



(19) 대한민국특허청(KR)

(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2015년06월19일

(11) 등록번호 10-1526638

(24) 등록일자 2015년06월01일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)

G03F 7/20 (2006.01) G02B 27/18 (2006.01)

G02B 7/02 (2006.01)

(21) 출원번호 10-2011-0047417

(22) 출원일자 2011년05월19일

심사청구일자 2011년11월18일

(65) 공개번호 10-2011-0127620

(43) 공개일자 2011년11월25일

(30) 우선권주장

10 2010 021 539.2 2010년05월19일 독일(DE)

(56) 선행기술조사문헌

JP2002083766 A*

JP2003270506 A*

JP2008542829 A*

*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자

칼 짜이스 에스엠티 게엠베하

독일 오버코헨 73447 루돌프-에버-슈트라쎈 2

(72) 발명자

디엑크만, 닐스

독일, 73460 휘트링겐, 로이테베그 5

울프, 알렉산더

독일, 73447 오베르코헨, 로버트-코흐-스트라쎈 1

(뒷면에 계속)

(74) 대리인

한양특허법인

전체 청구항 수 : 총 20 항

심판번호 거절결정불복 2014허(원)004808

심판청구일 2014년07월30일

심판관합의체 심판장 이상철, 심판관 성영환, 심판관 이수형

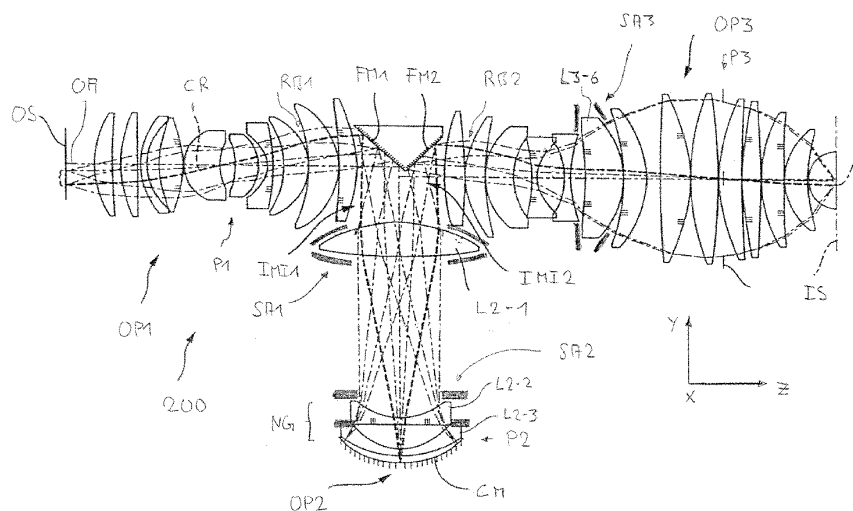
(54) 발명의 명칭 다이어프램을 갖는 투영 대물렌즈

(57) 요약

투영 대물렌즈의 오브젝트 면(OS)에 배열된 오브젝트를, 투영 대물렌즈의 이미지 면에 있는 오브젝트의 이미지로 이미징하는 투영 대물렌즈(200)는, 복수의 투명 광학 소자와, 투영 대물렌즈의 이미징 빔 경로를 따라서 규정할 수 있는 위치에서 광학 소자를 홀딩하는 홀딩 장치(HD)를 갖는다. 각각의 광학 소자는, 이미징 빔 경로에 있는

(뒷면에 계속)

대표도



광학적으로 유용한 영역과 광학적으로 유용한 영역 외부에 있는 에지 영역을 갖고, 광학 소자에 할당된 홀딩 장치 중 적어도 하나의 홀딩 소자는 접촉 구역의 영역의 에지 영역에서 동작한다. 적어도 하나의 광학 소자(L2-1, L2-2, L3-6)는, 광학 소자의 바로 상류에 배열된 폴스 광 다이어프램(SLS1), 및 광학 소자의 바로 하류에 배열된 제2 폴스 광 다이어프램(SLS2)을 갖는 다이어프램 배열(SA1, SA2, SA3)이 할당되고, 각각의 폴스 광 다이어프램은 폴스 광 다이어프램이 이미징 빔 경로의 밖에서 진행하는 방사에 대해 적어도 일부의 에지 영역을 스크리닝한다.

