



(19) 대한민국특허청(KR)

(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2015년05월04일

(11) 등록번호 10-1517645

(24) 등록일자 2015년04월28일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)

G03F 7/20 (2006.01)

(21) 출원번호 10-2010-7014669

(22) 출원일자(국제) 2008년11월20일

심사청구일자 2013년11월06일

(85) 번역문제출일자 2010년07월01일

(65) 공개번호 10-2010-0110316

(43) 공개일자 2010년10월12일

(86) 국제출원번호 PCT/EP2008/009786

(87) 국제공개번호 WO 2009/074211

국제공개일자 2009년06월18일

(30) 우선권주장

10 2008 013 229.2 2008년03월07일 독일(DE)

61/012,812 2007년12월11일 미국(US)

(56) 선행기술조사문헌

KR1020030022077 A*

JP2002110529 A

KR1020050069916 A

*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자

칼 짜이스 에스엠티 게엠베하

독일 오버코헨 73447 루돌프-에버-슈트라스 2

(72) 발명자

엔드레스, 마틴

독일연방공화국, 89551 쾨니그스브론, 괴테스트라
쎄 3

스튀즐레, 랄프

독일연방공화국, 73430 아알렌, 아이벤베그 28

오쓰만, 젠스

독일연방공화국, 73430 아알렌, 루트비히스트라스
23/1

(74) 대리인

한양특허법인

전체 청구항 수 : 총 23 항

심사관 : 조승현

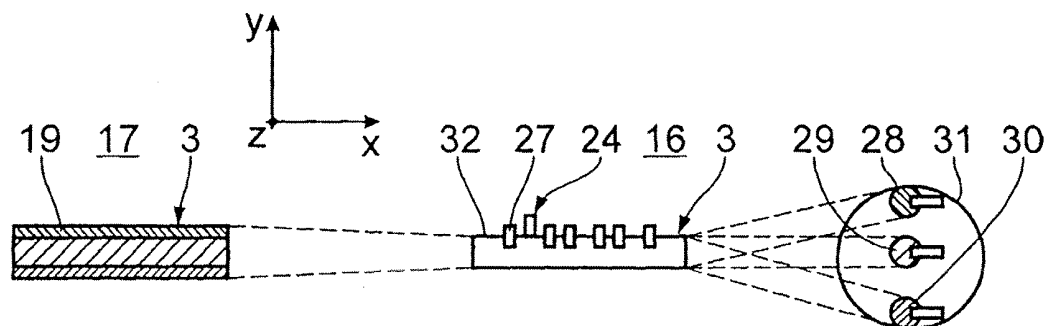
(54) 발명의 명칭 마이크로리소그래피용 조명 광학소자

(57) 요약

마이크로리소그래피용 조명 광학소자는 오브젝트 면내에서 조명될 오브젝트 필드(19)에 조명 광을 가이드하기 위한 광학 조립체를 포함한다. 본 발명의 제1 양태에 따르면, 조명 광학소자(26)는 조명 광 방사 다발(3)을, 오브젝트 필드 조명의 상이한 조명 각도들로 할당되는, 복수의 방사 서브 다발들(28 내지 30)로 분할한다. 조명 광

(뒷면에 계속)

대표도 - 도7



학소자(26)는, 방사 서브 다발들(28 내지 30)의 적어도 일부가, 오브젝트 면으로부터 이격되고 중첩이 일어나는 오브젝트 면(17)으로 이미징되지 않는 중첩 면(16)에 겹쳐지도록 구성된다. 이러한 중첩은, 겹쳐진 방사 서브 다발들(28 내지 30)의 에지들(32)이 적어도 부분적으로 일치하도록 되어 있다. 본 발명의 다른 양태에 따르면, 필드 강도 설정 디바이스(24)는, 그곳에 노출되었을 때의 조명 광(3)을 적어도 감쇠시키는 복수의 인접한 개별적인 다이어프램들(27)을 포함한다. 이들 개별적인 다이어프램들(27)은, 오브젝트 변위 방향(y)에 나란한 방향으로 조명 광 방사 다발(3)내로 삽입 가능하다. 필드 강도 설정 디바이스(24)의 모든 개별적인 다이어프램들(27)은 하나의 그리고 동일한 측으로부터 조명 광 방사 다발(3)내로 삽입될 수 있다.

명세서

청구범위

청구항 1

마이크로리소그래피용 조명 광학소자(26)로서,

- 오브젝트 면(object plane)(17)내에서 조명될 오브젝트 필드(object field)(19)에 조명 광을 가이드하기 위한 광학 조립체(26a)를 포함하고;
- 조명 광학소자(26)는 조명 광 방사 다발(3)을, 오브젝트 필드 조명의 상이한 조명 각도들에 할당되는, 복수의 방사 서브(sub) 다발들(28 내지 30)로 분할하며,

조명 광학소자(26)는, 방사 서브 다발들(28 내지 30) 중 적어도 일부가, 중첩이 일어나는, 오브젝트 면(17)내로 이미징되지 않고 오브젝트 면(17)으로부터 이격되는, 중첩 면(superposition plane)(16)내에서 중첩되도록 구성되고, 중첩된 방사 서브 다발들(28 내지 30)의 에지들(32)이 적어도 부분적으로 일치하도록 구성되는, 마이크로리소그래피용 조명 광학소자(26).

청구항 2

마이크로리소그래피용 조명 광학소자(26)로서,

- 오브젝트 면(17)내에서 조명될 오브젝트 필드(19)에 조명 광을 가이드하기 위한 광학 조립체(26a)를 포함하고;
- 조명 광학소자(26)는, 필드 패킷들(field facets)(7)의 이미지들의 에지들(32)이 중첩 면(16)내에서 적어도 부분적으로 일치하도록, 중첩 면(16)내로 이미징되는 복수의 필드 패킷들(7)을 가진 필드 패킷 미러(field facet mirror)(6)를 포함하며;

그리고 중첩 면(16)은 오브젝트 면(17)으로부터 이격되고 오브젝트 면(17)내로 이미징되지 않는, 마이크로리소그래피용 조명 광학소자(26).

청구항 3

청구항 1 또는 2에 있어서,

강도(intensity) 설정 면으로서 이후에 역할을 하는 중첩 면(16)내에 배열되는 필드 강도 설정 디바이스(24)를 특징으로 하며, 필드 강도 설정 디바이스(24)는 오브젝트 필드(19)를 가로지르는 조명 광의 강도 분포의 조정을 위해 역할을 하고,

중첩된 방사 서브 다발들(28 내지 30)의 에지들(32)은, 그것들이 필드 강도 설정 디바이스(24)에 의해 영향을 받을 수 있는 포인트에서 일치하는, 마이크로리소그래피용 조명 광학소자.

청구항 4

청구항 3에 있어서,

강도 설정 디바이스(24)는, 서로 이웃하여 배열되고, 그곳에 노출되었을 때의 조명 광을 적어도 감쇠시키며, 오브젝트 변위 방향(y)에 나란한 방향으로 조명 광 방사 다발(3)내로 삽입 가능한 복수의 개별적인 다이어프램들(27)을 포함하는 것을 특징으로 하는, 마이크로리소그래피용 조명 광학소자(26).

청구항 5

마이크로리소그래피용 조명 광학소자(26)로서,

- 오브젝트 면(17)내에서 조명될 오브젝트 필드(19)에 조명 광을 가이드하기 위한 광학 조립체(26a);
- 서로 이웃하여 배열되고, 그곳에 노출되었을 때의 조명 광을 적어도 감쇠시키며, 오브젝트 변위 방향(y)에 나란한 방향으로 조명 광 방사 다발(3)내로 삽입 가능한 복수의 개별적인 다이어프램들(27)로 오브젝트 필드(19)

를 가로지르는 강도 분포를 조정하기 위한 필드 강도 설정 디바이스(24)를 포함하며,

필드 강도 설정 디바이스(24)의 모든 개별적인 다이어프램들(27)은 하나의 그리고 동일한 측으로부터 조명 광 방사 다발(3)내로 삽입 가능하고, 이 삽입 배열은 조명 광 방사 다발(3)의 강도가 상기 개별적인 다이어프램들(27)의 삽입 위치들을 규정하는 것에 의해 주어지는 방식으로 분포되거나 균질화될 수 있도록 하는, 마이크로리소그래피용 조명 광학소자(26).

청구항 6

청구항 3에 있어서,

필드 강도 설정 디바이스(24)는, 광학 조립체(26a)의 필드 면과 일치하는 강도 설정 면(16)내에 배열되는 것을 특징으로 하는, 마이크로리소그래피용 조명 광학소자.

청구항 7

청구항 6에 있어서,

오브젝트 면(17)은, 강도 설정 면(16)과 오브젝트 면(17) 사이에 광학 조립체(26a)의 동공 면(pupil plane)이 없도록, 강도 설정 면(16)에 인접되는 것을 특징으로 하는, 마이크로리소그래피용 조명 광학소자.

청구항 8

청구항 7에 있어서,

강도 설정 면(16)과 오브젝트 면(17) 사이의 거리는 5 mm와 20 mm 사이의 범위에 있는 것을 특징으로 하는, 마이크로리소그래피용 조명 광학소자.

청구항 9

청구항 1, 2 및 5 중 어느 한 항에 있어서,

광학 조립체(26a)는, 오브젝트 필드(19)내에서 그 이미지들이 적어도 부분적으로 중첩되는 복수의 필드 패킷들(7)을 가진 필드 패킷 미러(6)를 포함하는 것을 특징으로 하는, 마이크로리소그래피용 조명 광학소자.

청구항 10

청구항 9에 있어서,

필드 패킷들(7)은 오브젝트 필드(19)보다 더 높은 종횡비(x/y)를 갖는 - 비례적으로 말해서, 오브젝트 변위 방향(y)으로 볼 때 그것들이 오브젝트 필드(19)보다 더 좁은 것을 의미하는 - 것을 특징으로 하는, 마이크로리소그래피용 조명 광학소자.

