이) 광 전파 방향으로 거울 어레이보다 바로 앞서 있는 거울의 광축과 함께,  $20^{\circ}$  초과, 바람직하게는  $30^{\circ}$  초과인 각도를 형성하도록 허용된다. 투영 광 빔의 더 큰 편차는, 더욱 유리하고 편리한 방법으로, 특히 장착 기술 및 공간 요구 조건에 대하여 조명 시스템의 광학 소자를 배열하는 것을 가능하게 한다.

[0028] 예컨대, 이후 광 소스와 관련된 대칭 축은 수평면에 대하여,  $45^{\circ}$  미만, 바람직하게는  $20^{\circ}$  미만의 각도를 형성할 수 있다. 이러한 구성에서 부피가 큰 광 소스는 조명 시스템의 잔류 부분 위에 매우 높게 또는 반도체 설비의 기초부에 배열될 필요가 없지만, EUV 조명 시스템의 거울에 나란히 편리하게 배열될 수 있다.

[0029] 어레이를 위한 수많은 비점수차 거울 요소를 생성하는 것은 어렵고 비싸기 때문에, 온도 제어 시스템의 도움으로 거울 요소의 비점수차 형상을 생성하는 것이 유리하다. 시스템 퓨필 표면에서 스포 형상을 부가적으로 변경하기 위해 온도 제어 시스템이 어쨌든 제공된다면, 큰 편향 각도를 허용하는데 요구되는 비점수차 형상을 생성하기 위해 온도 제어 시스템을 사용하고 구면이거나 적어도 회전 대칭인 거울을 사용하는 것이 더 간단하고 저렴하다. 그러나, 거울 요소는 온도 제어 시스템의 도움으로 달성되는 변형의 결과로서가 아니라 초기에, 요구된 비점수차 효과를 가질 수 있다는 것이 이해된다.

[0030] 이 경우에, 조명 시스템은 광 소스와 시스템 퓨필 표면 사이에 배열되는 거울 어레이를 포함한다. 어레이는 복수의 거울 요소를 포함하며, 각각의 거울 요소는 지지 구조물에 대하여 기울어질 수 있게 장착되고, 주 광 소스에 의해 생성되는 광을 시스템 퓨필 표면을 향하여 유도하도록 구성된다. 거울 요소는 오목 비점수차 거울 표면을 갖고, 즉 거울 요소는 2개의 직교 평면에서 다양한 초점 길이를 갖는다. 온도 제어 장치를 또한 제공하는 것은 필수적이지 않다.

[0031] 일 실시예에서, 거울 요소는 열 장벽의 양측에 배열되는 재료보다 더 낮은 열 전도 계수를 갖는 열 장벽을 포함한다. 이러한 열 장벽은 타겟 영역 및 인접 재료에서 생성되는 열 또는 냉기가 오랜 시간에 걸쳐 거울 요소의 이 부분에 구속되어 유지되는 것을 보장한다. 즉, 한편으로는 인접 재료와 타겟 영역 간의 온도차, 및 다른 한편으로는 주변 재료와 타겟 영역 간의 온도 차가 그다지 빨리 감소하지 않는다. 이는 타겟 영역이 거울 요소의 안정적 광학 속성을 보장하기 위해 온도 제어 장치에 의해 가열되거나 냉각되어야 하는 재생율을 감소시키는 것을 가능하게 한다.

## 도면의 간단한 설명

[0032] 본 발명의 다양한 특징 및 장점은 첨부 도면을 참조로 한 이하의 상세한 설명과 관련하여 더 용이하게 이해될

수 있다.

도 1은 본 발명에 따른 투영 노광 장치의 상당히 단순화된 사시도이다.

도 2는 도 1에 도시된 투영 노광 장치 내에 포함된 조명 시스템을 통과하는 자오 단면도이다.

도 3은 도 2에 도시된 조명 시스템 내에 포함된 거울 요소의 사시도이다.

도 4a 및 도 4b는 X 및 Y 방향을 따른 도 3의 거울 요소에서의 온도 프로파일이다.

도 5는 레이저 빔이 타겟 영역으로 유도되는 거울 어레이의 사시도이다.

도 6a 내지 도 6d는 거울 요소 상에 방사선을 가열하게 되는 다양한 타겟 영역이다.

도 7은 다양한 타겟 영역이 거울 요소의 다양한 그룹과 관련되는 작동을 도시하는 거울 어레이에 대한 평면도이다.

도 8은 가열 부재가 거울 지지부의 아래쪽에 적용되는 또 다른 실시예에 따른 거울 요소의 사시도이다.

도 9는 가열 부재로서 사용되는 전기 전도성 저항 와이어가 적용되는 거울 지지부에 대한 저면도이다.

도 10은 거울 요소가 열 장벽을 포함하는 실시예에 따른 거울 요소의 사시도이다.

도 11은 오목한 비점수차 거울 요소를 갖는 거울 어레이를 퓨필 형성 거울로서 포함하는 EUV 투영 노광 장치를 통과하는 개략적인 자오 단면도이다.

도 12는 도 11에 도시된 거울 어레이의 평면도이다.

도 13은 도 12에 도시된 거울 어레이의 거울 요소의 확대된 사시도이다.

도 14는 웰티에 소자가 냉각 부재로서 사용되는 실시예에 따른 거울 요소의 사시도이다.

### 발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0033]

#### I . 투영 노광 장치의 전반적인 구조

[0034]

도 1은 투영 광 빔을 생성하기 위한 조명 시스템(12)을 포함하는 투영 노광 장치(10)의 상당히 단순화된 사시도이다. 투영 광 빔은 정밀한 구조물(18)을 포함하는 마스크(16) 상의 필드(14)에 조명한다. 이 실시예에서 조명 필드(14)는 링 세그먼트의 형상을 대략적으로 갖는다. 그러나, 조명 필드(14)의 다른 형상, 예컨대 장방형 형상도 또한 고려된다.

[0035]

투영 대물부(20)는 기판(24) 상에 적층되는 감광 층(22) 상에, 예컨대 포토레지스트 상에, 조명 필드(14) 내의 구조물(18)을 결상한다. 규소 웨이퍼에 의해 형성될 수 있는 기판(24)은, 감광 층(22)의 상부 표면이 투영 대물부(20)의 이미지 평면 내에 정확하게 위치하도록 웨이퍼 스테이지(미도시) 상에 배열된다. 마스크(16)는 투영 대물부(20)의 대상을 평면에서 마스크 스테이지(미도시)에 의하여 위치 설정된다. 투영 대물부는 1 미만의 배율을 갖기 때문에, 조명 필드(14) 내의 구조물(18)의 축소된 이미지(14')가 감광 층(22) 상으로 투영된다.

[0036]

투영 동안에, 마스크(16) 및 기판(24)은 Y 방향과 일치하는 스캔 방향을 따라 이동한다. 따라서 조명 필드(14)는 조명 필드(14)보다 큰 구조화된 영역이 연속적으로 투영될 수 있도록 마스크(16)에 걸쳐 스캔한다. 그러한 일종의 투영 노광 장치는 "스텝-앤파스캔(step-and-scan) 장치" 또는 간단하게 "스캐너"로서 종종 칭해진다. 마스크(16)와 기판(24)의 속도를 사이의 비는 투영 대물부(20)의 배율과 동일하다. 투영 대물부(20)가 이미지를 반전시킨다면, 마스크(16) 및 기판(24)은 화살표(A1 및 A2)에 의해 도 1에 표시된 바와 같이 반대 방향으로 이동한다. 그러나, 본 발명은 또한 마스크(16) 및 기판(24)이 마스크의 투영 동안에 이동되지 않는 스텝퍼 툴(stripper tools)에 사용될 수 있다.

[0037]

도시된 실시예에서, 조명 필드(14)는 투영 대물부(20)의 광축(26)에 대하여 중심에 두지 않는다. 이러한 축외(off-axis) 조명 필드(14)는 일정 유형의 투영 대물부(20)와 함께 필수적일 수 있다. 다른 실시예에서, 조명 필드(14)는 광축(26)에 대하여 중심에 둔다.

[0038]

#### II . 조명 시스템의 전반적인 구조 및 기능

[0039]

도 2는 도 1에 도시된 조명 시스템(12)을 통과하는 더 상세한 자오 단면도이다. 명료성을 위하여, 도 2의 도시는 상당히 단순화되어 있고 일정 비율이 아니다. 이는 다양한 광학 유닛이 극소수의 광학 소자에 의해서만 나

타내어진다는 것을 특히 의미한다. 실제로, 이 유닛은 상당히 많은 렌즈 및 다른 광학 소자를 포함할 수 있다.

[0040] 조명 시스템(12)은, 하우징(28)과, 도시된 실시예에서 엑시머 레이저(30)로서 실현되는 광 소스를 포함한다. 엑시머 레이저(30)는 약 193 nm의 파장을 갖는 투영 광을 방출한다. 다른 유형의 광 소스 및 다른 파장, 예컨대 248 nm 또는 157 nm이 또한 고려된다.

[0041] 도시된 실시예에서, 엑시머 레이저(30)에 의해 방출되는 투영 광은 기하학적 광 선속을 변경하지 않으면서 광빔이 확장되는 범 확장 유닛(32)으로 진입한다. 범 확장 유닛(32)은 도 2에 도시된 바와 같이 여러 개의 렌즈를 포함할 수 있거나, 예컨대 거울 장치로서 실현될 수 있다. 투영 광은 실질적으로 시준된 범(34)으로서 범 확장 유닛(32)으로부터 방출된다. 다른 실시예에서, 이 범은 상당한 다이버전스(divergence)를 가질 수 있다. 시준 범(34)은 조명 시스템(12)의 전체 치수를 감소시키기 위해 제공되는 평면 절첩 거울(36) 상에 충돌된다.