(72) 발명자

홀란드, 크리스찬

독일, 73431 아알렌, 하이데스트라쎄 116

로에링, 올리히

독일, 73525 쉬바에비쉬 지무엔트, 코른하우스스트라쎄 21

소르그, 프란츠

독일, 73433 아알렌, 보텐바흐스트라쎄 9

명세서

청구범위

청구항 1

투영 대물렌즈의 오브젝트면에 배열된 오브젝트를, 투영 대물렌즈의 이미지면에 있는 오브젝트의 이미지로 이미징하는 투영 대물렌즈로서,

상기 투영 대물렌즈는, 복수의 투명 광학 소자와, 투영 대물렌즈의 이미징 빔 경로를 따라서 규정할 수 있는 위치에 광학 소자를 홀딩하는 홀딩 장치(HD)를 구비하고,

광학 소자는, 이미징 빔 경로에 있는 광학적으로 유용한 영역(OPT)과 상기 광학적으로 유용한 영역 외부에 있는 에지 영역(ER)을 갖고, 광학 소자에 할당된 홀딩 장치의 적어도 하나의 홀딩 소자(HE)는 접촉 구역(CZ)의 영역의 에지 영역에서 광학 소자와 맞물리며,

적어도 하나의 광학 소자(L2-1, L2-2, L3-6)는, 광학 소자의 바로 상류에 배열된 제1 폴스 광 다이어프램(SLS1), 및 광학 소자의 바로 하류에 배열된 제2 폴스 광 다이어프램(SLS2)을 갖는 다이어프램 배열(SA1, SA2, SA3)이 할당되고,

각각의 폴스 광 다이어프램은 폴스 광 다이어프램이 이미징 빔 경로의 밖에서 진행되는 방사에 대해 적어도 일부의 에지 영역을 스크리닝(screen)하는 것을 특징으로 하는 투영 대물렌즈.

청구항 2

청구항 1에 있어서,

폴스 광 다이어프램은 다이어프램 개구를 규정하는 내측 다이어프램 에지(SE)를 갖고, 상기 다이어프램 에지와 상기 광학 소자의 연관된 광학면 사이의 유한 간격은 상기 다이어프램 에지의 전체 원주에 걸쳐 2 mm 미만인, 투영 대물렌즈.

청구항 3

청구항 1 또는 2에 있어서,

폴스 광 다이어프램은, 상기 광학 소자에 대해서 비스듬히 진행하고 다이어프램 에지(SE1)를 규정하는 내측 섹션(IP)이 상기 다이어프램 에지를 향하여 연결되는 외측 에지 섹션(OP)을 갖는, 투영 대물렌즈.

청구항 4

청구항 1 또는 2에 있어서,

상기 폴스 광 다이어프램은, 광학 소자의 경우에 모든 접촉 구역(CZ)과 상기 접촉 구역에 할당된 홀딩 소자(HE)가 이미징 빔 경로 밖에서 진행되는 방사에 대해 스크리닝되는 방식으로 만들어지고 배열되는, 투영 대물렌즈.

청구항 5

청구항 1 또는 2에 있어서,

상기 폴스 광 다이어프램(SLS1, SLS2)은, 스크리닝된 광학 소자의 경우에 오직 일부의 접촉 구역과 상기 접촉 구역에 할당된 오직 일부의 홀딩 소자가 이미징 빔 에지 밖에서 진행되는 방사에 대해 스크리닝되는 방식으로 만들어지고 배열되는, 투영 대물렌즈.

청구항 6

청구항 1 또는 2에 있어서,

상기 폴스 광 다이어프램은 원형 다이어프램 개구를 갖고, 상기 폴스 광 다이어프램이 이미징 빔 경로를 제한하지 않도록 이미징 빔 경로의 에지에서 진행되는 이미징 빔의 광선들과 내측 다이어프램 에지(SE) 사이에 간격이

있는, 투영 대물렌즈.

청구항 7

청구항 1 또는 2에 있어서,

다이어프램 배열의 폴스 광 다이어프램은 다이어프램 개구를 갖고, 상기 개구의 형상은, 다이어프램 에지와 빔 사이의 간격이 다이어프램 개구의 원주의 적어도 80%에 걸쳐 최대 2 mm가 되는 방식으로 이미징 빔 경로에서 이미징 빔의 단면 형상에 적응되는, 투영 대물렌즈.

청구항 8

청구항 1 또는 2에 있어서,

상기 투영 대물렌즈는 적어도 하나의 오목 미러(CM)를 갖고, 이미징 빔 경로는, 오브젝트 면(OS)과 오목 미러 사이에서 진행되는 제1 부분 빔 경로(RB1) 및 오목 미러와 이미지면(IS) 사이에서 진행되는 제2 부분 빔 경로(RB2)를 갖고, 광학 소자(L2-1, L2-2)와 할당된 폴스 광 다이어프램(SLS1, SLS2)은, 제1 및 제2 부분 빔 경로가 광학 소자의 유용한 영역을 통해 그리고 폴스 광 다이어프램을 통해 안내되는 방식으로 이중으로 횡단되는 영역에 배열되는, 투영 대물렌즈.