청구항 11

청구항 9에 있어서,

개별적인 다이어프램들(27)을 면하는 조명 광 방사 다발(3)의 에지(32)는, 필드 패킷 미러(6)의 모든 필드 패킷들(7)에 의해 필드 면(16)내에서 조명되는 것을 특징으로 하는, 마이크로리소그래피용 조명 광학소자.

청구항 12

청구항 9에 있어서,

개별적인 다이어프램들(27)을 면하는 조명 광 방사 다발(3)의 에지(32)는, 필드 패킷 미러(6)의 모든 필드 패킷들(7)의 서브그룹(subgroup)에 의해 필드 면(16)내에서 조명되는 것을 특징으로 하는, 마이크로리소그래피용 조명 광학소자.

청구항 13

청구항 12에 있어서,

주어진 분포의 조명 각도들이 상기 서브그룹의 필드 패킷들(7)에 할당되는 것을 특징으로 하는, 마이크로리소그

래피용 조명 광학소자.

청구항 14

청구항 9에 있어서,

광학 조립체(26a)는, 조명 광의 광 경로내의 필드 패킷들(7)에 할당되는 복수의 동공 패킷들(11)을 가진 동공 패킷 미러(10)를 포함하는 것을 특징으로 하는, 마이크로리소그래피용 조명 광학소자.

청구항 15

청구항 14에 있어서,

동공 패킷들(11)은, 강도 설정 면(16)에서의 조명 광의 중첩을 조정하기 위해 틸트 가능한(tiltable) 것을 특징으로 하는, 마이크로리소그래피용 조명 광학소자.

청구항 16

청구항 5에 있어서,

개별적인 다이어프램들(27)은, 적어도 몇몇 부분들에서, 반투과성이거나 투명한 것을 특징으로 하는, 마이크로리소그래피용 조명 광학소자.

청구항 17

청구항 1, 2 및 5 중 어느 한 항에 있어서,

5 nm와 30 nm 사이의 파장을 가진 조명 광을 오브젝트 필드(19)에 가이드하기 위한 것을 특징으로 하는, 마이크로리소그래피용 조명 광학소자.

청구항 18

마이크로리소그래피용 조명 광학소자(26)로서,

- 5 nm와 30 nm 사이의 파장을 가진 조명 광을 오브젝트 면(17)내에서 조명될 오브젝트 필드(19)에 가이드하기 위한 광학 조립체(26a);

- 오브젝트 필드(19)를 가로지르는 조명 광의 강도 분포를 조정하기 위한 필드 강도 설정 디바이스(24)를 포함하고;

- 필드 강도 설정 디바이스(24)는, 조명 광 방사 다발(3)에 수직한, 조명 광에 의해 형성되는 단면에 대해, 필드 강도 설정 디바이스(24)에 대향하는 상기 다발 단면의 에지(33a)가 필드 강도 설정 디바이스(24)의 하류에서 변경되지 않은 채로 남도록 작용하고;

필드 강도 설정 디바이스(24)의 작용은 오브젝트 필드(19)상의 조명 각도와는 독립적인, 마이크로리소그래피용 조명 광학소자(26).

청구항 19

청구항 1, 2 및 5 중 어느 한 항의 마이크로리소그래피용 조명 광학소자 및 광원(2)을 포함하는 조명 시스템.

청구항 20

청구항 19에 있어서,

광원(2)은 EUV 광원인 것을 특징으로 하는, 조명 시스템.

청구항 21

- 청구항 19에 따른 조명 시스템,

- 오브젝트 필드(19)를 이미지 면(21)으로 이미징하기 위한 투영 대물렌즈(20)를 포함하는 투영 노광 장치(1).

청구항 22

- 적어도 부분에 감광 재료의 층이 적용된 웨이퍼(23)를 제공하는 단계;
- 이미징될 구조체들을 포함하는 레티클(reticle)(18)을 제공하는 단계;
- 청구항 21의 투영 노광 장치(1)를 제공하는 단계;
- 레티클(18)의 적어도 일부분을, 투영 노광 장치(1)에 의해 웨이퍼(23)상의 상기 층의 영역으로 투영하는 단계를 포함하는 구조화된 부품 제조 방법.

청구항 23

청구항 22의 방법에 따라 제조된 구조화된 부품.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 마이크로리소그래피(microlithography)용 조명 광학소자(illumination optics)에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 본 발명은 또한, 이러한 타입의 조명 광학소자를 포함하는 조명 시스템, 이러한 타입의 조명 시스템을 포함하는 투영 노광 장치, 구조화된 부품을 제조하는 방법, 이러한 타입의 방법에 따라 제조되는 구조화된 부품에 관한 것이다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0003] 본 발명의 목적은, 조명 각도 분포가 최소의 가능성 있는 정도로 영향 받도록하면서 동시에 조명 광학소자의 크기가 가능한 작은 것을 보장하도록, 오브젝트 필드(object field)를 가로지르는 조명 강도(illumination intensity) 분포에 영향을 주고/주거나 감시하는 것을 가능하게 하도록, 초기에 언급된 타입의 조명 광학소자를 개발하는 것이다.

과제의 해결 수단

[0004] 이러한 목적은,

[0005] - 오브젝트 면(object plane)내에서 조명될 오브젝트 필드에 조명 광을 가이드하기 위한 광학 조립체를 포함하고;

[0006] - 조명 광학소자는 조명 광 방사 다발(illumination light radiation bundle)을, 오브젝트 필드 조명의 상이한 조명 각도들에 할당되는, 복수의 방사 서브(sub) 다발들로 분할하며,

[0007] 조명 광학소자는, 방사 서브 다발들 중 적어도 일부가, 중첩이 일어나는, 오브젝트 면내로 이미징되지 않고 오브젝트 면으로부터 이격되는, 중첩 면(superposition plane)내에서, 중첩되도록 구성되고, 중첩된 방사 서브 다발들의 에지들이 적어도 부분적으로 일치하도록 구성되는, 마이크로리소그래피용 조명 광학소자에 의해서 본 발명에 따라 달성된다.

[0008] 본 발명에 따르면, 오브젝트 면이 조명 광의 방사 서브 다발들의 중첩 면으로부터 공간적으로 분리된다. 오브젝트 면과 중첩 면은 서로에게로 이미징되는 면들을 구성하지 않으며; 오브젝트 면은 따라서 중첩 면에 바로 이웃하도록 배열될 수 있다. 조명 광을 가이드하기 위해 오브젝트 면과 중첩 면의 사이에 광학 부품들이 요구되지 않는다. 중첩 면에 있어서, 예컨대, 센서에 의해 오브젝트 필드를 가로지르는 조명 강도 분포를 감시하기 위해 또는 오브젝트 필드를 가로지르는 조명 강도 분포를 설정하기 위해 디바이스가 배열될 수 있다.

[0009] 이러한 배열은, 상기 디바이스가, 모든 중첩된 방사 서브 다발들, 환언하면 몇몇으로부터 또는 모든 조명 각도들로부터의 방사 서브 다발들이, 동시에 감지될 수 있도록, 방사 서브 다발들의 중첩을 일치시키는 포인트에서, 조명 광과 상호 작용하도록 된 것이다. 요구되는 바와 같이, 조명 광은 따라서, 오브젝트 면으로부터 분리되는 중첩 면에서 감지될 수 있다. 본 발명에 따른 조명 광학소자는, 반드시 필요하지는 않지만, 패시트 미러(facet mirror)를 포함할 수 있다. 허니컴 콘덴서(honeycomb condenser), 예컨대, 즉, 복수의 개별적인 채널들로 분할

되는 트랜스미시브(transmissive) 광학 요소, 및 또는 조명 광 방사 다발을 방사 서브 다발들로 분할하기 위한 적어도 하나의 회절 요소를 사용하는 것도 생각할 수 있다. 본 발명에 따르면, 방사 서브 다발들의 서브 다발 에지 부분들의 부분적인 중첩, 환언하면 일치하는 중첩이 충분하다. 중첩된 방사 서브 다발들의 나머지 서브 다발 에지 부분들은 일치될 필요가 없다; 이들 부분들에 있어서, 수차들은 감내할만 하다. 예컨대, 대략적으로 직사각형의 방사 서브 다발들의 경우에 있어서, 4 서브 다발 에지들 중 하나에서의 중첩이 충분하다. 중첩 면에서의 방사 서브 다발들의 중첩의 포인트에서, 예컨대, 오브젝트 필드 조명에 대한 가치 있는 조명-각도-독립 정보를 그 다음에 제공할 수 있는 조명-각도-독립 부가적 센서 시스템에 대해서 방사를 분리하는 것이 가능하다. 중첩된 방사 서브 다발들의 일치하는 에지 부분들은, 대개 마이크로리소그래피 투영 프로세스 동안에 변위되는 오브젝트의 오브젝트 변위 방향에 수직한 공통 서브 다발 에지 부분을 형성한다. 이러한 타입의 변위는 스캐너로서 설계되는 투영 노광 장치에서 일어난다. 진보적인 조명 광학소자에 의해서, 방사 서브 다발들이 중첩 면내에서 중첩된다.