[0042] 절첩 거울(36)로부터의 반사 후에, 범(34)은 마이크로렌즈(40)의 어레이(38) 상에 충돌한다. 거울 어레이(46)는 마이크로렌즈(40)의 후방 초점 평면 내에 또는 그 근처에 배열된다. 또한 도 5에 도시된 바와 같이, 거울 어레이(46)는, 서로에 대해 수직으로 바람직하게 배열되는 2개의 경사 축(56x, 56y)(도 5를 참조)을 중심으로 서로 독립적으로 기울어질 수 있는 복수의 작은 적응 거울 요소( $M_{ij}$ )를 포함한다. 거울 요소( $M_{ij}$ )의 전체 개수는 100개 또는 심지어 수천 개를 초과할 수 있다. 거울 표면에는 회절 구조물이 제공될 수 있다. 이 실시예에서 거울 요소( $M_{ij}$ )의 개수는 마이크로렌즈 어레이(38) 내에 포함된 마이크로렌즈(40)의 개수와 동일하다. 따라서 각각의 마이크로렌즈(40)는 거울 어레이(46)의 하나의 거울 요소( $M_{ij}$ ) 상에 수렴 광 다발을 유도한다.

[0043] 거울 요소는 매우 높은 정밀도로 제조되어야 한다. 고정밀도는 리소그래피 공정을 사용하거나, 갈바닉(galvanic) 효과를 포함하거나 다이를 사용하는 몰딩 공정에 의해서 예비 성형물로부터 재료를 적용하거나 제거함으로써 달성될 수 있다.

[0044] 개별 거울 요소( $M_{ij}$ )의 경사 이동은 조명 시스템(12)의 전체 시스템 제어부(52)에 연결되는 거울 제어 유닛(50)에 의해 제어된다. 거울 요소( $M_{ij}$ )의 바람직한 경사 각도를 설정하는데 사용되는 액추에이터는, 각각의 개별 거울 요소( $M_{ij}$ )가 제어 신호에 반응하여 가변적인 반사 각도에 의해 충돌 광선을 반사시킬 수 있도록, 거울 제어 유닛(50)으로부터 제어 신호를 수신한다. 도시된 실시예에서 개별 거울 요소( $M_{ij}$ )가 배열될 수 있는 연속 범위의 경사 각도가 있다. 다른 실시예에서, 액추에이터는 단지 제한된 수의 별개의 경사 각도만이 설정될 수 있도록 구성된다.

[0045] 거울 요소( $M_{ij}$ )로부터 반사된 광 다발은, 약간 분기하는 광 다발이 복수의 2차 광 소스를 생성하는 광학 인티그레이터(72; optical integrator) 상에 적어도 실질적으로 평행한 광 다발로서 충돌하는 것을 보장하는 제1 집속기(58) 상에 충돌한다. 광학 인티그레이터(72)는 조명 시스템(12)의 광축(OA)과 광선 사이에 형성된 각도의 범위를 증가시킨다. 다른 실시예에서, 광학 인티그레이터(72) 상에 충돌하는 광 다발이 더 큰 다이버전스를 갖기 위해, 제1 집속기(58)가 생략된다.

[0046] 광학 인티그레이터(72)는 도시된 실시예에서 각각이 평행한 원통형 마이크로렌즈의 2개의 직교 어레이를 포함하는 2개의 기판(74, 76)을 포함하는 파리 눈 렌즈로서 실현된다. 광학 인티그레이터의 다른 구성은 또한 예컨대 회전 대칭인 표면이지만 장방형 경계부를 갖는 마이크로렌즈의 어레이를 포함하는 인티그레이터로 고려된다. WO 2005/078522 A, US 2004/0036977 A1 및 US 2005/0018294 A1가 참조되고, 여기서 조명 시스템(12)에 적합한 다양한 유형의 광학 인티그레이터가 개시된다.

[0047] 도면부호 70은 마스크(14) 상에 충돌하는 광의 각 분포를 실질적으로 형성하는 조명 시스템(12)의 시스템 퓨필 표면을 표시한다. 시스템 퓨필 표면(70)은 보통 편평하거나 약간 만곡되고, 광학 인티그레이터(72) 내에 또는 광학 인티그레이터의 바로 근처에 배열된다. 시스템 퓨필 표면(70)에서의 광의 각 분포가 후속 필드 평면에서의 강도 분포로 직접적으로 변형될 때, 광학 인티그레이터(72)는 마스크(16) 상의 조명 필드(14)의 기본적인 기하학 구조를 실질적으로 결정한다. 광학 인티그레이터(72)가 스캔 방향(Y)보다 X 방향으로 더 크게 각도 범위를 증가시키기 때문에, 조명 필드(14)는 스캔 방향(Y)보다 X 방향을 따라서 더 큰 치수를 갖는다.

[0048] 광학 인티그레이터(72)에 의해 생성되는 2차 광 소스로부터 방출되는 투영 광은 단지 단순성을 위하여 단일 렌즈로 도 2에 나타내어진 제2 집속기(78)로 진입한다. 제2 집속기(78)는 시스템 퓨필 표면(70)과 필드 조리개(82; field stop)가 배열되는 후속 중간 필드 평면(80) 사이의 푸리에 관계를 보장한다. 제2 집속기(78)는 중간 필드 평면(80)에서 2차 광 소스에 의해 생성되는 광 다발을 중첩시키고, 이에 의해 중간 필드 평면(80)의 매

우 균일한 조도를 달성한다. 필드 조리개(82)는 복수의 가동 블레이드를 포함할 수 있고, 마스크(16) 상의 조명 필드(14)의 설명한 예지를 보장한다.

[0049] 필드 조리개 대물부(84)는 중간 필드 평면(80)과 마스크(16)가 배열되는 마스크 평면(86) 사이에 광학적 결합을 제공한다. 따라서, 필드 조리개(82)는 마스크(16) 상에 필드 조리개 대물부(84)에 의해 설명하게 결상된다. 필드 조리개(82) 및 필드 조리개 대물부(84)는 다른 실시예에서 생략될 수 있다.

[0050] 상기 언급된 바와 같이, 시스템 퓨필 평면(70)의 강도 분포는 후속 중간필드 평면(80)에서 각 분포로 변형된다. 필드 조리개 대물부(84)가 1 배율을 갖는다면, 각 분포 및 중간 필드 평면(80)은 마스크 평면(86)에서 [필드 조리개 대물부(84)에 의해 도입된 수차가 없을 경우에] 다시 나타나고, 배율의 절대 값이 1과는 다르다면, 각 분포는 비율이 증가하거나 감소할 수 있다. 따라서 거울 어레이(46)의 도움으로 시스템 퓨필 평면(70)에서 강도 분포를 변화시킴으로써 마스크 평면(86)에서 각 분포를 변경하는 것이 가능하다.

[0051] 각 분포(즉 조도 세팅)가 변한다면, 거울 어레이(46)의 개별 거울 요소( $M_{ij}$ )는, 각각의 개별 거울 요소( $M_{ij}$ )에 의해 생성되는 스포트이 시스템 퓨필 평면(70)에서, 바람직한 강도 분포에 대응하는 패턴으로 모이는 방식으로 기울어진다.

[0052] 거울 요소( $M_{ij}$ )가 평평한 반사 평면을 갖는다면, 시스템 퓨필 평면(70)에서 생성되는 스포트의 형상은 충돌되는 빔(34)의 다이버전스 및 마이크로렌즈(40)의 굴절능(refractive power)에 주로 좌우된다. 거울 요소( $M_{ij}$ )로부터 방출되는 광 다발은 거울 요소( $M_{ij}$ )의 공간 배향을 특정 짓는 경사 각도에 다소 독립적인 다이버전스를 갖는다. 따라서 제1 집속기 렌즈(58)를 통과하는 광 다발은 동일 직경 및 다이버전스를 적어도 실질적으로 갖는다.

[0053] 그러나, 집속기 렌즈(58)는 이상적 광학 속성을 갖지 않는다. 이는 도시된 실시예에 있어서 거울 요소( $M_{ij}$ )로부터 반사되는 광 다발의 완전한 시준이 각각의 광 다발 그리고 모든 광 다발에 있어서 달성될 수 없다는 것을 의미한다. 대신에, 시준 효과는 광 다발이 집속기(58) 상에 충돌되는 위치 및 방향에 적어도 다소 좌우될 것이다.

[0054] 그 결과, 집속기(58)로부터 방출되는 광 다발의 일부는 시준되지 않을 것이지만, 다소 수렴하거나 발산할 수 있다. 결과적으로, 시스템 퓨필 표면(70)에서의 광 다발의 직경(즉 스포트 크기)도 또한 약간 변할 것이다. 이러한 편차로 인해, 바람직한 강도 분포로부터 벗어난 시스템 퓨필 평면(70)에서의 강도 분포를 야기할 것이다. 이러한 편차가 일정 한계를 초과한다면, 마스크 평면(86)에서의 각 분포의 견딜 수 없는 편차가 관찰될 수 있다.

[0055] 제1 집속기(58)가 시준되지 않지만 발산하거나 수렴하는 광 다발을 생성하도록 설계된다면, 또한 유사하게 고려된다. 제1 집속기(58)의 비이상적 광학 속성으로 인해, 시스템 퓨필 표면(70)에서의 열화된 강도 분포 및 이에 따른 마스크 평면(86)에서의 더 좋지 못한 각 분포를 다시 야기할 수 있다.

[0056] 이러한 바람직하지 않은 효과를 방지하기 위해, 거울 어레이(46)의 거울 요소( $M_{ij}$ )가 적응될 수 있다. 따라서 거울 요소의 형상은 그의 반사능을 변경하기 위해 변할 수 있다. 반사능을 증가시키거나 감소시킴으로써, 반사된 빔의 다이버전스를 변경하는 것이 가능하다. 거울 요소( $M_{ij}$ )가 빔을 제1 집속기(58)의 중심을 향하여 유도한다면, 필수적인 반사능은 거울 요소( $M_{ij}$ )가 빔을 제1 집속기(58)의 원주부를 향하여 유도하는 상황과 비교해서 상이해야 할 수 있다.