청구항 9

청구항 1 또는 2에 있어서,

적어도 하나의 폴스 광 다이어프램(SLS1, SLS2)은, 원주 방향으로 구획된 폴스 광 다이어프램으로서, 폴스 광 다이어프램이 이미징 빔 경로의 밖에서 진행되는 방사에 대해서 에지 영역(ER)의 일부분을 스크리닝하고, 상기 에지 영역의 다른 부분은 이미징 빔 경로의 밖에서 진행되는 방사에 노광되는 방식으로 만들어지는, 투영 대물렌즈.

청구항 10

청구항 1 또는 2에 있어서,

상기 광학 소자(L2-1)는 광학적으로 유용한 영역 내부에서 비회전 대칭 방사 부하를 갖는 영역에 배열되고, 원주방향으로 구획된 적어도 하나의 폴스 광 다이어프램(SLS1, SLS2)은, 광학 소자의 방사 부하의 비대칭성이, 이미징 빔 경로의 외부에서, 에지 영역으로 오게 되는 방사에 의해 감소되는 방식으로, 광학적으로 유용한 영역 내에서 방사 부하의 공간 분포에 적응되는, 투영 대물렌즈.

청구항 11

청구항 1 또는 2에 있어서,

다이어프램 배열(SA1)이 구비된 광학 소자(L2-1)는 필드 면의 근방에 광학적으로 배열되는, 투영 대물렌즈.

청구항 12

청구항 1 또는 2에 있어서,

상기 투영 대물렌즈(200)는 제1 실제 중간 이미지(IMI1)에 오브젝트 필드를 이미징하는 제1 대물렌즈 부분(OP1), 상기 제1 대물렌즈 부분으로부터 나오는 방사로 제2 실제 중간 이미지(IMI2)를 생성하는 제2 대물렌즈 부분(OP2), 및 이미지면(IS)에 상기 제2 실제 중간 이미지를 이미징하는 제3 대물렌즈 부분(OP3)을 갖고, 상기 제2 대물렌즈 부분은 오목 미러(CM)를 갖는 반사굴절의 대물렌즈 부분이고, 제1 폴딩 미러(FM1)가 오목 미러의 방향으로 오브젝트 면으로부터 나오는 방사를 반사하기 위해 설치되고, 제2 폴딩 미러(FM2)가 이미지면의 방향으로 상기 오목 미러로부터 나오는 방사를 반사하기 위해 설치되고, 할당된 다이어프램 배열(SA1, SA2)을 갖는 적어도 하나의 광학 소자(L2-1, L2-2)가 오목 미러(CM)와 폴딩 미러(FM1, FM2) 사이에서 이중으로 횡단되는 영역에 배열되는, 투영 대물렌즈.

청구항 13

청구항 12에 있어서,

포저티브 굴절력의 필드 렌즈(L2-1)는 제1 중간 이미지(IMI1)와 상기 제1 중간 이미지의 필드-근방 영역에서의 오목 미러(CM) 사이에 배열되고, 상기 필드 렌즈는 다이어프램 배열(SA1)이 할당되는, 투영 대물렌즈.

청구항 14

청구항 1 또는 2에 있어서,

제1 다이어프램 배열(SA1)과 적어도 하나의 제2 다이어프램 배열(SA2, SA3)이 구비되는, 투영 대물렌즈.

청구항 15

투영 대물렌즈의 이미지 면의 영역에 배열되고, 투영 대물렌즈의 오브젝트 면의 영역에 배열된 마스크의 패턴의 적어도 하나의 이미지를 갖는 방사-감지 기관을 노광하는 투영 노광 머신으로서,

자외광을 출사하는 광원(LS);

상기 광원의 광을 수광하고 마스크의 패턴으로 지향되는 조명 방사의 형상을 만드는 조명 시스템(ILL); 및

광-감지 기관으로 마스크의 구조를 이미징하는 투영 대물렌즈(P0)를 갖고,

상기 투영 대물렌즈는 청구항 1 또는 2에 따라서 구성된, 투영 노광 머신.

청구항 16

청구항 2에 있어서,

상기 다이어프램 에지와 상기 광학 면 사이의 최소 간격은 1/10 mm이상인, 투영 대물렌즈.

청구항 17

청구항 3에 있어서,

상기 내측 섹션은 원추 형상인, 투영 대물렌즈.

청구항 18

청구항 6에 있어서,

할당된 광학 소자(L2-2)는 투영 대물렌즈의 pupils에 또는 그 근방에 위치하는, 투영 대물렌즈.