- [0010] 초기에 지명된 오브젝트는 또한,
- [0011] - 오브젝트 면내에서 조명될 오브젝트 필드에 조명 광을 가이드하기 위한 광학 조립체를 포함하고;
- [0012] - 조명 광학소자는, 필드 패킷들의 이미지들의 에지들이 중첩 면내에서 적어도 부분적으로 일치하도록, 중첩 면내로 이미징되는 복수의 필드 패킷들을 가진 필드 패킷 미러를 포함하며;
- [0013] 그리고 중첩 면은 오브젝트 면으로부터 이격되고 오브젝트 면내로 이미징되지 않는, 마이크로리소그래피용 조명 광학소자에 의해 본 발명에 따라 달성된다.
- [0014] 그 장점들은 이미 앞서 기술될 것들과 동일하다.
- [0015] 오브젝트 필드를 가로지르는 조명 광의 강도 분포의 조정을 위해 역할을 하도록 그리고 강도 설정 면으로서 사용되도록 된, 중첩 면내에 배열된 필드 강도 설정 디바이스에 의한 방사 서브 다발들의 중첩은, 중첩된 방사 서브 다발들의 에지들이 그것들이 필드 강도 설정 디바이스에 의해 영향을 받을 수 있는 포인트에서 일치한다는 점에서, 필드 강도 설정 디바이스의 사실상의 조명-각도-독립 효과를 제공한다. 이러한 경우에, 중첩 면은 강도 설정 면으로서 역할을 한다. 필드 강도 설정 디바이스는 중첩의 그 포인트에서 조명 광 방사 다발의 중첩된 방사 서브 다발들에 영향을 준다. 따라서, 필드 강도 설정 디바이스는 동일한 방식으로 이 포인트에서 중첩되는 모든 방사 서브 다발들에 영향을 준다; 환언하면, 필드 강도 설정 디바이스는 이들 방사 서브 다발들에 관하여 그리고 따라서 이들 방사 버스 다발들에 할당된 조명 각도들에 관하여 독립된 효과를 갖는다. 방사 서브 다발들의 중첩은, 적어도 필드 강도 설정 디바이스가 조명 광 방사 다발에 영향을 주는 포인트에서 일어난다. 대략적으로 직사각형의 방사 서브 다발들의 경우에 있어서, 예컨대, 필드 강도 설정 디바이스에 의해 영향을 받는, 에지에서의 중첩이 충분하다. 물론, 방사 서브 다발들 또는 서브 다발 에지 부분들의 중첩은 필드 강도 설정 디바이스에 의해 영향을 받지 않는 영역들에서 일어날 수도 있다. 필드 강도 설정 디바이스의 조명 각도 영향을 감소시키거나 사실상 회피하기 위한 중첩 면 또는 강도 설정 면내에서의 방사 서브 다발들의 중첩은, 다른 것들 중에서도, 필드 강도 설정 디바이스가 2개의 측으로부터 중첩된 방사 서브 다발들에 영향을 줄 수 있는, 시스템내에 적용될 수 있다. 이것들은 중간 이미지(intermediate image)를 가진 조명 광학 소자 또는 트랜스미션 마스크(transmission mask)를 가진 조명 광학 소자일 수 있다. 필드 강도 설정 디바이스는 오브젝트 면내에서의 조명 광의 강도를 규정한다. 조명 광을 생성하는데 사용되는 광원의 변위는, 만일 있었다면, 필드 강도 설정 디바이스의 효과에 작은 영향만을 가질 것이기 때문에, 필드 강도 설정 디바이스의 영향의 범위내에 있는, 포인트에서의 방사 서브 다발들의 중첩은, 달성될 오브젝트 필드 조명의 증가된 안정성을 또한 가능케 한다. 이것은, EUV 플라즈마 소스가 사용될 때, 특히 유리하다.
- [0016] 서로 이웃하여 배열되고, 그곳에 노출되었을 때의 조명 광을 적어도 감쇠시키며, 오브젝트 변위 방향에 나란한 방향으로 조명 광 방사 다발내로 삽입될 수 있는 복수의 개별적인 다이어프램들 또는 스톱(stop)들을 포함하는 필드 강도 설정 디바이스는, 오브젝트 필드의 오브젝트 필드 높이, 환언하면 오브젝트 변위 방향에 수직한 오브젝트 필드 범위를 가로지르는 강도의 민감한 조정을 제공한다.
- [0017] 본 발명의 다른 목적은, 필드 강도 설정 디바이스의 증가된 개수의 가능성 있는 어플리케이션들을 달성하도록, 초기에 지명된 타입의 조명 광학소자를 개발하는 것이다.
- [0018] 이러한 목적은,
- [0019] - 오브젝트 면내에서 조명될 오브젝트 필드에 조명 광을 가이드하기 위한 광학 조립체;

- [0020] - 서로 이웃하여 배열되고, 그곳에 노출되었을 때의 조명 광을 적어도 약화시키며, 오브젝트 변위 방향에 나란한 방향으로 조명 광 방사 다발내로 삽입 가능한 복수의 개별적인 다이어프램들로 오브젝트 필드를 가로지르는 강도 분포를 조정하기 위한 필드 강도 설정 디바이스를 포함하며,
- [0021] 필드 강도 설정 디바이스의 모든 개별적인 다이어프램들은 하나의 그리고 동일한 측으로부터 조명 광 방사 다발내로 삽입될 수 있는, 마이크로리소그래피용 조명 광학소자에 의해 본 발명에 따라 달성된다.
- [0022] 필드 강도 설정 디바이스의 개별적인 다이어프램들이 일 측으로부터 조명 광 방사 다발내로 모두 삽입될 수 있으면, 필드 강도 설정 디바이스는, 오브젝트 필드가 반사 레티클(reflective reticle)과 같은 반사 오브젝트상에 배열되는 상황까지도 적용될 수 있다는 것이 본 발명에 따라 알게 되었다. 필드 강도 설정 디바이스는 그러면, 조명 광 방사 다발의 반사 광 경로와 간섭하지 않는 방식으로 배열될 수 있다.
- [0023] 광학 조립체의 필드 면과 일치하는, 강도 설정 면내의 필드 강도 설정 디바이스의 배열은, 필드 강도 설정 디바이스의 조명-각도-독립 효과를 다시금 보장할 수 있다. 광학 조립체의 필드 면은, 조명 광 방사 다발이 광학 조립체의 다발-가이드 효과(bundle-guiding effect)로 인해 수축되고, 조명 광 방사 다발이 몇몇의 방사 서브다발들로 분할되면 방사 서브다발들이 중첩되는, 면을 말한다. 광학 조립체의 필드 면은 대개, 광학 조립체의 오브젝트-필드-형성 부품들이 이미징되는 면이다. 이렇더라도, 광학 조립체의 필드 면은 대체로, 마이크로리소그래피 투영 노광 장치의 하류 투영 광학소자에 의해 이미징되고 대개 오브젝트 면이라고 칭해지는, 면과는 위치적으로 독립된다. 모든 종래 기술의 조명 광학소자에 있어서, 광학 조립체의 필드 면은 오브젝트 면과 일치한다. 이것은 진보적인 조명 광학소자의 사례가 아니다. 여기서, 그것은, 광학 조립체의 필드 면내에 배열된 필드 강도 설정 디바이스이고, 이미징될, 대개 레티클인, 오브젝트는 아니다. 종래 기술의 필드 강도 설정 디바이스는 대개, 광학 조립체의 필드 면내에 배열되는 레티클의 상류에 배열되며, 환언하면, 그것들은 이러한 필드 면내에 배열되지 않는다. 따라서, 종래 기술의 강도 설정 디바이스는, 다른 조명 각도들에 할당되는 방사 서브다발들보다는, 특정 조명 각도들에 할당되는 조명 광 방사 다발의 방사 서브다발들에 더 큰 영향을 갖는다; 종래 기술의 필드 강도 설정 디바이스는 따라서 오브젝트 필드를 가로지르는 바람직하지 않은 조명-각도-중속 효과를 갖는다. 이러한 문제는, 발명자들에 의해 인식되었고 광학 조립체의 필드 면내에 필드 강도 설정 디바이스를 배열하는 것에 의해 제거되었다. 놀랍게도, 이것은 어떠한 문제도 없이 오브젝트가 광학 조립체의 필드 면 밖으로 이동될 수 있게 한다. 이것은 특히, 조명 광학소자를 포함하는, 투영 노광 장치가 스캐닝 장치로서 설계되면, 적용된다. 게다가, 이것은 특히, 오브젝트 필드의 조명이, 0.1 이하인, 조명 광 방사 다발의 개구수를 사용하여 수행되면, 적용된다.
- [0024] 강도 설정 면과 오브젝트 면 사이에 광학 조립체의 동공 면이 없도록, 오브젝트 면이 강도 설정 면에 인접되는 배열은 특히 소형이다.
- [0025] 강도 설정 면과 오브젝트 면 사이의 거리가 5 mm와 20 mm 사이의 범위에 있는 배열은, 공간적인 상충 또는 투입 오류, 환언하면 오브젝트 필드에 들어가는 조명 강도내에서의 원치 않는 수차를 방지한다. 바람직한 거리는, 10 mm와 20 mm 사이의 범위내, 특히 15 mm 또는 16 mm의 범위내이다.
- [0026] 광학 조립체가, 이미지들이 적어도 부분적으로 오브젝트 필드내에서 중첩되는 복수의 필드 패킷들을 가진 필드 패킷 미러를 포함하는, 배열은, 오브젝트 필드의 조명의 조명 각도 분포의 용이한 제어를 가능케 한다.
- [0027] 부분적인 필드들, 환언하면 조명 광학소자의 광학 조립체의 오브젝트-필드-형성 부품들의 이미지들이, 조명 각도 분포상의 피드백이 최소화되도록, 배열되는, 광학 조립체의, 다이어프램 면(diaphragm plane)으로도 칭해지는, 필드 면내에서 오브젝트가 배치되지 않는 패킷으로 인해, 오브젝트 면내에서의 또는 레티클 면내에서의 필드 패킷 이미지들을 확산시킨 결과로서, 필드 패킷들이 오브젝트 필드보다 더 높은 x/y 중형비를 갖도록 된 - 비례적으로 말해서, 그것들이 오브젝트 변위 방향으로 볼 때 오브젝트 필드보다 더 좁은 것을 의미하는 - 필드 패킷들의 구성은 오브젝트 필드의 과노출을 회피할 수 있다.
- [0028] 개별적인 다이어프램들을 면하는 조명 광 방사 다발의 에지가, 필드 패킷 미러의 모든 필드 패킷들에 의해 조명되는 배열은, 모든 필드 패킷 이미지들에 대한 필드 강도 설정 디바이스의 상대적으로 균질의 영향을 보장하며, 따라서, 필드 강도 설정 디바이스의 사용 동안에 조명 각도 분포상의 원치 않는 효과를 회피한다. 필드 패킷들의 예리한 이미지들이 강도 설정 내에서 생성되는 한, 이것은 특히 높은 시스템 안정성을 보장하며, 특히, 조명 광의 광원의 공간적인 변위가 더 또는 덜 문제가 없다. 이것은, 광원이 EUV 플라즈마 소스일 때, 특히 유리하다.
- [0029] 개별적인 다이어프램들을 면하는 조명 광 방사 다발의 에지가 필드 패킷 미러의 모든 필드 패킷들의 서브그룹

(subgroup)에 의해 필드 면내에서 조명되는, 배열은, 개별적인 다이아프램들을 면하는 필드 면내에서의 조명 광 방사 다발의 에지에서의 필드 패킷 이미지들의 일치가 모든 필드 패킷 이미지들에 대해서 달성되지 않을지라도, 필드 강도 설정 디바이스의 조명-각도-독립 효과를 보장한다.