[0057] 또한 거울 요소의 형상의 변경은, 시변을 포함하는 다른 바람직하지 않은 광학 효과가 마스크 평면(86)에서의 각 분포의 열화를 야기하는 경우에 유리할 수 있다. 예컨대 마이크로렌즈(40)의 굴절능의 변경은, 투영 광의 흡수에 의해 야기된 가열의 결과로서 발생할 수 있다. 거울 요소( $M_{ij}$ )의 형상의 변경은 제조 공차에 의해 유발된 수차를 보정하기 위해 도움이 될 수 있다.

[0058] 이하에서는 거울 요소( $M_{ij}$ )의 형상을 변경하는데 사용되는 온도 제어 장치에 관한 다양한 실시예가 기재될 것이다.

### III. 온도 제어 장치

[0060] 조명 시스템(12)은 제1 실시예에 따라 레이저 빔(94)을 생성하는 적외선 레이저 소스(92)를 포함하는 온도 제어 장치(90)를, 조명 시스템의 하우징(28) 내에 수용하여 포함한다. 온도 제어 장치(90)는 거울 요소( $M_{ij}$ ) 상의 타

겟 영역에 걸쳐 레이저 빔(94)을 이동시키도록 구성되는 공간 광 변조기(96)를 더 포함한다. 이 실시예에서 공간 광 변조기(96)는 적절한 액추에이터의 도움으로 2개의 직교 축을 중심으로 기울여질 수 있는 기울일 수 있는 거울(98)을 포함한다. 마이크로비전(Microvision)에 의해 출원된 WO 2005/078506 A2에서 기술된 바와 같이, 이러한 기울일 수 있는 거울(98)은 MEMS 기술을 사용하여 또한 실현될 수 있다. 기울일 수 있는 거울(98)의 도움으로, 거울(98)을 적절하게 기울임으로써 거울 어레이(46) 상의 어떤 임의의 지점 상으로도 레이저 빔(94)을 유도하는 것이 가능하다. 다른 실시예에서, 공간 광 변조기(96)는 요소에 적용된 전압을 변경함으로써 요소를 통과하는 광 빔의 방향을 변경시키는 것을 가능하게 하는 회전식 프리즘 또는 전기 광학 소자의 조합을 포함한다.

[0061] 공간 광 변조기(96)는 레이저 빔(94)이 거울 요소( $M_{ij}$ ) 상의 타겟 영역에 걸쳐 연속적으로 또는 간헐적으로 이동되는 방식으로 제어된다. 레이저 광의 파장은 거울 요소에 의해 거의 완전히 또는 적어도 80% 초과만큼 흡수되도록 선택된다. 흡수된 레이저 광으로 인해, 레이저 광이 공간 광 변조기(96)에 의해 유도된 타겟 영역 내의 온도를 증가시키게 된다.

[0062] 이는 단일 거울 요소( $M_{ij}$ )의 확대된 사시도인 도 3에 도시된다. 거울 요소( $M_{ij}$ )는 거울 지지부(100)와, 거울 지지부(100)의 상부에 적용되는 반사 코팅(102)을 포함한다. 반사 코팅(102)은 예컨대 교변 굴절률(alternating refractive indices)을 갖는 복수의 얇은 층에 의해 형성될 수 있다. 반사 코팅은 이 파장에 대한 최대 반사를 보장하기 위해 투영 광의 파장에 특히 적응된다. 적외선 방사선에 대해서, 레이저 소스(92)에 의해 생성될 때, 이러한 반사 코팅은 일반적으로 거의 완전히 흡수한다.

[0063] 도 3에 점선으로 표시된 바와 같이, 거울 지지부(100) 자체는 서로 고정식으로 부착되는 2개 이상의 개별 평행 구조물에 의해 형성될 수 있다.

[0064] 도면번호 104는 투영 광이 조명 시스템(12)의 작동 중에 충돌하는 반사 코팅(102) 상의 투영 광 영역을 표시한다. 레이저 빔(94)이 유도되는 타겟 영역(106a, 106b, 106c 및 106d)은 X 및 Y 방향을 따라 인접하게 나타내어진다. 다른 실시예에서, 투영 광 영역(104)은 도 3에 도시된 것보다 실질적으로 크고, 타겟 영역(106a 내지 106d)은 투영 광 영역(104)을 부분적으로 또는 전체적으로 중첩할 수 있다. 타겟 영역(106a 내지 106d)에서의 적외선 방사의 흡수는 타겟 영역(106a 내지 106d) 근처에서의 온도 증가를 야기한다.

[0065] 이는 X 및 Y 방향을 따라 거울 요소( $M_{ij}$ )에서의 온도 프로파일을 도시하는 도 4a 및 도 4b의 그래프에 도시된다. 실선(108)은 투영 광 영역(104) 상에 충돌하는 투영 광에 의해서만 생성되는 온도 프로파일을 나타낸다. 반사 코팅(102)이 투영 광에 대한 고반사도를 갖더라도, 흡수된 광의 소량은 도 4a 및 도 4b에서 실선(108)으로 표시된 바와 같이 온도의 증가를 야기한다. 도 4a에서, 파선(110a 및 110c)은 각각 대향하는 타겟 영역(106a 및 106c) 상에 충돌하는 적외선 방사선에 의해서만 생성되는 온도 프로파일을 나타낸다. 도 4b에서, 파선(110b 및 110d)은 각각 대향하는 타겟 영역(106b 및 106d) 상에 충돌하는 적외선 방사선에 의해서만 생성되는 온도 프로파일을 나타낸다. 상술한 프로파일을 추가함으로써 얻어진 전체 온도 프로파일은 점선으로 표시된다.

[0066] 반사 코팅(102) 및 거울 지지부(100)는 다양한 열 팽창 계수를 갖는다. 도 4a 및 도 4b에 도시된 온도 프로파일에 있어서, 교차 배열로 배열되는 2개의 바이메탈(bimetallic) 스트립과 유사한 효과가 달성된다. 따라서, 거울 요소( $M_{ij}$ )는 도 4a 및 도 4b에 도시된 온도 프로파일이 형성될 때 X 및 Y 방향을 따라 연장되는 2개의 직교 굴곡 축에 대하여 굴곡하기 시작한다.

[0067] 도 3에서 거울 지지부(100)의 열 팽창 계수가 반사 코팅(102)의 열 팽창 계수보다 더 크다고 가정된다. 이후 온도 상승은 설명된 바와 같이 거울 요소( $M_{ij}$ )의 오목한 굴곡을 야기할 것이다. 가열된 영역(104, 106a 내지 106d)의 교차형 배열의 결과로서, 굴곡은 적어도 실질적으로 회전 대칭이다. 따라서 X 및 Y 방향을 따라 동일한 포지티브 반사능은 공간 광 변조기(96)의 도움으로 거울 요소( $M_{ij}$ ) 상에 레이저 빔(94)을 유도함으로써 생성된다. 이 반사능은, 거울 요소( $M_{ij}$ )가 실질적으로 기울어지는 경우에 시스템 퓨필 평면(70)에서의 반사빔의 스폷 형상을 일정하게 유지하는 것을 도울 수 있다.

[0068] 도 5는 거울 어레이(46)의 사시도이다. 거울 요소( $M_{35}$ )는 2개의 직교 경사 축(56x 및 56y)에 대하여 기울어진 위치에 나타난다. 레이저 빔(94)은 다양한 거울 요소( $M_{65}$ ) 상으로 유도된다. 점선(94')은 실질적으로 직선을 따라 거울 요소( $M_{65}$ )의 반사 코팅(102)을 가로질러 유도된 후 이후 시점에서의 레이저 빔(94)을 나타낸다.