청구항 19

청구항 7에 있어서,

적어도 1/10 mm의 측면의 최소 간격이 전체 다이어프램 에지에 대해서 이미징 빔과 다이어프램 에지 사이에 남아 있는, 투영 대물렌즈.

청구항 20

청구항 11에 있어서,

다이어프램 배열(SA1)이 구비된 광학 소자(L2-1)는 서브-개구율(SAR)의 절대치가 광학 소자의 모든 광학 면에 대해서 0.3 보다 작은 위치에 광학적으로 배열되는, 투영 대물렌즈.

발명의 설명

기술 분야

본 발명은, 투영 대물렌즈의 오브젝트 면에 배열된 오브젝트를, 투영 대물렌즈의 이미지 면에 있는 오브젝트의 이미지로 이미징하는 투영 대물렌즈에 관한 것이다. 본 발명의 바람직한 분야는 마이크로리소그래피 투영 노광 머신용 투영 대물렌즈이다. 이러한 투영 대물렌즈는, 투영 노광 머신의 동작시 오브젝트 면에 배열된 마스크의 패턴을 투영 대물렌즈의 이미지면에 배열된 감광 기관으로 이미징하도록 동작하는 광학 이미징 시스템이다.

[0001]

배경 기술

- [0002] 반도체 구성 부품과 다른 미세 구조 구성 부품을 제조하는데 현재 대부분 마이크로리소그래피 투영 노광 방법이 사용된다. 이 경우, 이미징되는 구조의 패턴(예를 들면, 반도체 구성 부품의 층의 라인 패턴)을 보유 또는 형성하는 마스크(레티클)를 사용한다. 마스크가, 투영 대물렌즈의 오브젝트 면의 영역에서 조명 시스템과 투영 대물렌즈 사이의 투영 노광 머신에 위치하며, 조명 시스템에 의해 제공되는 조명 방사를 이용하여 유효 오브젝트 필드의 영역에서 조명된다. 마스크 및 패턴에 따라 변화하는 방사는, 유효 오브젝트 필드에 광학적으로 결레가 되는 유효 이미지 필드의 영역에서 마스크의 패턴을 노광 기관으로 이미징하는, 투영 대물렌즈의 이미징 빔 경로를 통해 이미징 빔으로서 진행한다. 기관은 통상적으로 투영 방사를 감지하는 층(포토레지스트)을 보유한다.
- [0003] 투영 노광 머신의 개발의 목표는 기관 상에 더욱 더 작은 치수를 갖는 구조를 석판술로 제조하는데 있다. 예를 들면, 반도체 구성 부품의 경우에, 비교적 작은 구조물은 비교적 높은 집적 밀도를 가져 오며, 이것은 제조된 미세구조 구성부품의 성능에 일반적으로 유리한 효과를 갖는다. 제조될 수 있는 구조의 크기는 사용되는 투영 대물렌즈의 분해능력에 결정적으로 의존하며, 한편으로 투영에 사용된 투영 방사의 파장을 감소시키고, 다른 한편으로 공정에서 사용되는 투영 대물렌즈의 이미징 개구수(NA)를 증가시킴으로써, 개선될 수 있다.
- [0004] 이것은, 종래 광학 리소그래피에서 사용되어 온 대개 순수 굴절 투영 대물렌즈이다. 순수 굴절 또는 굴절 광학 투영 대물렌즈의 경우에, 굴절력을 갖는 모든 광학 소자는 투명한 굴절 소자(렌즈)이다. 굴절 광학 시스템의 경우에, 예를 들면, 색채 수차를 보정하고, 이미지 필드 곡률을 보정하는 등의 기본적인 수차를 보정하는 것은 증가하는 개구수와 감소하는 파장으로 인해 보다 어려워진다.
- [0005] 편평한 이미지 면을 얻고 색채 수차의 보정을 잘 행하기 위한 하나의 접근 방법은, 굴절력을 갖는 굴절 투명 광학 소자, 즉 렌즈 및 굴절력을 갖는 반사 소자, 즉 곡면 미러를 모두 포함하는 반사굴절 투영 대물렌즈를 사용하는 데 있다. 적어도 하나의 오목 미러가 일반적으로 포함된다. 광학 시스템에서 포저티브 굴절력을 갖는 렌즈와 네가티브 굴절력을 갖는 렌즈는 각각 총 굴절력, 이미지 필드 곡률 및 색채 수차가 각각 반대가 되지만, 포저티브 렌즈와 같이 오목 미러는 포저티브 굴절력을 갖지만, 이미지 필드 곡률 상의 효과는 포저티브 렌즈와 반대가 된다. 또한, 오목 미러는 어떠한 색채 수차도 가져오지 않는다.