[0030] 서브그룹의 필드 패킷들에 대한 조명 각도들의 주어진 분포의 할당은, 개별적인 다이아프램들을 면하는 필드 면내에서의 조명 광 방사 다발의 에지에서의 완전한 중첩이 전혀 또는 소수의 범위로만 달성될 수 있지 않는, 그 경우들에서 필드 강도 설정 디바이스의 조명 각도 독립을 향상시킨다. 조명 각도들의 규정된 분포는 예를 들어 통계 함수에 의해 생성될 수 있다. 이것은 강도 설정 디바이스의 조명 각도 독립만을 보장하지 않고 조명 각도들에 대한 규정된 영향도 보장한다.

[0031] 조명 광의 광 경로내의 필드 패킷들에 할당되는 복수의 동공 패킷들을 가진 동공 패킷 미러는 오브젝트 필드를 가로지르는 조명 각도 분포의 용이한 제어를 가능케 한다.

[0032] 강도 설정 면내의 조명 광의 중점을 조정하기 위해 틸트 가능한(tiltable) 동공 패킷들은, 필드 강도 설정 디바이스의 영향의 범위내인 영역내에서의 이들 방사 서브 다발들의 서브위치(subposition)를 최적화하기 위해, 조명 광 방사 다발의 개별적인 방사 서브 다발들로 하여금 강도 설정 면내에서 선택적으로 변위되고 배향될 수 있게 한다.

[0033] 적어도 몇몇의 부분들에서, 적어도 부분적으로 투명한 개별적인 다이아프램들은, 개별적인 다이아프램들의 변위에 관하여 그리고 조명 광 방사 다발에 대한 필드 강도 설정 디바이스의 위치의 변화에 관하여 필드 강도 설정 디바이스의 강도 효과의 감도를 향상시킨다.

[0034] 5 nm와 30 nm 사이의 파장을 가진 EUV 조명 광을 오브젝트 필드에 가이드하기 위한 조명 광학소자를 사용할 때에, 앞서 기술된 장점들은 더욱 더 명백해진다.

[0035] 초기에 지명된 목적은 또한,

[0036] - 5 nm와 30 nm 사이의 파장을 가진 조명 광을 오브젝트 면내에서 조명될 오브젝트 필드에 가이드하기 위한 광학 조립체;

[0037] - 오브젝트 필드를 가로지르는 조명 광의 강도 분포를 조정하기 위한 필드 강도 설정 디바이스를 포함하고;

[0038] - 필드 강도 설정 디바이스는, 조명 광 방사 다발에 수직하고 조명 광에 의해 형성되는, 단면에 대해, 필드 강도 설정 디바이스에 대향하는 상기 다발 단면의 에지가 필드 강도 설정 디바이스의 하류에서 변경되지 않은 채로 남도록 작용하고;

[0039] 필드 강도 설정 디바이스의 작용은 오브젝트 필드상의 조명 각도와는 독립적인, 마이크로리소그래피용 조명 광학소자에 의해 본 발명에 따라 달성된다.

[0040] 그 장점들은 이미 앞서 기술된 것들과 동일하다.

[0041] - 적어도 부분에 감광 재료의 층이 적용된, 웨이퍼를 제공하는 단계;

[0042] - 이미징될 구조체들을 포함하는 레티클을 제공하는 단계;

[0043] - 본 발명에 따른 투영 노광 장치를 제공하는 단계; 및

[0044] - 레티클의 적어도 일부분을 투영 노광 장치에 의해 웨이퍼상의 상기 층의 영역으로 투영하는 단계를 포함하는 구조화된 부품을 제조하는 방법과 더불어 그러한 방식으로 제조된 부품의, 이미지 면내로 오브젝트 필드를 이미징하기 위한 투영 대물렌즈와 본 발명에 따른 조명 시스템을 포함하는 투영 노광 장치의, 광원 및 본 발명에 따른 조명 광학소자를 포함하는 조명 시스템 장점들은, 조명 광학소자를 참조하여 앞서 기술된 것들과 동일하다. 광원은, 특히, 5 nm와 30 nm 사이의 범위의 유용한 광의 파장을 가진 EUV 광원일 수 있다. 투영 노광 장치는, 마이크로구조의(microstructured) 또는 나노구조의(nanostructured) 부품의 리소그래피 제조를 위해 사용된다.

[0045] 본 발명의 실시예들이 이하에서 도면에 의해 더욱 상세히 설명될 것이다.

발명의 효과

[0046] 본 발명은, 조명 각도 분포가 최소의 가능성 있는 정도로 영향 받도록 하면서 동시에 조명 광학소자의 크기가 가능한 작은 것을 보장하도록, 오브젝트 필드를 가로지르는 조명 강도 분포에 영향을 주고/주거나 감시하는 것을 가능하게 하도록, 초기에 언급된 타입의 조명 광학소자를 개발할 수 있다.

도면의 간단한 설명

- [0047] 도 1은 마이크로리소그래피용 투영 노광 장치를 통하는, 조명 광학소자에 대한, 자오 단면의 개략도를 도시한다;
- 도 2는 레티클 면의 부근에서의 도 1의 확대된 단면도를 도시한다;
- 도 3은 도 2에서의 방향 III로부터 투영 노광 장치의 필드 강도 설정 디바이스의 도를 도시한다;
- 도 4는 도 1에 따른 투영 노광 장치의 조명 광학소자의 필드 패킷 미러의 패킷 배열의 도를 도시한다;
- 도 5는 도 1에 따른 투영 노광 장치의 조명 광학소자의 동공 패킷 미러의 패킷 배열의 도를 도시한다;
- 도 6은 필드 패킷 미러의 다른 실시예의 패킷 배열의, 도 4에 유사한, 예시도를 도시한다;
- 도 7은, 각각의 경우에 특정 조명 각도들로 할당된, 3개의 선택된 방사 서브 다발들에 대한 레티클 면과 조명 광학소자의 동공 면 사이의 조명 광학소자를 통하는 광 경로의 개략도를 도시한다;
- 도 8은 도 4에 따른 필드 패킷 미러의 일 실시예의 필드 패킷을 도시한다;
- 도 9는 도 4에 따른 필드 패킷 미러의 다른 실시예의 필드 패킷을 도시한다;
- 도 10은, 도 7의 예시에 따른 상이한 조명 각도들에 할당된 3개의 방사 서브 다발들의 중첩을 필드 강도 설정 디바이스의 면내에서 대안적인 조명 설정에서 도시한다;
- 도 11 내지 16은, 제1 조명 기하학적 구조에서 필드 강도 설정 디바이스에 의한 (백분율의) 감쇠 함수로서의 레티클의 조명의 조명 파라미터들에 대한 도표들을 도시한다; 그리고
- 도 17 내지 22는, 필드 강도 설정 디바이스의 감쇠에 의해 유발되는 이들 조명 파라미터들의 변화를 최소화하도록 최적화되는 다른 조명 기하학적 구조에서의 동일한 조명 파라미터들에 대한 도표들을 도시한다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0048] 마이크로리소그래피용 투영 노광 장치(1)는, 마이크로구조의 또는 나노구조의 전자 반도체 부품을 제조하는 데 쓸모가 있다. 광원(2)은, 예컨대, 5 nm와 30 nm 사이의 파장 범위내의 EUV 방사를 방출한다. 투영 노광 장치(1)에 있어서, 유용한 방사의 다발(3)은 조명 및 투영을 위해 쓸모가 있다. 광원(2)의 하류에서, 유용한 방사의 다발(3)은 초기에, 예컨대, 종래 기술의 다수의 셸(shell) 구조를 가진 네스트화된 컬렉터(nested collector)일 수 있는 컬렉터(4)를 관통한다. 컬렉터(4)의 하류에서, 유용한 방사의 다발(3)은 초기에, 입자들 또는 방사의 원치 않는 부분들을 유용한 방사의 다발(3)로부터의 분리하는데 사용될 수 있는 중간 초점 면(intermediate focal plane)(5)을 관통한다. 중간 초점 면(5)을 관통하고 나면, 유용한 방사의 다발(3)은 초기에 필드 패킷 미러(6)를 타격한다.
- [0049] 도면은, 각각의 경우에서 위치적인 관계의 설명을 촉진하기 위해 xyz 좌표계를 포함한다. 도 1에 있어서, x-축은 그에 수직한 상기한 면내로 연장한다. y-축은 도 1에서 좌측을 향해 연장한다. z-축은 도 1에서 상향 연장한다.
- [0050] 도 4는, 필드 패킷 미러(6)의 필드 패킷들(7)의 패킷 배열을, 예시로서, 도시한다. 필드 패킷들(7)은 직사각형이고 각각의 경우에서 동일한 x/y 종횡비를 갖는다. 필드 패킷들(7)은 필드 패킷 미러(6)의 반사 표면을 규정하고, 각각의 경우에서 6개의 필드 패킷 그룹들(8)의 4개의 칼럼(column)들로 배열된다. 필드 패킷 그룹들(8)은 대개 각각의 경우에서 7개의 필드 패킷들(7)을 포함한다. 2개의 중앙의 필드 패킷 칼럼들내에 포함되는, 에지에 가까운 2개의 필드 패킷 그룹들(8)은, 각각의 경우에 4개의 추가적인 필드 패킷들(7)을 포함하고 따라서 총 11개의 필드 패킷들(7)을 포함한다. 2개의 중앙 패킷 칼럼들의 사이에서 그리고 제3 및 제4 패킷 로우(row)의 사이에서, 필드 패킷 미러(6)의 패킷 배열은, 필드 패킷 미러(6)가 컬렉터(4)의 지지 스포크(spoke)들에 의해 그늘지는, 갭(gap)들(9)을 갖는다.
- [0051] 필드 패킷 미러(6)에서 반사되고 나면, 개별적인 패킷들(7)에 할당되는 방사 서브 다발들로 분할된, 유용한 방사의 다발(3)은 동공 패킷 미러(10)를 타격한다.
- [0052] 도 5는, 예시로서, 동공 패킷 미러(10)의 동근 동공 패킷들(11)의 패킷 배열을 도시한다. 동공 패킷들(11)은 중앙(12)을 에워싸도록 하는 것과 같이 하나의 내측에 또 하나가 배열되는 패킷 링들로 배열된다. 필드 패킷들

(7) 중 하나에 의해 반사되는, 유용한 방사의 다발(3)의 방사 서브다발들의 각각은, 필드 패킷들(7) 중 하나와 동공 패킷들(11) 중 하나를 포함하는, 각각 노출된 패킷들의 쌍이, 유용한 방사의 다발(3)의 할당된 방사 다발에 대한 하나의 방사 가이드 채널을 규정하도록, 동공 패킷(11)에 할당된다. 동공 패킷들(11)과 필드 패킷들(7) 사이의 채널 할당은 투영 노광 장치(1)에 의해 요구되는 조명에 종속적으로 일어난다. 특정 동공 패킷들(11)에 대한 액세스를 부여하기 위해, 필드 패킷들(7)은 한편으로는 x-축에 대해 그리고 다른편으로는 y-축에 대해 개별적으로 틸트(tilt)된다.