- [0069] 당연한 것으로서, 거울 요소( $M_{ij}$ )의 타겟 영역을 가열시킴으로써 다양한 다른 변형이 생성될 수 있다. 반사 코팅의 열 팽창 계수가 거울 지지부(100)의 열 팽창 계수보다 더 작지 않고 크다면, 온도 상승은 거울 요소( $M_{ij}$ )의 불룩한 굴곡을 야기할 것이다. 실온에서 상당한 곡률을 갖도록 거울 요소를 제조하는 것이 또한 가능하고, 이 곡률은 온도 제어 장치(90)의 도움으로 온도를 증가시킴으로써 감소된다.
- [0070] 거울 요소( $M_{ij}$ )의 형상의 변경은 그 중에서도 특히 적외선 방사선에 의해 조명되는 타겟 영역의 치수 및 위치에 실질적으로 좌우된다. 도 6a 내지 도 6d는 거울 요소( $M_{ij}$ ) 상에 생성될 수 있는 다양한 타겟 영역을 도시한다.
- [0071] 도 6a는 2개의 동일한 반부에서 정사각형 거울 표면을 대칭적으로 분리하는 긴 스트라이프의 기하학적 구조를 갖는 타겟 영역(106-1)을 도시한다. 온도가 이 타겟 영역(106-1) 부근에서 온도가 증가되는 경우에, 거울 요소( $M_{ij}$ )는 스트라이프의 길이 방향에 직교한 방향에 대해서만 굴곡될 것이다. 이러한 변형은 조명 시스템(12)에서 비점수차 효과를 보정하는데 유용할 수 있다.
- [0072] 도 6b에 도시된 타겟 영역(106-2)은 도 3에 도시된 타겟 영역(106a 내지 106d)과 유사하다. 따라서, 거울 요소( $M_{ij}$ )는 적외선 방사선이 타겟 영역(106-2)로 유도되는 경우에 그 형상을 유사하게 변경할 것이다. 부가 열이 거울 요소( $M_{ij}$ )의 중심에서 생성되기 때문에, 얻어진 곡률 프로파일은 다소 상이할 것이다.
- [0073] 도 6a 및 도 6b에 도시된 타겟 영역은 이동 레이저 빔(94)을 이용하여 간단히 생성되는 라인 패턴으로서 설명될 수 있는 장점을 갖는다.
- [0074] 도 6c는 원형 디스크의 기하학적 구조를 갖는 타겟 영역(106-3)을 도시한다. 이러한 디스크는 가장 회전 대칭적인 굴곡력을 생성할 것이다.
- [0075] 도 6d는 도 3, 도 6b 및 도 6c에 도시된 실시예와 비교하여 약간 상이한 곡률 프로파일을 갖는, 거울 요소( $M_{ij}$ )의 적어도 실질적으로 회전 대칭인 굴곡을 야기할 타겟 영역(106-4)을 도시한다.
- [0076] 또한 타겟 영역(106)에서 온도를 증가시킴으로써 얻어진 거울 요소( $M_{ij}$ )의 변형은 거울 지지부(100) 및 반사 코팅(102)에 존재하는 임의의 내부 응력에 또한 좌우된다. 예컨대, 기계적 응력이 제조 공정 후에 남도록 반사 코팅(102)을 형성하는 충을 생성하는 것이 가능하다. 이러한 스트레스는 충에서의 온도를 증가시킴으로써 해제되거나 증가될 수 있다. 기계적 응력의 방향을 적절하게 선택함으로써, 타겟 영역(106)에서의 온도를 변경한 후에 얻어지는 변형에 영향을 미치는 것이 가능하다.
- [0077] 전술한 것에서, 모든 거울 요소( $M_{ij}$ )가 온도 제어 장치(90)의 도움으로 동일한 방법으로 가열된다는 것이 가정되었다. 많은 경우에, 그러나, 거울 어레이(46)에서의 거울 요소들의 위치에 좌우되는 거울 요소( $M_{ij}$ )의 다양한 변형을 생성하는 것이 필요할 것이다. 예컨대, 거울 요소가 거울 어레이(46)의 중심으로부터 멀리 이격될수록 거울 요소의 반사능을 증가시키는 것이 필요할 수 있다.
- [0078] 이러한 타겟 영역(106)의 예시적인 구성이 도 7에 도시된다. 이 실시예의 거울 어레이(46)는 사각형 그리드 패턴으로 배열되는 121개의 거울 요소( $M_{ij}$ )를 포함한다. 여기에서, 중심 거울 요소( $M_{ij}$ )가 전혀 변형되지는 않을 것이라고 가정된다. 거의 회전 대칭적인 변형은 온도 제어 장치(90)의 도움으로 다른 모든 거울 요소에서 생성될 것이며, 거울 어레이(46)의 중심으로부터의 거리가 증가함에 따라 곡률이 증가할 것이다. 결과적으로, 거울 요소( $M_{ij}$ )가 중심으로부터 멀리 이격될수록, 타겟 영역(106)은 더 커진다.
- [0079] 레이저 빔(94)은 반사 코팅(102)의 반사 속성을 변화시키는데 또한 사용될 수 있다. 레이저 빔(94)이 거울 요소( $M_{ij}$ ) 상의 특정 위치에서 충분히 길게 남아있다면, 온도는 반사 코팅의 반사율이 실질적으로 감소하도록 하는 범위로 상승할 것이다. 반사 코팅(102)의 반사율의 이러한 의도적인 감소는, 예컨대 투영 광이 빔의 불균일성(inhomogeneities)의 결과로서 투영 광에 노광되는 영역(104)에서 유사한 열화를 생성하는 경우에 유용할 수 있다. 이후 레이저 빔(94)은 (더 낮을지라도) 균일한 반사율이 영역(104)의 일부에서 회복되는 것을 보장할 수 있다.
- [0080] 시스템 퓨필 표면(70)에서 투영 광의 강도 및 각 분포에 바람직한 광학 효과를 생성하기 위해 반사율의 감소를 의도적으로 발생시키는 것이 또한 가능하다. 이러한 감소는 일시적이거나 영구적일 수 있다.
- [0081] IV. 다른 실시예

- [0082] 도 8은 또 다른 실시예에 따른 거울 요소( $M_{ij}$ )의 사시도이다. 거울 요소( $M_{ij}$ )는 고상 관절 연결부(112a, 112b, 112c 및 112d)의 도움으로 캐리어 구조물(110)에 연결된다. 이들 관절 연결부(112a, 112b, 112c 및 112d)는 종방향 슬릿(113)이 생성된 후 캐리어 구조물(110)에 남아 있는 브릿지에 의해 형성된다. 단순성을 위해, 대향 쌍의 관절 연결부(112a, 112c 및 112b, 112d)에 의해 형성되는 경사 축(56x, 56y)을 중심으로 거울 요소( $M_{ij}$ )를 기울게 하도록 구성되는 액추에이터가 도 8에 도시되지 않는다.
- [0083] 이 실시예에서, 온도 제어 장치(90)는 캐리어 구조물(110)에서 슬릿(113)에 의해 또한 형성되는 캐리어 플레이트(116)에 거울 요소( $M_{ij}$ )를 연결시키는 복수의 가열 부재(114)를 포함한다. 가열 부재(114)는 거의 어떤 임의의 온도 프로파일도 거울 요소( $M_{ij}$ )에서 생성될 수 있도록 개별적으로 구동될 수 있다. 또한 이 실시예에서, 거울 요소( $M_{ij}$ ) 내에 포함되고 다양한 열 팽창 계수를 갖는 구조물은, 거울 요소( $M_{ij}$ )에 생성되는 온도 프로파일이 거울 요소( $M_{ij}$ )의 광학 속성을 변화시키는 변형을 야기하는 것을 보장한다.
- [0084] 도 8에서 가열 부재(114)는 전기 전압이 적용되는 경우에 가열되는 작은 블록으로서 나타내어진다. 다른 실시 예에서, 도 9의 거울 지지부(100)의 저면도에 도시된 바와 같이, 가열 부재는 전기 전도성 저항 와이어의 패턴에 의해 형성된다. 여기에서, 열선(114')은 거울 지지부(100)의 바닥 표면 위에 배열되고, 다양한 온도 프로파일이 거울 요소( $M_{ij}$ )에서 생성될 수 있도록 전압 소스에 개별적으로 연결될 수 있다.
- [0085] 도 10에 도시된 실시예에서, 거울 요소( $M_{ij}$ )는 도시된 실시예에서 거울 요소( $M_{ij}$ )의 전체 길이에 걸쳐 Y 방향을 따라 연장되는 2개의 평행한 열 장벽(118a, 118b)을 포함한다. 열 장벽(118a, 188b)은 장방형 단면을 갖고, 열 장벽(118a, 118b)의 양측에서 예컨대 Si인 재료보다 낮은 열 전도 계수를 갖는 예컨대  $SiO_2$ 인 재료에 의해 형성된다. 열 장벽(118a, 118b)의 열적으로 격리된 재료는 거울 지지부(100)에서 에칭함으로써 형성되었을 수 있는 제1 및 제2 흠(120a, 120b)에서 수용된다. 제1 흠(120a)과 제2 흠(120b) 사이에는 더 낮고 더 넓은 제3 흠(122)이 형성된다. 제3 흠(122)을 충진하는 재료(124)와 거울 지지부(100)의 지지 재료의 열 팽창 계수는 상이하다.
- [0086] 타겟 영역(106)이 레이저 빔(94)에 의해 조명된다면, 열이 타겟 영역(106)에서 생성될 것이고, 이러한 국부적으로 생성된 열은 전체 거울 지지부(100)에 걸쳐 분산되려는 경향이 있을 것이다. 그러나, 열 장벽(118a, 188b) 때문에, 타겟 영역(106)에서 생성된 열은 측방향으로 쉽게 유동할 수 없다. 따라서 온도의 증가는 열 장벽들(118a, 188b) 사이의 공간에 더 오랫동안 구속될 것이고, 여기서 이는 재료(124) 및 거울 지지부(100)의 상이한 열 팽창 계수의 결과로서, 타겟 영역(106)의 길이 방향에 수직으로 진행하는 굴곡 축을 따른 거울 지지부(100)의 굴곡을 야기할 것이다. 결국 열은, 높은 열 전도 계수를 갖고 거울 지지부(100)를 열 싱크(128)에 연결시키는 접촉 소켓(126)을 통해, 열 장벽들(188a, 188b) 사이의 공간으로부터 유동할 것이다.
- [0087] 열은 거울 지지부의 일부에 더 오랫동안 구속될 것이고 이는 거울 지지부의 바람직한 변형을 야기할 것이기 때문에, 레이저 빔(92)이 타겟 영역(106)에 조명되는 재생율(refresh rate)이 감소될 수 있다.
- [0088] 비등방성 열 팽창 계수를 갖는 재료를 통해 유사한 효과가 또한 달성된다. 예컨대, 타겟 영역(106) 아래의 재료(124)가 직교 방향을 따르는 것보다 XZ 평면에서 더 낮은 열 팽창 계수를 갖는다면, 열은 거울 지지부(100)의 인접한 재료 안으로 보다는, Z 방향을 따라, 즉 소켓(126)을 통해 열 싱크(128) 안으로 더 신속하게 유동될 것이다. 에피택시하게(epitaxially) 성장될 수 있는 결정성 재료는 비등방성 열 전도 계수를 갖는다.
- [0089] 전술된 실시예는 단지 예시적인 것으로만 이해되어야 한다. 예컨대, 반사 코팅의 형상은 [온도 제어 장치(90)의 도움으로 온도를 증가시키기 이전 또는 이후에] 예컨대 평면형, 회전 대칭적인 만곡형, 타원형 또는 안장 형상일 수 있다. 다른 실시예에서, 거울 지지부는 온도 변화에 의해 유발된 변형에 대한 거울 요소의 감도를 증가시키기 위해 단지 얇은 멤브레인이다.
- [0090] 또 다른 실시예에서 온도 제어 장치는 냉각 유체가 통과하여 유동할 수 있는 거울 지지부 내의 채널과 같은 냉각 부재를 포함한다.
- [0091] 더욱이, 마이크로리소그래픽 노광 장치의 투영 대물부에 배열되는 거울 어레이에 본 발명을 이용하는 것도 또한 고려될 수 있다. 이것이 현재 청구되지 않을지라도, 출원인은 이러한 방향으로 특허청구범위를 확장할 권리를 보유한다. 이 경우에 투영 대물부는 주 광 소스를 포함하지 않고, 거울 요소는 시스템 퓨필 표면을 향하여 광을 유도하지 않는다. 대신에, 거울 어레이 자체는 투영 대물부의 퓨필 표면에 배열될 수 있다.