- [0006] 대체로, 큰 개구수를 사용하는 경우에 주어지는 수차의 보정에 대해서 부분적으로 반대의 필요조건을 가능하게 하도록 투영 대물렌즈는 복수의 투영 광학 소자, 특히 포저티브 렌즈와 네가티브 렌즈를 갖는다. 굴절 및 반사 굴절 이미징 시스템은 모두 마이크로리소그래피의 분야에서 10 이상의 투명한 광학 소자를 빈번하게 갖는다.
- [0007] 광학 소자는 이미징 빔 경로를 따라서 규정된 위치에서 홀딩 장치를 이용하여 유지된다. 마이크로리소그래피용 광학시스템의 분야에서, 상이한 동작 조건과 함께 이미징 빔 경로에서 유지되는 광학 소자의 정확한 배치에 의해 이미징 시스템의 높은 이미징 품질을 보장하고, 한편, 비싸고 민감한 광학 소자가 스트레스없이 가능한 한 부드러운 방식으로 유지되는 것을 보장하도록, 홀딩 장치의 설계에 있어서 이 경우에 매우 복잡한 기술이 개발되어 왔다. 마이크로리소그래피의 분야에서, 렌즈 및 다른 투명한 광학 소자는 빈번하게, 각각의 광학 소자의 원주 상에 일정하게 배열된 다수의 홀딩 소자에 의해 지지된다. 이 경우, 광학 소자는 이미징 빔 경로에 있는 광학적으로 유용한 영역과, 광학적으로 유용한 영역 외부에 있는 에지 영역을 가지며, 광학 소자에 할당된 홀딩 장치의 하나 이상의 홀딩 소자는 접촉 구역의 영역의 에지 영역에서 동작한다. 광학 소자의 표면은 광학적으로 유용한 영역에서의 광학 품질이 준비되며, 광학 품질은 에지 영역에까지 다다를 필요가 없다. 광학적으로 유용한 영역은 광학 소자의 "프리 광학 지름"이라고 종종 칭해진다.
- [0008] 홀딩 소자에 광학 소자를 고정하기 위해 상이한 선택사항이 이미 제안되었다. 특허 출원 US 2003/0234918 A1은, 에지 영역에서 각각의 접촉 구역의 영역에서 광학 소자를 클램프하고, 유지된(소프트 실장) 광학 소자에 대한 특정 이동성을 전체 허용하는 탄성중합체의 홀딩 소자의 에지 영역에 광학 소자가 유지되는 경우에 클램프 기술의 예를 나타낸다. 다른 홀딩 장치에서, 홀딩 장치의 탄력이 있는 홀딩 소자가 각각의 할당된 접촉 구역의 영역에서 광학 소자에 결합된다. 결합 기술의 예가 US 4,733,945 또는 US 6,097,536에 개시되어 있다.
- [0009] 투영 대물렌즈가 그 광학 설계 및 그 제조로 인해서 가질 수 있는 고유 수차에 추가하여, 서비스 수명 동안, 예를 들면, 투영 노광 머신의 동작 동안, 수차가 또한 발생할 수 있다. 이러한 수차가 동작 동안 사용되는 투영 방사로부터 생기는 투영 대물렌즈에 설치된 광학 소자의 변화의 원인이 되는 것으로 빈번하게 발견된다. 예를 들면, 이 투영 방사는 투영 대물렌즈에서 광학 소자에 의해 부분적으로 흡수될 수 있고, 그 중에서도, 흡수의 정도는 광학 소자에 대해 사용된 재료, 예를 들면 렌즈 재료, 미러 재료 및/또는 가능하게 제공되는 반사방지 코팅의 성질에 기초한다. 투영 방사의 흡수는 광학 소자의 가열을 가져올 수 있고, 그 결과 이것은 직접 및 간

접적으로, 광학 소자의 표면 변형에서, 및 굴절 소자의 경우에, 열적으로 발생된 기계적 스트레스를 통한 굴절률의 변화를 가져올 수 있다. 굴절률의 변화 및 표면 변형은 적시에 개별 광학 소자의 이미징 성질 및 투영 대물렌즈 전체의 변화를 가져 온다. 이 범위의 문제가 "렌즈 가열" 하에서 빈번하게 처리된다.