[0053] 동공 패킷 미러(10) 및 3개의 EUV 미러들(12, 13, 14)을 포함하는 하류의 트랜스미션 광학소자(15)는, 필드 패킷들(7)을 투영 노광 장치(1)의 필드 면(16)내로 이미징하는 역할을 한다. EUV 미러(14)는 그레이징 입사 미러(grazing incidence mirror)이다. 레티클 면(17)은, z-방향으로 봤을 때, 대략 5 mm 내지 20 mm의 거리에서 필드 면(16)의 하류에 배치되고, 레티클 면(17)은, 유용한 방사의 다발(3)에 의해, 투영 노광 장치(1)의 하류의 투영 광학소자(20)의 오브젝트 필드(19)와 일치하는 조명 영역을 조명하는, 레티클(18)이 배열된다. 투영 노광 장치(1)에 있어서, 필드 패킷들(7)이 트랜스미션 광학소자(15)에 의해 패킷 이미지들을 형성하도록 이미징되는 필드 면(16)은, 투영 광학소자(20)의 오브젝트 면을 동시에 형성하는 레티클 면(17)과 일치하지 않는다. 유용한 방사의 다발(3)은 레티클(18)에 의해 반사된다.

[0054] 투영 광학소자(20)는 레티클 면(17)의 오브젝트 필드(19)를 이미지 면(22)의 이미지 필드(21)내로 이미징한다. 이러한 이미지 면(22)에, 투영 노광 장치(1)에 의한 투영 노광 동안에 광에 노출되는 감광층을 반송하는 웨이퍼(23)가 배열된다. 투영 노광 동안에, 레티클(18)과 더불어 웨이퍼(23)의 양쪽은 동기 방식으로 y-방향으로 스캔된다. 투영 노광 장치(1)는 스캐너이다. 스캐닝 방향은 이하 오브젝트 변위 방향으로서도 칭해진다.

[0055] 필드 면(16)에, 이하 더욱 상세히 설명될 필드 강도 설정 디바이스(24)가 배열된다. 필드 강도 설정 디바이스(24)는 스캔-통합 강도 분포, 환언하면 오브젝트 필드(19)를 가로지르는, y-방향으로 통합된 강도 분포를 규정하는 역할을 한다. 따라서, 필드 면(16)은 동시에 조명 광학소자(26)의 강도 설정 면이다. 필드 강도 설정 디바이스(24)는 제어 디바이스(25)에 의해 작동된다.

[0056] 필드 패킷 미러(6), 동공 패킷 미러(10), 트랜스미션 광학 소자(15)의 미러들(12 내지 14)과 더불어 필드 강도 설정 디바이스(24)는, 투영 노광 장치(1)의 조명 광학소자(26)의 부품들이다. 부품들(6, 10, 12, 13, 14)은 유용한 방사의 다발(3)을 가이드하기 위한 조명 광학소자(26)의 광학 조립체(26a)를 형성한다.

[0057] 필드 면(16)과 레티클 면(17) 사이에는 광학 조립체(26a)의 동공 면이 없다.

[0058] 도 2 및 3은, 필드 강도 설정 디바이스(24)의 더욱 상세한 예시를 도시한다. 필드 강도 설정 디바이스(24)는, 서로 이웃하여 배열되는, 복수의 개별적인 핑거형(finger-like) 다이어프램(diaphragm)(27)을 갖는다. 도 2 및 3에 따른 실시예에 있어서, 각 경우에 4 mm의 폭을 가진 총 26개의 개별적인 다이어프램(27)이 있다. 이들 개별적인 다이어프램들(27)은 서로 바로 이웃하거나 서로 부분적으로 겹쳐 배열된다. 그것들이 서로 부분적으로 겹치면, 개별적인 다이어프램들(27)의 이웃들은, 서로 가능한 가까운, 면들내에서 조명 광 방사 다발(3)의 빔 방향에 수직하게 배치될 필요가 있다.

[0059] 모든 개별적인 다이어프램들(27)은, 하나의 그리고 동일한 측으로부터 유용한 방사의 다발(3)내로 삽입된다.

[0060] 제어 디바이스(25)는, 개별적인 다이어프램들(27)로 하여금 y-방향을 따라 주어진 위치에서 서로 독립적으로 놓일 수 있게 한다. 오브젝트 필드(19)를 통과하는 레티클(18)상의 오브젝트 포인트의 필드 높이, 환언하면 x-방향에 따라서, y-방향의 이러한 오브젝트 포인트의 스캐닝 경로, 및 따라서 이러한 오브젝트 포인트가 노출되는 유용한 방사의 통합된 강도는, 개개의 개별적인 다이어프램(27)의 y-위치에 의해 결정된다. 이러한 식으로, 레티클(18)이 노출되는 유용한 방사의 강도는, 개별적인 다이어프램(27)의 y-위치들을 규정하는 것에 의해 주어진 방식으로 균질화 또는 분포될 수 있다. 필드 강도 설정 디바이스(24)는 또한 UNICOM으로 칭해진다.

[0061] 도 6은 필드 패킷 미러(6)의 다른 실시예를 도시한다. 도 4에 따른 필드 패킷 미러를 참조하여 앞서 설명된 것들과 등가인 부품들은 동일한 참조 번호를 갖고, 그것들이 도 4에 따른 필드 패킷 미러(6)의 부품들과 상이할 경우에만 설명된다. 도 6에 따른 필드 패킷 미러는 굴곡진 필드 패킷들(7)을 가진 필드 패킷 배열을 갖는다. 이들 필드 패킷들(7)은, 각 경우에 복수의 필드 패킷 그룹들(8)이 있는 총 5 칼럼들로 배열된다. 필드 패킷 배열은, 필드 패킷 미러의 캐리어 판(carrier plate)(9a)의 원형 경계내에서 내접한다.

[0062] 도 6에 따른 실시예의 필드 패킷들(7)은, 도 4에 따른 실시예의 필드 패킷들(7)의 x/y 중첩비에 대응하는, 폭(x-방향의) 대 높이(y-방향의)의 동일한 비율 및 동일한 표면적을 각 경우에 갖는다.