## [0092] V. EUV 조명 시스템

본 발명의 상기 실시예 모두는 DUV 조명 시스템과 관련이 있다. 그러나, 아래 기술될 실시예에서 명백해질 바와 같이, 본 발명은 EUV 조명 시스템에 유용하게 또한 사용될 수 있다. 이러한 시스템에서, 투영 광의 파장(또한 작동 파장으로서 지칭됨)은 50 nm 이하, 바람직하게는 25 nm 이하, 가장 바람직하게는 13 nm 내지 14 nm이다. 어떤 투명한 굴절 재료도 이러한 단파장에 이용 가능하지 않기 때문에, EUV 투영 노광 장치에서의 모든 광학 소자(코스의 조리개는 예외)는 거울반사(catoptric)(즉, 반사) 타입이다.

[0094] 도 11은 전체가 도면부호 210으로 표시된 EUV 투영 노광 장치를 통과하는 개략적인 비척도 자오 단면도이다. 광학 소자의 곡률 및 다른 세부는 단순성을 위해 도시되지 않는다. EUV 투영 노광 장치(210)는 미세한 반사 구조물을 포함하고 마스크 스테이지(미도시) 상에 배열되는 마스크(216)에 조명하는 조명 시스템(212)을 포함한다. 마스크(216)로부터 반사되는 투영 광은 기판 스테이지(미도시) 상에 배열되는 기판(224) 상에 적용되는 감광 층(222) 상의 레티클(216)에 조명되는 반사 구조물을 결상하는 투영 대물부(220) 내로 진입한다.

[0095] 조명 시스템(212)은 개략적으로 도면부호 230으로 표시되고 대칭 축(AX)이 관련되는 광 소스를 포함한다. 보통, 이 대칭 축(AX)은 광 소스(230)에 포함되는 오목 거울의 광축과 일치한다. 이러한 거울이 없다면, 이 축(AX)은 투영 광 빔의 대칭 속성에 의해 그 자체로 규정된다.

[0096] 광 소스(230)에 의해 방출되는 광은 거울 요소의 어레이[때때로 거울 면(facets)으로도 또한 칭해짐]를 포함할 수 있는 필드 형성 거울(272)에 충돌한다. 필드 형성 거울(272)로부터 반사된 후, 투영 광은 퓨필 형성 거울 어레이(246) 상에 충돌한다. 도 12의 평면도에 도시된 바와 같이, 퓨필 형성 거울 어레이(246)는 초기에 완전히 구형이거나 적어도 회전 대칭적인 복수의 오목 거울 요소( $M_{ij}$ )를 포함한다. 이는 거울 요소( $M_{ij}$ )의 곡률( $c_a$  및  $c_b$ )이 임의 쌍의 직교 평면들에서 동일하다는 것을 의미한다. 각각의 거울 요소( $M_{ij}$ )는 지지 구조물에 대하여 기울여질 수 있게 장착되고, 거울 지지부 및 반사 코팅을 포함하고, 조명 시스템(212)의 퓨필 표면을 향하여 투영 광을 유도하도록 구성된다. EUV 투영 광은, 마스크(216)에 최종적으로 조명하기 이전에, 2개의 거울( $M_1$  및  $M_2$ )을 향하여 퓨필 형성 거울 어레이(246)에 의해 유도된다.

[0097] 도시된 실시예에서, 조명 시스템(210)은 도 2에 도시된 온도 제어 장치(90)와 동일한 구성을 본질적으로 갖는 온도 제어 장치(290)를 더 포함한다. 즉, 온도 제어 장치(210)는 레이저 범(294)을 생성하는 적외선 레이저 소스(292)를 포함한다. 온도 제어 장치(290)는 퓨필 형성 거울 어레이(246)에서 타겟 영역에 걸쳐 레이저 범(294)을 이동시키도록 구성되는 공간 광 변조기(296)를 더 포함한다. 이 실시예에서 공간 광 변조기(296)는 적절한 액추에이터의 도움으로 2개의 직교 축에 대하여 기울여질 수 있는 거울(298)을 포함한다. 따라서, 거울(298)을 적절하게 기울임으로써 퓨필 형성 거울 어레이(246)에서의 어떤 임의 지점 상에 레이저 범(294)을 유도하는 것이 가능하다. 레이저 소스(292)에 의해 생성되는 광의 파장은, 퓨필 형성 거울 어레이(246) 상의 타겟 영역에 의해 거의 완전히 또는 적어도 80% 초과만큼 흡수되도록 선택된다.

[0098] 퓨필 형성 거울 어레이(246)의 주목할 만한 특징부는, 거울 요소( $M_{ij}$ )의 광축은 광 전파 방향으로 퓨필 형성 거울 어레이(246)보다 바로 앞서 있는 필드 형성 거울(272)의 광축과 함께, 매우 큰 각도( $\alpha$ )(도시된 실시예에서  $\alpha \approx 35^\circ$ )를 형성한다는 것이다. 앞선 거울이 거울 요소를 포함한다면, 이 조건은 경사 위치에 상관없이 거울 요소의 광축에 대해 개별적으로 적용된다. 각도( $\alpha$ )는 바람직하게  $20^\circ$  보다 크고 더 바람직하게  $30^\circ$  보다 크다.

[0099] 거울 어레이(246)의 범 편향 능력에 대한 측정치인 이 각도( $\alpha$ )는 종래의 것보다 훨씬 더 크다. 종래 기술의 EUV 투영 노광 장치에서, 모든 거울에 대한 편향 각도( $\alpha$ )는 가능한 한 작게 유지된다. 이는 거울( $M_1$ )과 마스크(216) 사이의 광로에 있어서 도 11에 도시된 것과 유사하게, 조명 시스템 및 또한 투영 대물부를 통하여 상하로 실질적으로 진행하는 광로를 만든다. 그러나, 이는 부피가 큰 광 소스가 장치의 바닥에(바람직하게는 심지어 반도체 설비의 기초부에), 또는 장치의 상부에 배열되어야 하고, 이는 복잡한 장착 구조를 필요로 한다는 상당한 결점을 갖는다.

[0100] 종래 기술의 조명 시스템은 포함된 거울이 구면 거울 표면을 갖는 경우에 더 큰 편향 각도가 수차를 야기할 것이기 때문에 편향 각도( $\alpha$ )를 가능한 한 작게 유지하려고 시도한다. 비구면인, 특히 회전 대칭인 거울 제조는 어렵고 비싸고, 이는 도 11에 도시된 거울(246 및 272)을 이용한 경우와 같이, 면 가공된 거울이 다수의 개별 거울 요소를 포함하는 경우에 특히 적용된다.

[0101] 초기에 구면이거나 회전 대칭적인 거울에 의해 도입될 수차가 이하의 방법으로 온도 제어 장치(290)의 도움으로

보정되기 때문에, 도시된 실시예에서 편향 각도( $\alpha$ )는 크도록 허용된다.

[0102] 투영 노광 장치(210)가 작동될 때, 공간 광 변조기(296)는 레이저 빔(294)이 거울 요소( $M_{ij}$ )의 변형을 야기할 특정 방법으로 거울 요소( $M_{ij}$ )를 가열시키도록 제어된다. 이 변형은 거울 요소( $M_{ij}$ )의 표면 형상이 회전 대칭으로부터 비점수차로 변하도록 결정된다. 이 때문에 각각의 개별 거울 요소( $M_{ij}$ ) 상의 타겟 영역은 예컨대 도 6a에 도시된 바와 같은 기하학적 구조를 가질 수 있다. 여기에서 용어 "비점수차(astigmatic)"는 거울 요소( $M_{ij}$ )의 곡률이 2개의 직교 평면에서 상이하다는 것을 나타내는데 사용된다[도 12에서의 확대된 컷아웃에서의 곡률( $c_a$  및  $c_b$ )을 참조]. 도 13의 사시도에 도시된 바와 같이, 이후 평면의 거울 요소( $M_{ij}$ )의 초점 길이( $f_a$ )는 직교 평면에서 초점 길이( $f_b$ )보다 클 것이다. 초점 길이들 간의 이러한 차이는 1%(즉  $f_a > 1.01 \cdot f_b$ ) 또는 심지어 10%일 수 있다.

[0103] 바람직하게, 자오 평면 및 시상 평면에서의 곡률( $R_a$ ,  $R_b$ )의 반경이  $R_a=R/\cos(\beta)$  및  $R_b=R \cdot \cos(\beta)$ 로 주어지는데,  $R$ 은 각각의 거울의 구면 부분의 곡률 반경이고  $\beta$ 는 입사각이도록, 변형이 결정된다. 퓨필 형성 거울 어레이(246)의 거울 요소( $M_{ij}$ )의 이러한 비점수차 반사 표면에 있어서, 수차는 심지어 큰 편향 각도( $\alpha$ )에 대해서도 작게 유지된다.

[0104] 이러한 작은 수차를 달성하는 것은 거울의 초점 길이가 거울의 조명 표면에 비해 클 것을 부가적으로 요구한다는 것이 주목되어야 한다. 필드 및 퓨필 거울 어레이(272, 246)의 거울 요소( $M_{ij}$ )에 있어서, 이 조건은 초점 길이가 약 1 mm의 범위에 일반적으로 있고 조명 표면이 작기 때문에(거울 요소의 일반적인 직경이 대략 수 밀리미터 내지 수 센티미터임) 충족된다. 그러나, 거울(M1 또는 M2)에 있어서, 더 큰 편향 각도는 그들이 비점수차 거울 표면을 갖더라도 달성될 수 없다.