[0010]

능동 매니플레이터를 이용하여 적어도 부분적으로 서비스 수명 동안 발생하는 다른 수차 또는 열적 유도된 수차에 대한 시도가 통상 행해진다. 대체로, 능동 매니플레이터는, 발생하는 수차가 적어도 부분적으로 보상되도록 그 광학 동작을 변화시키기 위해, 대응하는 제어 신호에 기초하여 개별 광학 소자 또는 광학 소자의 그룹에 영향을 주도도록 설정되는 광학 기계 장치이다. 예를 들면, 이 목적을 위해 개별 광학 소자 또는 광학 소자의 그룹이 변형되거나, 그 위치가 변화하는 것이 제공될 수 있다.

[0011]

이러한 능동 매니플레이터가 실장 기술로, 즉, 홀딩 장치에 흔히 통합된다. 이와 관련해서, 예를 들면, US 2002/0163741 A1은 렌즈로서 설계된 투명한 광학 소자용 홀딩 장치를 나타낸다. 홀딩 장치는 내부 링을 렌즈에 수동적으로 결합하는 내부 6각류 구조 및 제어가능한 매니플레이터로서 기능하는 외부 6각류 구조를 갖는다. 원주 내에 일정하게 분포되어 있고 렌즈의 에지에서 클램핑 방식으로 동작하여 렌즈를 내부 링에 고정하는 3개의 클램핑 장치가 내부 링에 맞춰져 있다.

[0012]

실제로, 복잡한 설계의 광학 이미징 시스템으로, 이미징에 요구되는 이미징 빔 경로를 통해 오브젝트로부터 이미징면으로 방사할 뿐 아니라, 이미징에 기여할 뿐 아니라 상기 이미징을 방해하고 및/또는 손상을 주는 방사 부품이 제조될 수 있다. 예를 들면, 투영 노광 방법의 공정에서, 소위 "오버-개구된 광"이 노광 기관, 예를 들면, 반도체 웨이퍼를 통과하고, 개별 파면(wavefront)을 흐트러린다. 용어 "오버-개구된 광" 또는 "슈퍼개구 방사"는 구조 마스크에 의해 회절되고, 이미징을 위해 사용되는 오브젝트측 개구 각도보다 큰 각도에서 방출되고 이미징 빔 경로를 제한하는 개구 스톱의 현재 지름에 의해 결정되는 방사를 나타낸다. 그럼에도 불구하고, 제조 기술 때문에, 이러한 오버-개구 광은 개구 스톱을 통해서 이미징 시스템의 이미징면으로 떨어질 수 있다. 대체로, 광학 기기의 이미징이 설계되지 않고, 따라서 완전히 보정되지 않기 때문에, 최대 이용가능한 개구보다 큰 개구에 대해서, 이미징에 기여하는 파면을 심각하게 방해할 수 있으므로, 이미징 품질은 오버-개구된 광에 의해 손상받을 수 없다. 선택적으로 또는 추가적으로, 이미징면으로 멀리 진행할 때 제조되는 이미지의 콘트라스트에 일반적으로 손상을 주는 산란 광이 제조될 수 있다. 용어 "산란 광"은 여기서, 그 중에서도, 예를 들면, 이미징 빔 경로의 영역에서 미러의 후면 및/또는 다른 포인트에, 투명 광학 소자의 반사방지층으로 코팅된, 표면에서 잔여 반사로부터 생길 수 있는 방사를 의미한다. 이들 원하지 않은 방사 구성 부품, 특히 산란 광 및 오버-개구 광은 그 원인에 상관없이 본 출원의 문맥에서 "폴스-광"으로 또한 칭해진다.

[0013]

그럼에도 불구하고, 이미징면의 이미징 필드의 영역에 다르지 않음으로써 이미징을 직접 방해하지 않는 폴스 광은, 조사용으로 설치되지 않은 시스템의 포인트에 부딪쳐서 거기에서 가능하게 흡수되면, 이미징 처리의 품질에 불리하게 영향을 줄 수 있다. 예를 들면, 폴스 광은 광학 이미징 시스템의 실장의 부분에서 흡수될 수 있고, 영향을 받은 구성 부품의 대응하는 열적 팽창을 통해 광학 소자의 위치 및/또는 형상에 영향을 주도도록 반응하는 열을 생성한다. 폴스 광은 투명 광학 재료로 또는 금속으로 이루어지지 않은 이미징 시스템의 일부에 의해 흡수될 수 있다. 이 예는 조사될 때 아웃개싱(outgassing)하는 플라스틱 부분을 포함할 수 있는 매니플레이터 장치의 액츄에이터 및/또는 센서, 케이블이다. 이들 부분의 기능이 손상되지 않을 뿐 아니라 이미징 빔 경로 내의 분위기가 영향을 받을 수 있기 때문에, 이 아웃개싱은 일반적으로 소망되지 않는다.