- [0063] 필드 강도 설정 디바이스(24)는, 오브젝트 필드(19)의 조명 각도 분포에 거의 영향을 갖지 않는 강도 효과를 갖는다. 이것은 이하 도 7에 의해 설명될 것이다. 도면은, 동공 패킷 미러(10)가 배열되는, 동공 면(31)으로부터 필드 면(16)을 가로질러 레티클 면(17)까지의, 3개의 방사 서브 다발들(28, 29, 30)의 경로를 개략적으로 예시한다. 실제로는 3개의 방사 서브 다발들(28, 29, 30)의 광 경로내에 연속적으로 배열되는 면들(31, 16, 17)이, 예시의 목적을 위해 도 7에서 서로 이웃하여 도시된다. 하기는, 도 4에 따른 필드 패킷 미러(6)의 필드 패킷들(7)이 완전하게 일치하는 방식으로 필드 면(16)내로 이미징되는, 이상화된 가정에 기반한다. 필드 면(16)내의 유용한 방사의 다발(3)의 에지 경계는 따라서, 필드 패킷들(7) 중 하나의 단일 이미지와 x-방향과 y-방향의 양쪽으로 동일한 범위를 갖는다. 따라서, 그러한 완전한 중첩의 경우에는, 유용한 방사의 다발(3)은, 필드 패킷들(7)의 x/y 중첩비와 완전하게 동등한 x/y 중첩비를 갖는다. 필드 면(16)의 상이한 조명 방향들로 할당되는 그리고 따라서 방사 서브 다발들(28 내지 30)도 포함하는 모든 방사 서브 다발들(28)은, 그것들의 전체 단면을 가로질러 필드 면(16)내에서 일치한다. 특히, 개별적인 다이어프램들(27)을 면하는 유용한 방사의 다발(3)의 에지(32)는 동시에 3개의 방사 서브 다발들(28 내지 30)의 전체에 의해 형성되고 조명된다. 따라서, 에지(32)로부터 유용한 방사의 다발(3)을 커버하는, 개별적인 다이어프램들(27)은, 정확히 동일한, 전체 방사 서브 다발들(28 내지 30)상에, 환언하면 조명-각도-독립, 강도 효과를 갖는다. 방사 서브 다발들(28 내지 30)에 대해서, 이것은, 일측에서 활성인 직사각형 그늘에 의해, 도 7의 우측에서 동공 면(31)내에 개략적으로 표시된다. 동공 면(31)내의 이들 그늘들은 실제 다이어프램들이 되지는 않는다.
- [0064] 필드 패킷 면(16)내의 필드 패킷 이미지들은, 앞서의 설명에 따른 조명-각도-독립 효과를 갖기 위해 필드 강도 설정 디바이스(24)에 대해, x-방향으로, 환언하면 스캐닝 방향에 수직하게 완전히 일치될 필요가 없다; 사실, 필드 패킷 이미지들은 서로에 관하여 특정한 오프셋(offset)에서 매우 잘 배열될 수 있다. 필드 패킷 면(16)내의 필드 패킷 이미지들이 x-방향에서까지도 잘 일치하면, 이것은 유용한 방사를 분리시키는 것에 의해 강도 검출을 위해 사용될 수 있다.
- [0065] z-방향으로 봤을 때, 필드 면(16) 뒤의 예컨대 20 mm에서 유용한 방사의 다발(3)의 광 경로에 배열되는, 레티클 면(17)에 있어서, 3개의 방사 서브 다발들(28 내지 30)은, 예컨대, 방사 서브 다발들(28)이 오브젝트 필드(19)의 중앙에서 방사 서브 다발(29)을 넘어 그리고 y-방향으로 상향하여 약간 돌출하고, 방사 서브 다발(30)이 y-방향으로 하향하여 방사 서브 다발(29)을 넘어 약간 돌출하는 방식으로, 특히 y-방향으로 약간 확산된다. 레티클이 y-방향으로 오브젝트 필드(19)에 의해 스캔됨에 따라, 레티클은 3개의 방사 서브 다발들(28 내지 30)의 스캔-통합된 전체를 그것의 전체 범위까지 본다; 따라서, 레티클 면(17)에서 개개의 방사 서브 다발들(28 내지 30) 사이의 언급된 y-오프셋은 어떠한 부정적인 효과도 갖지 않는다.
- [0066] 필드 패킷들(7)의 주어진 x/y 중첩비에 비교하여, 오브젝트 필드(19)의 x/y 중첩비는, 방사 서브 다발들(28 내지 30)의 상이한 y-오프셋으로 인해 더 작다.
- [0067] 도 8은 필드 면(16)내의 주어진 x/y 중첩비에 대응하는 x/y 중첩비를 가진 도 4에 따른 필드 패킷 미러(6)의 직사각형 필드 패킷(7)을 도시한다. 주어진 x/y 중첩비가 필드 면(16)내에서 생성되지 않고 레티클 면(17)내에서 생성되게 되면, 필드 패킷 미러(6)는, x/y 중첩비가 오브젝트 필드(19)의 x/y 중첩비보다 더 큰, 필드 패킷들(33)을 포함하는 필드 패킷 미러(6)가 사용될 필요가 있다. 따라서, 필드 패킷 미러(6)는, 필드 패킷들(33)이 y-방향으로 더 좁은 필드 패킷 미러(6)가 실제 사용될 필요가 있다(도 9 참조). 필드 패킷들의 y-확장(y_{33})은 따라서 필드 패킷들(7)의 y-확장(y_7)보다 더 작다.
- [0068] 실제, 개별적인 채널들에 할당된, 방사 서브 다발들의 필드 면(16)내에서의 중첩은, 복수의 이미징 효과들로 인해 도 7에서 도시된 완전한 중첩으로부터 벗어난다. 이것들은 수많은 원인들을 가질 수 있다.
- [0069] 그 중 첫 번째는, 필드 패킷 미러(10)의 조명 기하학적 구조에 의해 유발되는 필드 패킷들(7)의 상호 섀도잉(mutual shadowing)이 필드 면(16)내에서 필드 패킷들(7)의 개별적으로 형성된 이미지들을 초래할 수 있다.
- [0070] 또한, 트랜스미션 광학소자(15)는, 각각 관찰된 방사 다발에 따라, 상이한 채널들, 환언하면 상이한 방사 서브 다발들에 대해서 상이한 이미징 스케일들을 가질 수 있다. 마찬가지로, 이들 상이한 이미징 스케일들도, 완전한 중첩으로부터 벗어나는 필드 면(16)내에서의 방사 다발의 중첩을 초래한다.
- [0071] 필드 패킷들(7)의 개개의 경사에 따라, 개별적인 패킷 크기를 가진 패킷 투영이, 유용한 방사의 다발(3)에 의한 노출의 방향에 수직하게 획득된다. 이것은 필드 면(16)내에서의 중첩에도 영향을 갖는다.
- [0072] 필드 면(16)내에서의 불완전한 중첩에 대한 다른 이유는, 그레이징 입사 마리(14)로 인해서, 필드 면(16)내에서

겹쳐질 방사 서브 다발들이 상이한 곡률을 가질 수 있다는 점에 달려 있다.

[0073] 필드 면(16)내에서의 중첩이 완전하지 않은 경우에 있어서, 조명 광학소자(26)는 따라서, 개개의 필드 패킷들(7)을 이미징하는, 개별적인 방사 서브 다발들이, 개별적인 다이어프램들(27)을 면하는 에지(32)의 영역에서 최선의 가능성 있는 방식으로 일치하도록, 조정된다. 이것은, 도 10에 개략적으로 예시된다. 에지(33)에 대향하는 에지(33a)에서 방사 서브 다발들의 불완전한 중첩은, 그것들이 y-방향으로 서로로부터 벗어나는 개별적인 방사 서브 다발들의 경계들(34, 35)에 의해 표시되는 바와 같이, 허용될 수 있다.

[0074] 최악의 경우에 있어서, 방사 서브 다발들의 완전한 중첩은 적어도 개별적인 다이어프램들(27)을 면하는 에지(32)에서조차도 달성될 수 없다. 이것은, 에지(32)에서 일치하는, 방사 서브 다발들이 예를 들어 상이하게 굴곡진 에지들을 갖는 경우이다. 이러한 경우에 있어서, 조명 광학소자는, 조명 각도들에 대한 필드 강도 설정 디바이스(24)의 영향을 최소화하도록 하는 방식으로, 특정 동공 패킷들(11)을 틸트시키는 것에 의해 조정될 필요가 있다.

[0075] 이것은 이하에서 도 11 내지 22에 의해 설명될 것이다. 도 11 내지 16은 조명 광학소자(26)에 의해 생성되는 방사 서브 다발들의 비-최적화된 중첩의 경우에 오브젝트 필드(19)에서의 조명 파라미터들을 도시하고, 도 17 내지 22는 방사 서브 다발들의 대응하게 최적화된 중첩의 경우에 동일한 조명 파라미터들을 도시한다.

[0076] 하기에서 논의되는 광학 조명 파라미터들은, 효과 없는 필드 강도 설정 디바이스($I_{rel} = 1$)에 의한 초기 값의 배리에이션들(variations)인, 텔레센트리시티(telecentricity) 값들 t_x , t_y 과 더불어, 타원율 값들의 대응하는 배리에이션들 ΔE 와 더불어 오브젝트 필드(19)에서 발생하는 그것들의 최대 값들 $\max(\Delta t)$, $\max(\Delta E)$ 이다.

[0077] t_x 및 t_y 는 하기와 같다:

[0078] 조명 오브젝트 필드(19)의 각각의 필드 포인트에서, 이러한 필드 포인트에 할당되는 광 다발의 중심 빔이 규정된다. 중심 빔은 이러한 필드 포인트에 의해서 방출되는 광 다발의 에너지-웨이트드(energy-weighted) 방향을 갖는다. 이상적인 경우에 있어서, 각각의 필드 포인트의 중심 빔은 조명 광학소자(26) 또는 투영 광학소자(20)에 의해 규정되는 주요한 빔에 나란하다.

[0079] 중심 빔의 방향 $\vec{s}_0(x, y)$ 은 조명 광학소자(26) 또는 투영 광학소자(20)의 설계 데이터로 인해 알려져 있다. 필드 포인트에서의 주요한 빔은, 투영 광학소자(20)의 입사동(entrance pupil)의 중앙과 필드 포인트 사이에서 연결 라인에 의해 규정된다. 오브젝트 필드(19)내의 필드 포인트 x , y 에서의 중심 빔의 방향은 하기와 같이 획득된다:

$$\vec{s}(x, y) = \frac{1}{\tilde{E}(x, y)} \int dudv \begin{pmatrix} u \\ v \end{pmatrix} E(u, v, x, y)$$

[0080]

[0081] $E(u, v, x, y)$ 는, 동공 좌표 u , v 의 함수로서, 환언하면, 개개의 필드 포인트 x , y 에 의해 보여지는 조명 각도의 함수로서, 필드 포인트 x , y 에 대한 에너지 분포이다.

[0082] $\tilde{E}(x, y) = \int dudv E(u, v, x, y)$ 는, 포인트 x , y 가 노출되는 총 에너지이다.

[0083] 예를 들어, 중심 오브젝트 필드 포인트 x_0 , y_0 는, 개개의 동공 패킷들(11)의 위치에 의해 규정되는, 방향들 u , v 로부터 부분적인 방사 서브 다발들의 방사를 본다. 이러한 조명 설정에서, 동공 패킷들(11)에 할당되는, 부분적인 방사 서브 다발들의 상이한 에너지들 또는 강도들이 각각 조합하여, 전체 동공 패킷들(11)에 걸쳐 통합되는 그리고 주요한 빔 방향에 나란한 중심 빔 방향을 형성하는 경우에만, 중심 빔 \vec{s} 가 주요한 빔을 따라 연장한다. 이것은 이상적인 환경에서만 달성될 수 있다. 실제로는, 중심 빔 방향 $\vec{s}(x, y)$ 와 텔레센트리시티 오류 $\vec{t}(x, y)$ 로 칭해지는 주요한 빔 방향 $\vec{s}_0(x, y)$ 의 사이에 일탈이 있다.

$$\vec{t}(x, y) = \vec{s}(x, y) - \vec{s}_0(x, y)$$

[0084]

[0085] 투영 노광 장치(1)의 실제적인 사용에 있어서, 교정되어야할 것은 특정 오브젝트 필드에서의 정적 텔레센트리시

티 오류가 아니고 $x = x_0$ 에서의 스캔-통합된 텔레센트리시티 오류이다. 이러한 텔레센트리시티 오류는 하기와 같이 획득된다:

$$\vec{T}(x_0) = \frac{\int dy \vec{E}(x_0, y) \vec{I}(x_0, y)}{\int dy \vec{E}(x_0, y)}$$

[0086]

그 결과로서, 스캐닝 프로세스 동안에 레티클 면(17)내에서 오브젝트 필드를 통해 이동하는 레티클(18)상의 포인트(x , 예컨대, x_0)에 의해 통합되는 텔레센트리시티 오류가 교정되며, x -텔레센트리시티 오류(T_x)와 y -텔레센트리시티 오류(T_y) 사이에 차이가 만들어진다. y -텔레센트리시티 오류는, 스캐닝 방향에 수직인 주요한 빔으로부터의 중심 빔의 이탈로서 규정된다. x -텔레센트리시티 오류는 스캐닝 방향내의 주요한 빔으로부터의 중심 빔의 이탈로서 규정된다.