[0105] 도 11에서 도시될 수 있는 바와 같이, 더 큰 편향 각도( $\alpha$ )는 훨씬 더 편리한 높이에 광 소스(230)를 배열하는 것을 가능하게 한다. 이 실시예에서 광 소스(230)의 대칭 축(AX)은 실질적으로 수평으로 진행하고, 이에 따라 광 소스(230)는 필드 형성 거울(272)과 동일한 높이에 배열된다. 다른 실시예에서 대칭 축(AX)은 수평면에 대하여, 45° 미만, 바람직하게는 20° 미만의 각도를 형성한다.

[0106] EUV 조명 시스템에서, 충돌하는 고에너지 EUV 투영 광의 상당한 부분이 거울 요소에 흡수되기 때문에 거울 요소를 능동적으로 냉각시킬 필요가 종종 있다. 따라서 거울 요소( $M_{ij}$ )를 추가적으로 가열시키는 온도 제어 장치(290)의 도움으로 한 열의 발생은 거울 요소를 냉각시키려는 추가적인 노력을 일반적으로 필요로 한다.

[0107] 도 14는 온도 제어 장치가 거울 요소( $M_{ij}$ )를 국부적으로 가열시키지 않지만 국부적으로 냉각시키는 또 다른 실시 예에 따른 거울 요소( $M_{ij}$ )의 사시도이다. 이를 위해 온도 제어 장치는 거울 지지부(100)를 열 싱크(128)에 연결시키는 복수의 마이크로 펠터에 소자(130)를 포함한다. 이러한 마이크로 펠터에 소자(130)는 예컨대 프라이부르크에 소재하는 마이크로펠트 게엠베하(MICROPELT GmbH)로부터 상용으로 입수가능하다.

[0108] 각각의 마이크로 펠터에 소자(130)는 개별적으로 작동될 수 있으며, 이는 배선(132)에 의해 도 14에서 표시되고, 따라서 거울 지지부(100)는 폭 넓은 다양한 온도 분포를 생성하기 위해 국부적으로 냉각될 수 있다. 또한, 이 실시예에서 다양한 열 팽창 계수를 갖는 구조물은 거울 지지부(100)의 바람직한 변형을 야기할 것이다.

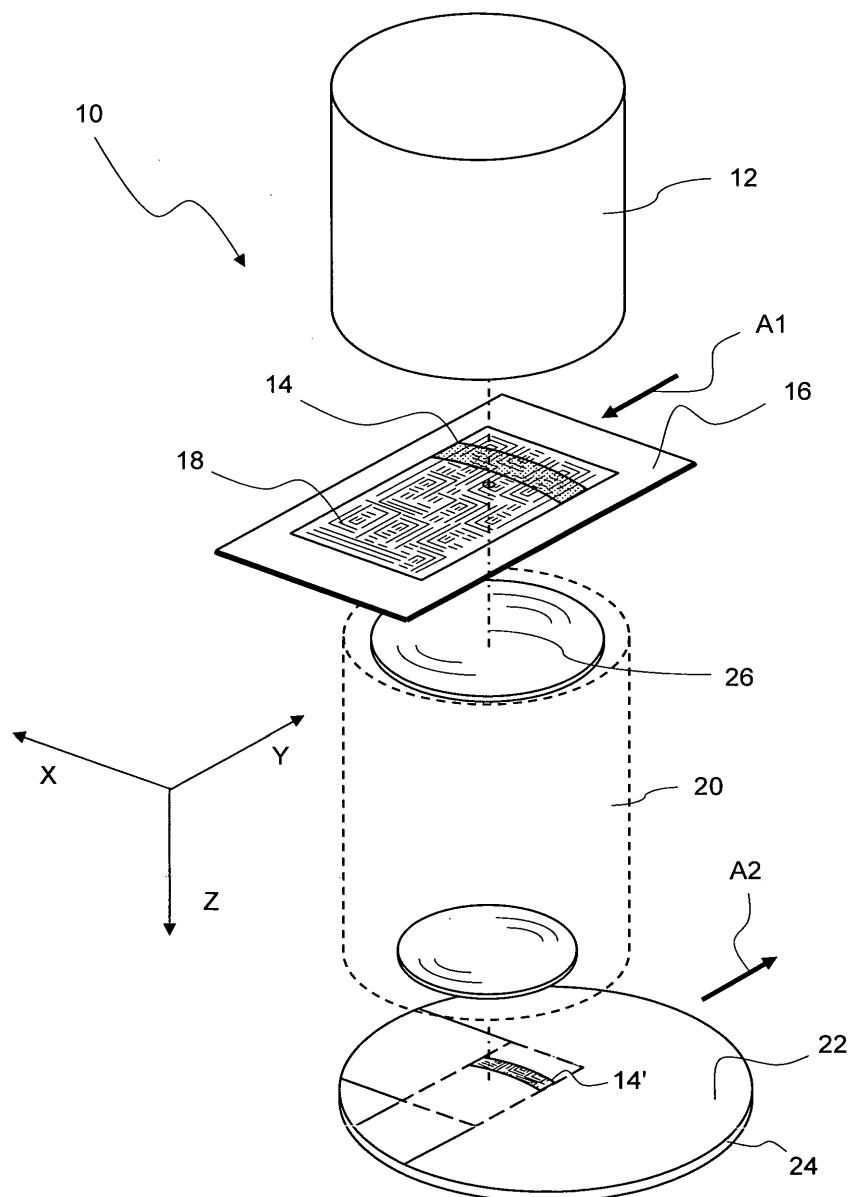
[0109] 마이크로 펠터에 소자(130)의 제공으로 인해, 필수적일 수도 있는 부가적인 냉각 시스템이 전체적으로 생략될 수 있다.

[0110] 펠터에 소자(130) 또는 다른 냉각 부재를 가열 부재와 조합하고 더 유리하게는 도 11에 도시된 바와 같이 제어 시스템(290)과 조합하는 것이 또한 고려된다. 이후 거울 요소( $M_{ij}$ )는 (준-)동시적으로 (부가적으로) 가열되고 냉각될 수 있다. 이는 매우 큰 온도차와 그에 따른 거울 지지부의 큰 변형을 발생시키는 것을 가능하게 한다.

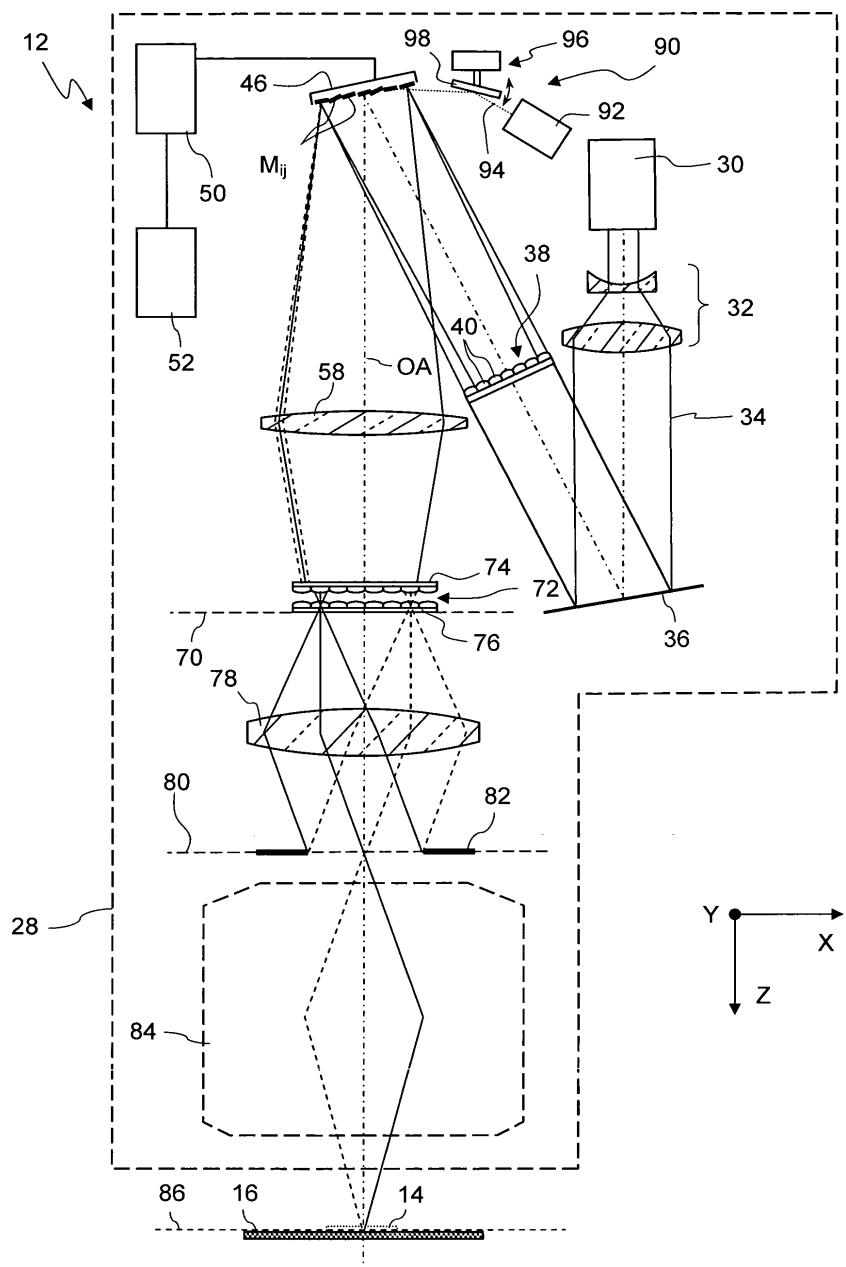
[0111] 바람직한 실시예의 상기 설명은 예시로써 주어진다. 주어진 개시로부터, 당해 분야의 숙련자들은 본 발명과 그의 수반되는 장점을 이해할 뿐만 아니라, 기술된 구조 및 방법에 대한 분명한 다양한 변경 및 변형을 찾을 것이다. 따라서, 출원인은 첨부된 특허청구범위 및 그의 균등물에 의해 한정되는 바와 같은 본 발명의 기술 사상 및 범주 내에 있도록 이러한 모든 변경 및 변형을 포함하려고 시도한다.