[0014]

마이크로리소그래피용 투영 대물 렌즈 등의 복잡한 설계의 광학 이미징 시스템이 예를 들면, 이미징 상의 산란 광의 부정적인 효과를 감소시키도록 하나 이상의 배플판을 구비하는 것이 알려져 있다. 예를 들면, 특허 US 6,717,746 B2는, 산란광 또는 폴스 광을 감소시키기 위한 배플판이 오브젝트 면과 이미징면 사이에 형성된 실제 중간 이미징의 영역에 삽입될 수 있는 경우의 반사굴절 투영 대물렌즈의 일 예의 실시예를 제공한다. 공개번호 WO 2006/128613 A1을 갖는 국제 특허 출원은, 제1 실제 중간 이미징에 오브젝트를 이미징하는 제1 대물렌즈 부분, 상기 제1 대물렌즈 부분으로부터 나오는 방사를 이용하여 제2 실제 중간 이미지를 생성하는 제2 대물렌즈 부분, 제2 실제 중간 이미지를 이미징면에 이미징하는 제3 대물렌즈 부분뿐 아니라, 제2 대물렌즈 부분에서 방사가 제1 및 제3 대물렌즈 부분과 다른 방향으로 진행하는 것을 보장하는 방사 배향 장치를 구비하는 반사굴절 투영 대물렌즈의 예를 나타낸다. 적어도 하나의 다이어프램은 제1 대물렌즈 부분으로부터 제3 대물렌즈 부분까지 직접 제2 대물렌즈 부분을 바이패싱하는 방식으로 진행하는 방사 구성 부품이 스크리닝(screen)에 의해 효과적으로 감소되는 방법으로 빔 편향 장치의 영역에 배열된다. 이와 같이, 이미징면으로 진행하는 것은, 대개 또는 배타적으로, 모든 광학적 구성 부품이 거기에 설치되어 있는 전체 이미징 빔 경로를 사용하고, 대응하여 잘 보정된 파면을 갖는 이미징을 가져올 수 있는 방사이다.

발명의 내용

해결하려는 과제

- [0015] 본 발명의 목적은 다수의 투명 광학 소자를 갖는 투영 대물렌즈를 제공하는 것이고, 이 경우, 이미징 품질에 대한 폴스 광의 불리한 영향이, 유사한 구성의 종래의 설계의 광학 이미징 시스템과 비교하여 실질적으로 감소될 수 있다. 또한 본 발명의 목표는 대응하여 최적화된 투영 노광 머신을 제공하는 것이다.