[0088]

타원율은, 레티클 면(17)내에서 오브젝트 필드(19)의 조명의 품질을 결정하기 위한 다른 파라미터이다. 타원율의 결정은, 투영 광학소자(20)의 입사동을 가로지르는, 에너지 또는 강도의 분포에 관하여 각각 더욱 정확한 정보를 획득하는데 도움을 준다. 이 목적을 달성하기 위해, 입사동은, 수학적으로 상식이듯이, 0_1 로부터 0_8 까지의 반시계 반향으로 번호가 주어진 8 분원들로 분할된다. 필드 포인트를 조명하기 위한 입사동의 8 분원들 0_1 내지 0_8 에 의해 각각 전해지는 에너지 또는 강도의 분포는, 이하, 에너지 또는 강도 분포, 각각, I_1 내지 I_8 로 칭해진다.

[0089]

하기의 양은 $-45^\circ / 45^\circ$ - 타원율(E_{11y} , $E_{-45^\circ / +45^\circ}$, E_{45})로 칭해진다:

$$E_{-45/45} = \frac{I_1 + I_2 + I_5 + I_6}{I_3 + I_4 + I_7 + I_8}.$$

[0090]

하기의 양은 $0^\circ / 90^\circ$ - 타원율(E_{11y} , $E_{0^\circ / 90^\circ}$, E_{90})로 칭해진다:

$$E_{0/90} = \frac{I_1 + I_8 + I_4 + I_5}{I_2 + I_3 + I_6 + I_7}.$$

[0092]

마찬가지로, 특정 오브젝트 필드 포인트 x_0 , y_0 에 대한 또는 심지어 스캔-통합된 조명($x = x_0$, y -통합)에 대한 타원율은 또한, 텔레센트리시티 오류에 관한 상기한 설명에 따라서 결정될 수 있다. 도 11은, 이러한 필드 높이에서 할당된 개별적인 다이어프램(27)에 의해 통과되도록 허용되는 강도의 양의 함수로서 5개의 상이한 필드 높이들에 대한 초기값으로부터의 x -텔레센트리시티의 이탈을 도시한다. 15%의 감쇠, 환언하면 0.85의 트랜스미션 비율에서, 대략 -2.4 mrad(도 14 참조)의 Δt_y 의 그리고 대략 $+/-0.75$ mrad(도 11 참조)의 필드 에지에서 특히 텔레센트리시티 이탈들 Δt_x 가 있다. 필드 높이에 따라, 0.85의 트랜스미션 비율에서의 타원율 배리에이션 ΔE_{90} 은, 비-감쇠 값과 비교하여 2.5% 와 -1% 사이에서 변화한다(도 12 참조).

[0094]

0.85의 트랜스미션 비율에서, 값 ΔE_{45} 는, 각각 -2% 또는 대략 4.5%의 최대값에 도달한다(도 15 참조).

[0095]

최대 텔레센트리시티 배리에이션은 2.5%의 값에 도달한다(도 13 참조).

[0096]

최대 타원율 배리에이션 $\max(\Delta E)$ 는 4.5%의 범위내의 값들에 도달한다(도 16 참조).

[0097]

도 17 내지 22는 필드 면(16)내에서의 에지(32)의 영역내의 방사 서브 다발들에 대한 최적화된 중첩의 효과를 명확히 도시한다. 0.5의 최대 텔레센트리시티 배리에이션 비율은 어떠한 필드 높이에서도 초과되지 않는다(도 19 참조). 마찬가지로, 2%의 최대 타원율 배리에이션 비율은 어떠한 필드 높이에서도 초과되지 않는다(도 22 참조). 이들 최대 배리에이션들은 0.85의 트랜스미션 비율까지 감쇠를 지원한다. 만약, 감쇠가 0.9의 트랜스미션 비율에 도달하면, 텔레센트리시티 배리에이션은 0.4 mrad의 값을 초과하지 않고 타원율 배리에이션은 1%의 값을 초과하지 않는다.

[0098]

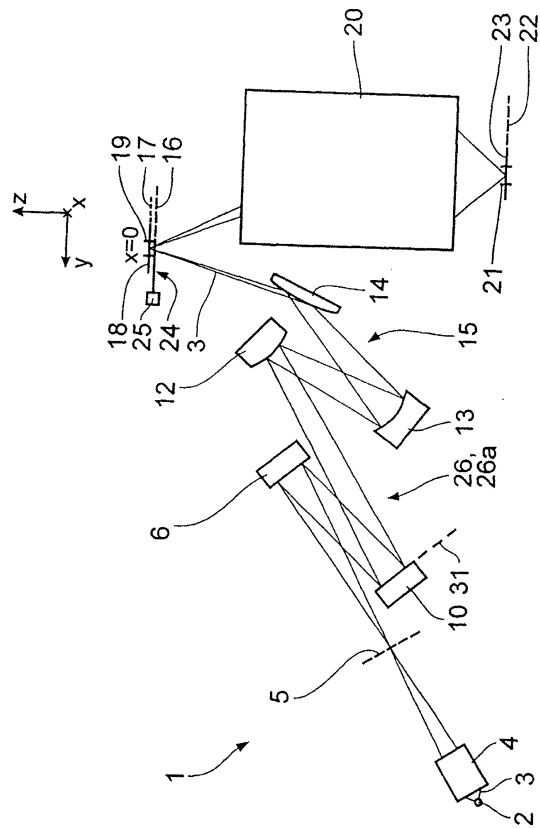
필드 면(16)내에서 방사 서브 다발들을 일치시키는 대안적인 실시예에 있어서, 필드 강도 설정 디바이스(24)의 개별적인 다이어프램들(27)을 면하는 에지(32)는 전체 필드 패킷들(7)에 의해 조명되지 않고 필드 패킷들(7)의 서브그룹에 의해 조명된다. 필드 패킷들(7)의 이러한 서브그룹은, 서브그룹의 필드 패킷들(7)이, 바람직하게

동등하게 분포되는 방식으로, 조명 광학소자(26)에 의해 주어진 조명에서 달성되는, 모든 조명 각도들을 나타내도록, 선택된다. 필드 패킷들(7)의 서브그룹은, 예를 들어, 각각의 경우에서 필드 패킷 그룹(8)으로부터 하나의 필드 패킷(7)에 의해 형성될 수 있다. 서브그룹은 각각의 경우에서, 개개의 필드 패킷 그룹(8)의 2개의 중앙 필드 패킷 미러들(6) 중 하나 또는 중앙 필드 패킷 미러(6)를 포함할 수 있다. 예시로서, 도 6에 따른 필드 패킷 미러(6)내의 선택된 필드 패킷들(8a)로서 역할을 하는 필드 패킷들(7)은 사선들에 의해 표시된다. 서브그룹에 대해 선택된, 개개의 필드 패킷은, 예를 들어, 필드 패킷 그룹(8)의 나머지 필드 패킷들(7)보다 y-방향으로 약간 더 넓을 수 있다. 예를 들어, 서브그룹 필드 패킷은 도 8에 따른 필드 패킷(7)일 수 있고 필드 패킷 그룹(8)의 다른 필드 패킷들(7)은 도 9에 따른 필드 패킷들(7)일 수 있다. 서브그룹 선택은 또한, 필드 패킷 서브그룹의 필드 패킷들(7)에 의해 형성되는 채널들에 대한 방사 서브 다발들의 개별적인 가이드에 의해서 달성될 수 있다; 이 목적을 달성하기 위해, 동공 패킷들(11)이 대응되게 틸트된다. 유용한 방사의 다발(3)내에서 경계(36)와 에지(32) 사이의 영역은 필드 패킷 서브그룹의 필드 패킷들(7)에 의해서만 조명된다(도 10 참조). 에지(32)로부터 보면, 모든 다른 채널들의 방사 서브 다발들은 경계(36)를 넘어 배치된다. 서브그룹의 필드 패킷들(7)은, 그 방사 서브다발들이 에지(32)에 가까운 필드 면(16)에서 최선의 가능성 있는 방식으로 일치하는 것을 보장하도록 하는 방식으로 선택된다. 개별적인 다이어프램들(27)은, 서브그룹의 이들 필드 패킷들(7)과 관련된 방사 서브 다발들의 강도들에 대한 영향만을 갖는다. 서브그룹의 이들 필드 패킷들(7)과 관련된 채널들이, 동공 패킷 미러(10)를 가로질러 동등하게 분포됨에 따라, 필드 면(16)에서 방사 서브 다발들을 일치시키는 이러한 대안적인 실시예는, 필드 강도 설정 디바이스(24)의 조명-각도-독립 효과를 또한 보장한다.