도면

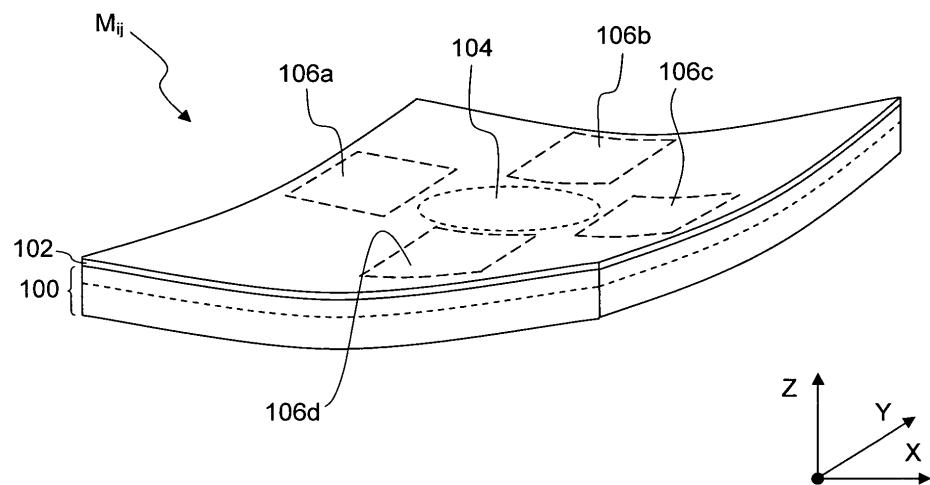
도면1



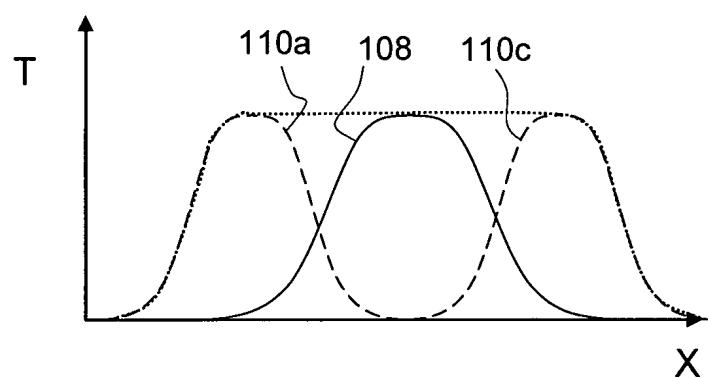
## 도면2



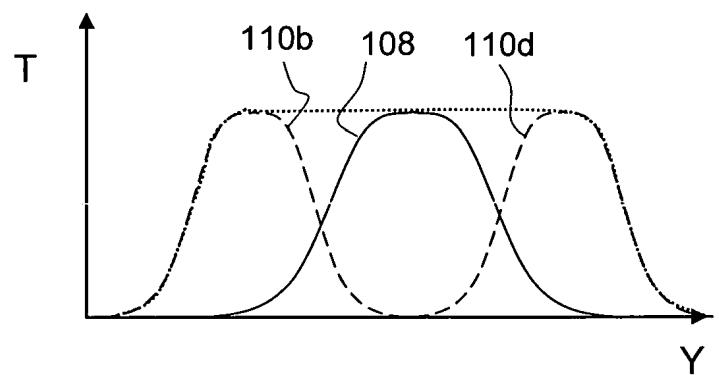
도면3



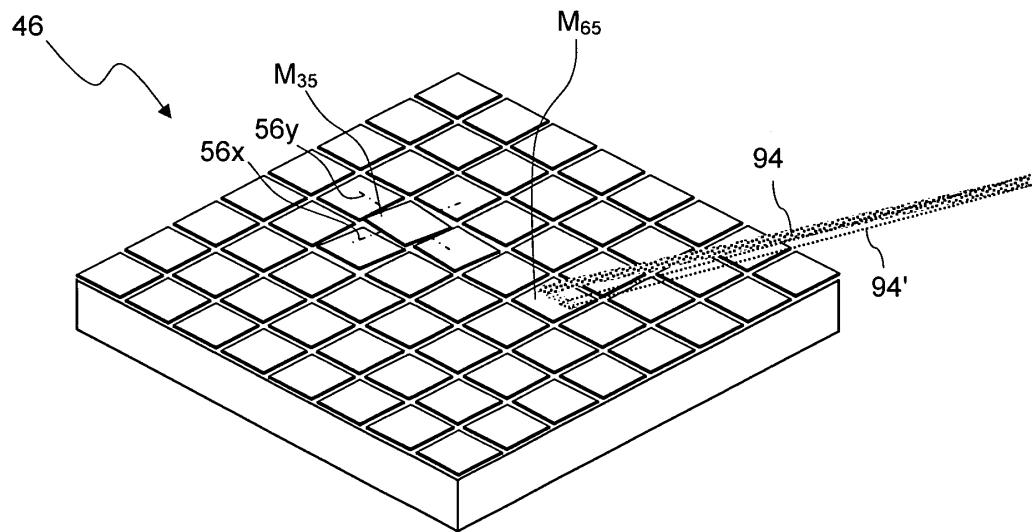
도면4a



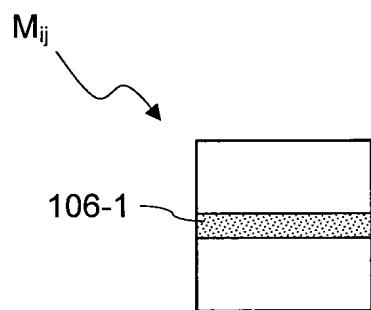
도면4b



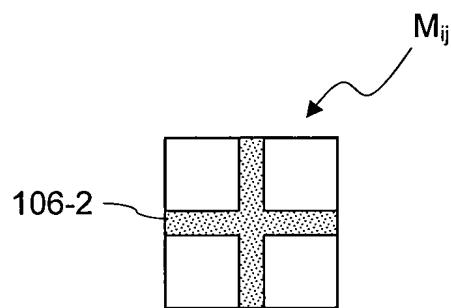
도면5



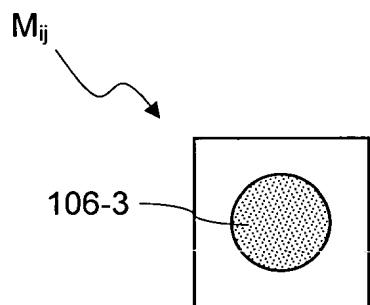
도면6a



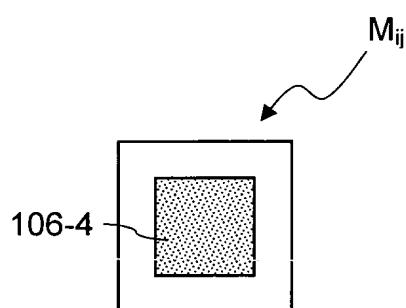
도면6b



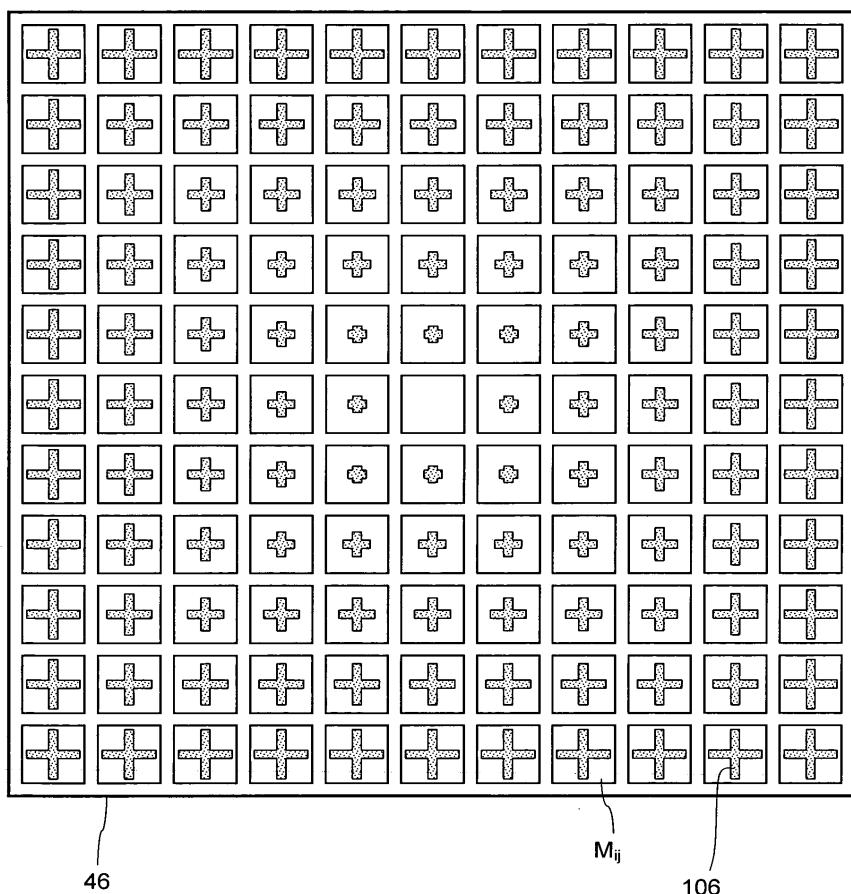
도면6c



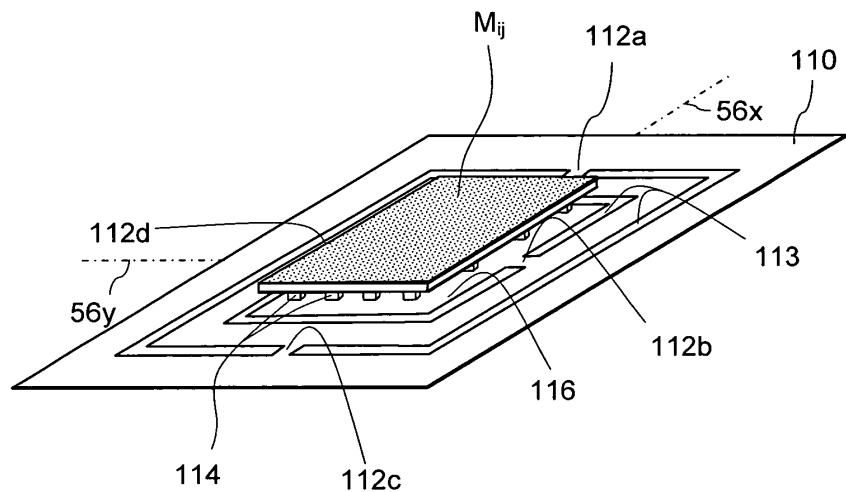
도면6d



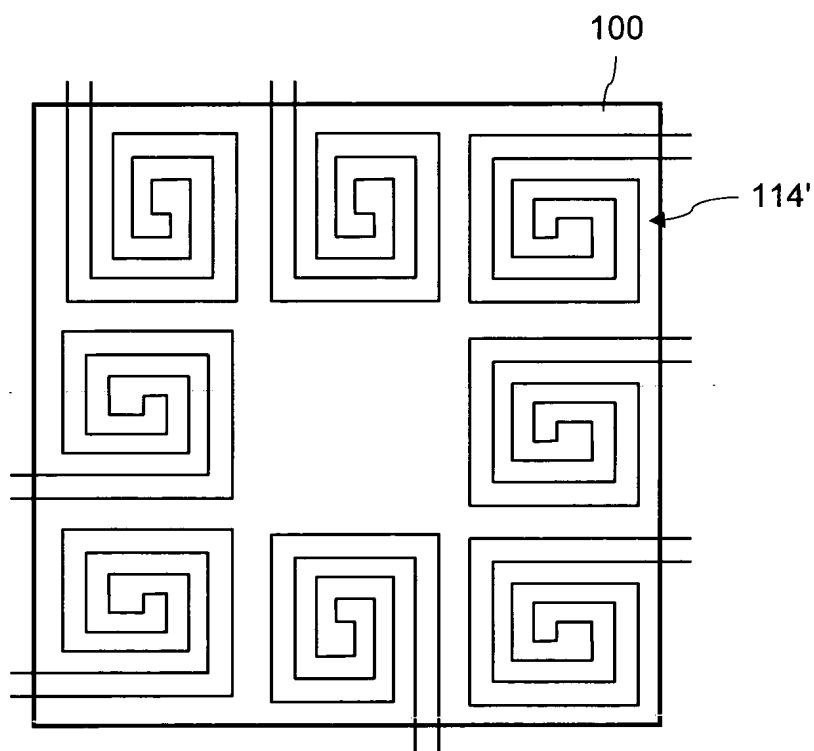
도면7



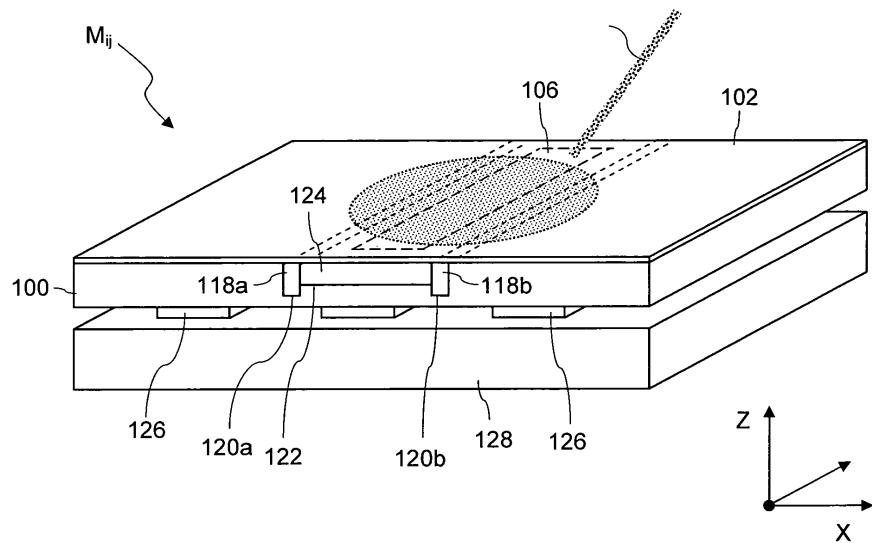
도면8



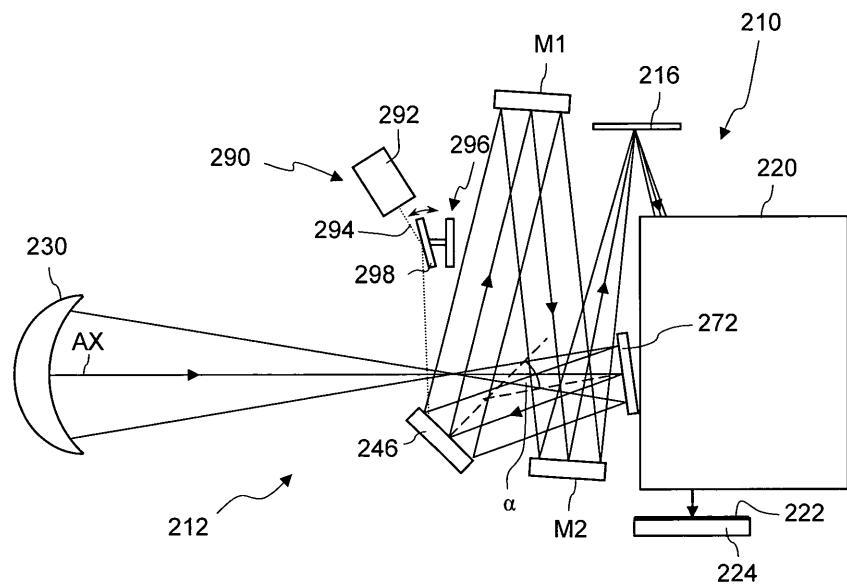
도면9



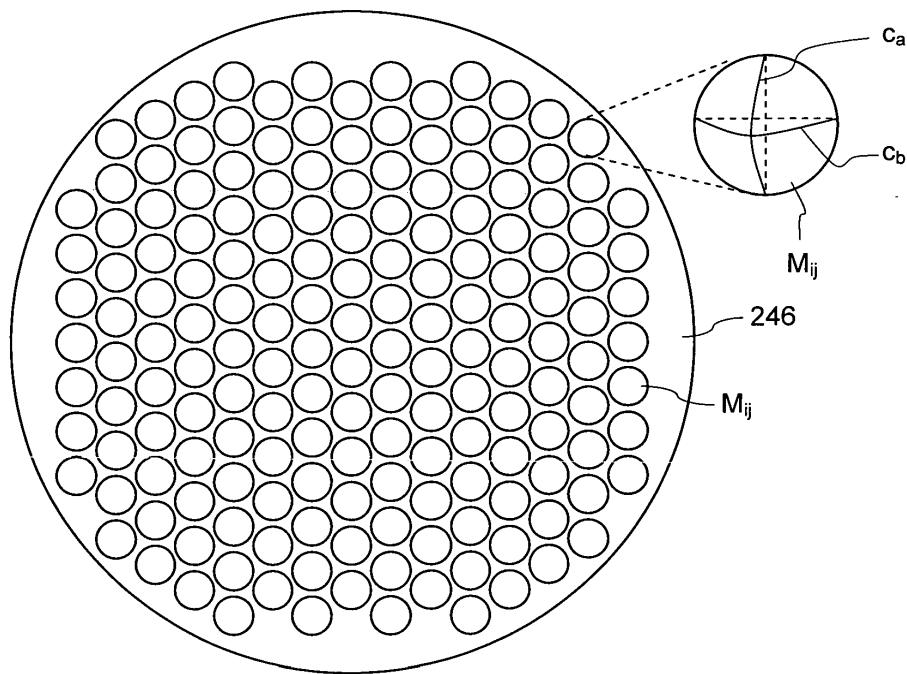
도면10



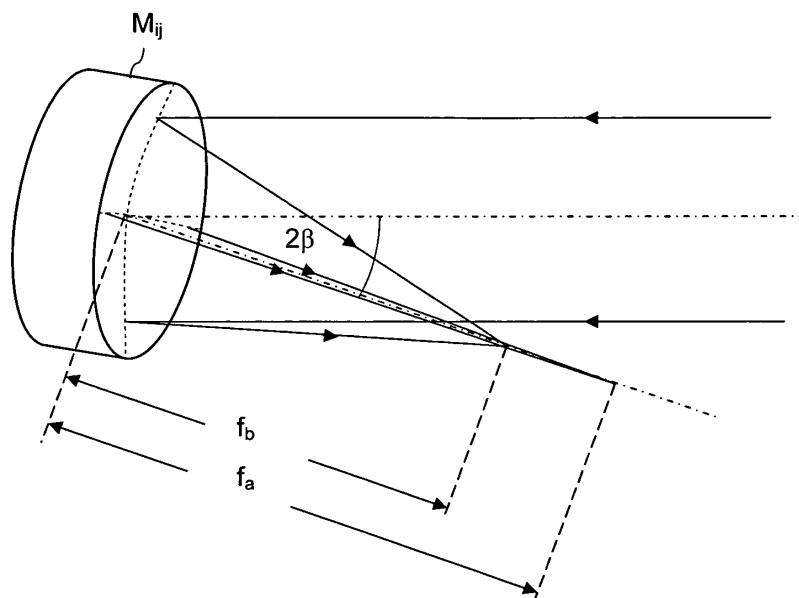
도면11



도면12



도면13



도면14