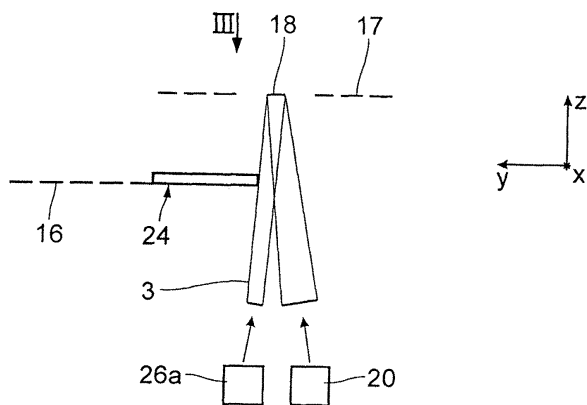
- [0099] 개별적인 다이어프램들(27)은 적어도 일부에서 반투과성 및/또는 투명할 수 있고, 따라서 선택적일 설정을 가능케 한다. 인접한 개별적인 다이어프램들(27)은 x-방향으로 서로 부분적으로 겹칠 수 있다. 이러한 경우에 특히, 개별적인 다이어프램들(27)이 그들의 범위를 가로지르는 다양한 트랜스미션을 갖는 것이 유리하다.
- [0100] 개별적인 다이어프램들(27)에 대해 적용될 수 있는 트랜스미션 분포는, 예컨대, WO 2005/040927 A2에 설명되어 있다.
- [0101] 평거 다이어프램들 대신에, 면내에서 작용하는 필드 강도 설정 디바이스들의 다른 실시예들도 적용될 수 있다. 그 예들이 EP 1 291 721 A1에 설명되어 있다.
- [0102] 개별적인 다이어프램들(27)은, 예컨대, US 2006/0244941 A1에, 특히 도 10 내지 12에 설명되어 있는 바와 같이, 구조화된 단부 측을 가질 수 있다.

도면

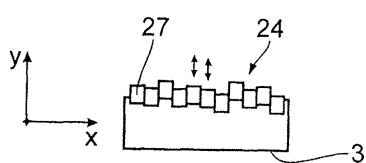
도면1



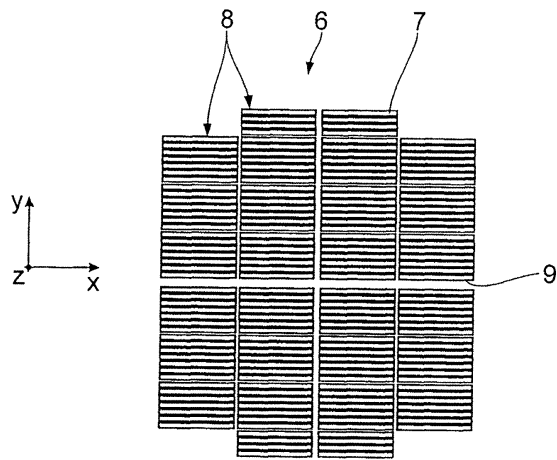
도면2



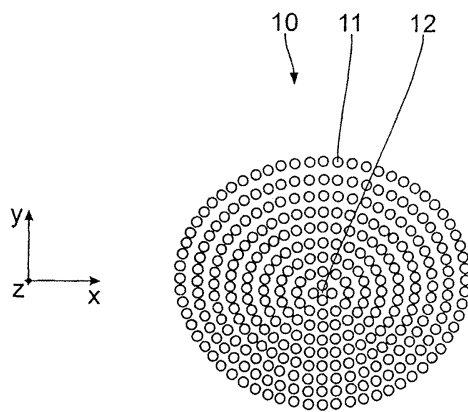
도면3



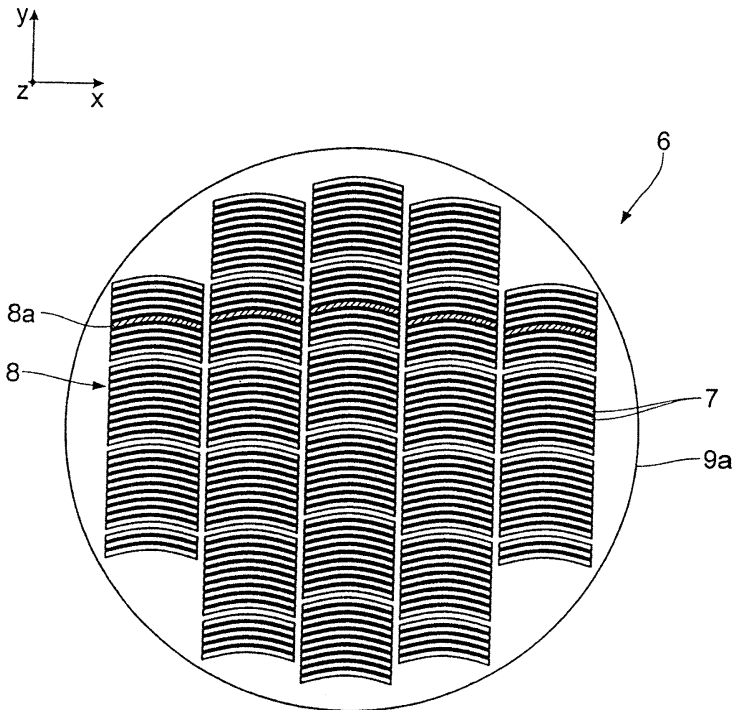
도면4



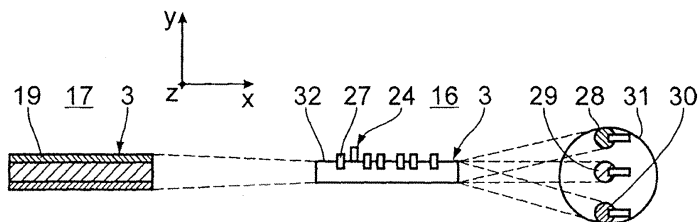
도면5



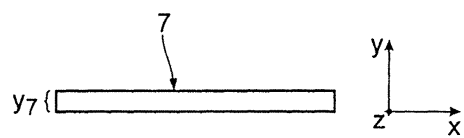
도면6



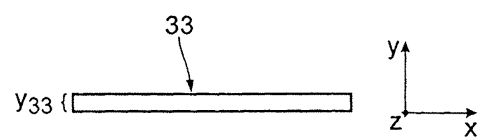
도면7



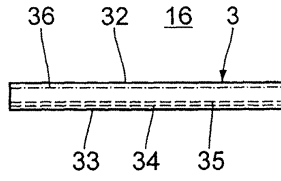
도면8



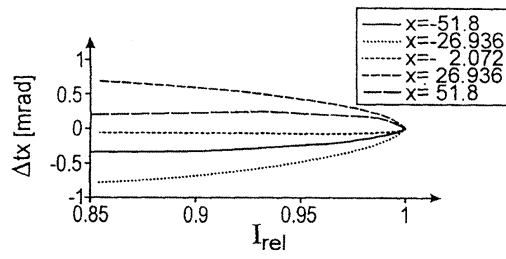
도면9



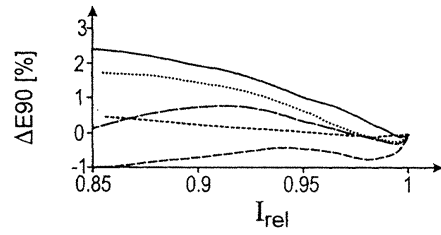
도면10



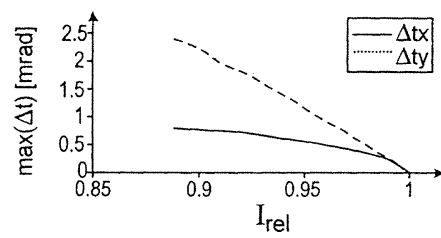
도면11



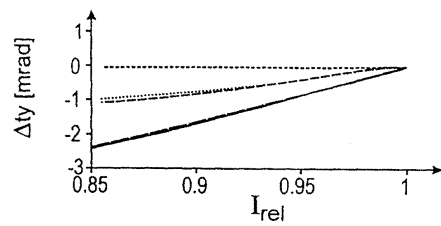
도면12



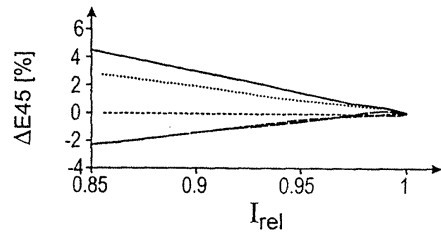
도면13



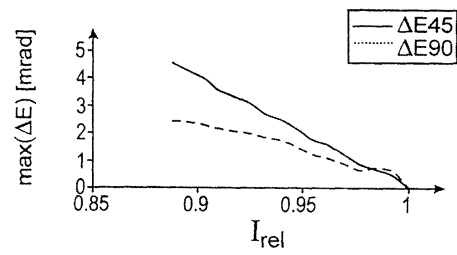
도면14



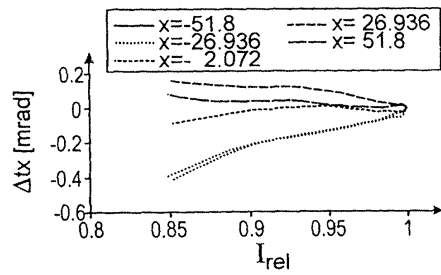
도면15



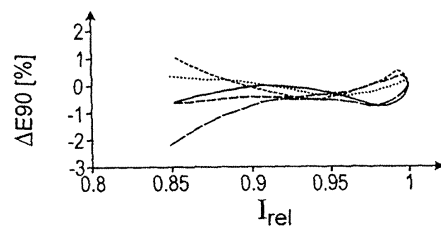
도면16



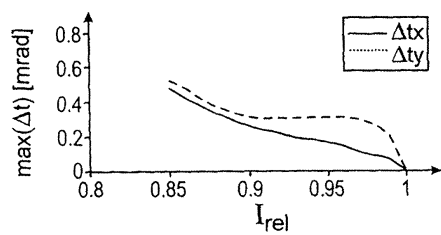
도면17



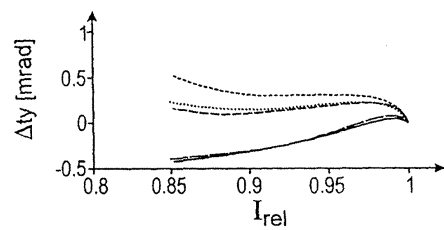
도면18



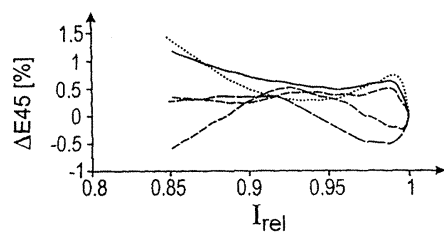
도면19



도면20



도면21



도면22