과제의 해결 수단

- [0016] 본 발명의 하나의 생성에 따르면, 이 목적은 청구항 1의 특징을 갖는 투영 대물렌즈와 청구항 15의 특징을 갖는 투영 노광 머신에 의해 이루어진다. 모든 청구항의 문구는 본 설명에 참고로 통합되어 있다.
- [0017] 청구된 발명에 따르는 통상적인 설계의 투영 대물렌즈의 경우에, 적어도 하나의 투명 광학 소자는 광학 소자의 상류에 직접 배열된 폴스 광 다이어프램과 광학 소자의 하류에 직접 배열된 제2 폴스 광 다이어프램을 갖는 다이어프램 배열이 할당되며, 폴스 광 다이어프램이 이미징 빔 경로의 밖에서 진행되는 방사에 대해서 적어도 예지 영역의 일부를 스크리닝하는 방식으로 각각의 폴스 광 다이어프램이 설계된다.
- [0018] 그러므로, 스크리닝된 영역에서, 폴스 광은 광학 소자의 에지 영역에 부딪힐 수 없고, 적절하다면, 홀딩 장치의 홀딩소자는 그 위치에 보유된 광학 소자를 이용하여 또는 크게 감소된 정도로만 스트라이크할 수 있다. 이 경우에 광학 소자의 바로 상류에 배열된 제1 폴스 광 다이어프램은 전달 방향을 참조하여 광학 소자의 광 입사측으로부터 나오는 그 폴스 광을 스크리닝한다. 전달 방향을 참조하여 즉, 광학 소자의 대응하는 광출사측에서 제2 폴스 광 다이어프램은 광학 소자의 하류에 위치한다. 후면의, 제2 폴스 광 다이어프램은 예를 들면 후속의 광학 소자의 광입사측에서 반사 및/또는 후속의 홀딩 장치의 소자에서 반사로부터 생길 수 있는 방사에 대해서 예지 영역을 또한 스크리닝한다.
- [0019] 용어 "바로"는 문맥에서 각각의 경우에 또 다른 광학 소자가 폴스 광 다이어프램과 상기 다이어프램을 대향하는 광학 소자의 그 면 사이에 위치하지 않는 것을 의미한다. 이와 같이 폴스 광 다이어프램은 보호되는 광학 소자에 매우 가깝게 맞춰질 수 있어서, 폴스 광이 공간적으로 잘 규정된 방식으로 스크리닝되는 것을 가능하게 한다. 그러나, 폴스 광 다이어프램과 그것을 대향하는 광학 소자의 그 면 사이에 위치하는 것이 가능하며, 홀딩 장치의 일부, 특히, 홀딩 소자의 일부는 그 위에서 광학 소자의 에지 영역에서 동작한다. 폴스 광 다이어프램과 광학 소자의 대향면 사이에 있는 홀딩 소자의 일부는 적절한 폴스 광 다이어프램에 의해 폴스 광에 대해 스크리닝될 수 있다.
- [0020] 일부 실시예에서, 폴스 광 다이어프램은 다이어프램 개구를 규정하는 내측 다이어프램 에지를 갖고, 이 다이어프램 에지와 광학 소자의 연관된 광학 면 사이의 유한 간격은 최대 5mm, 바람직하게 2 mm 미만, 특히 1 mm 미만이다. 그럼으로써, 스크리닝된 영역에 대한 적절한 보호 효과와 함께 매우 효과적으로 규정된 스크리닝 효과가 이 간격에서 얻을 수 있다. 대략 1/10 mm로부터 대략 2/10 mm까지의 최소 간격이 모든 동작 조건에서 다이어프램 에지와 광학 소자 사이의 물리적 접촉을 회피하는 것을 동시에 보장하는데 유리하다.
- [0021] 또한, 적절하다면, 폴스 광 다이어프램과 할당된 광학 소자 면 사이에 있는 홀딩 장치의 소자가 유사하게 스크리닝되는 것을 동시에 보장하기 위해, 폴스 광 다이어프램은, 광학 소자에 대해서 비스듬히 진행하고 다이어프램 에지를 규정하는 내측 섹션이 다이어프램 에지를 향하여 연결되는 외측, 바람직하게는, 편평한 에지 섹션을 가질 수 있다. 내측 섹션은 예를 들면, 원주 형상이거나 절두 원주체 형상일 수 있다. 이러한 구성의 경우에 광학 면과 폴스 광 다이어프램 사이의 간격은 다이어프램 에지에서 시작하여 매우 강하게 방사상으로 외측으로 증가하고, 좁은 다이어프램 에지 영역의 폴스 광 다이어프램과 광학 소자 사이의 이러한 임의의 가능한 열적 변화 효과는 제한되게 남아 있다.
- [0022] 발명자에 의한 연구에서, 홀딩 장치의 소자에서 폴스 광의 흡수가 에지 영역에서 접촉 구역의 영역에 히팅, 오직 약간의 로컬 히팅을 가져올 수 있는 것을 나타낸다. 폴스 광의 공간 분포에 의거하여, 이것은 유지되는 광학 소자의 원주에 걸쳐 홀딩 소자 자신이 규칙적이거나 대칭적으로 분포되는 경우에도, 광학 소자의 바람직하지 않은 비대칭 열적 부하를 가져올 수 있다.
- [0023] 다음에, 일부 실시예의 경우에, 폴스 광 다이어프램이, 광학 소자의 경우에 모든 접촉 구역과 접촉 구역에 할당된 홀딩 소자가 이미징 빔 경로 밖에서 진행되는 방사에 대해 스크리닝되는 방식으로 만들어지고 배열된다. 이와 같이, 폴스 광 다이어프램이 구비된 광학 소자의 전체 실장 기술을 폴스 광의 방사로부터 보호하는 것이 가

능하다.

- [0024] 스크리닝된 광학 소자의 경우에 오직 일부의 접촉 구역과 접촉 구역에 할당된 오직 일부의 홀딩 장치가 이미징 빔 에지 밖에서 진행하는 방사에 대해서 스크리닝되는 방식으로 하나 또는 양 폴스 광 다이어프램이 설계 및 배열되는 것이 또한 가능하다. 폴스 광에 의해 생긴 로컬 열 발생은 비스크리닝된 영역에서 이러한 방식으로 의도적으로 허용될 수 있다.
- [0025] 에지 영역을 적어도 부분적으로 스크리닝하는 폴스 광 다이어프램에 의한 광학 소자의 양측면 보호가 하나 이상의 광학 소자에 제공될 수 있으며, 이미징 빔 경로에 광학 소자가 배열되므로, 오브젝트 면과 이미지 면 사이의 이미징 빔 경로는 광학 소자의 유용한 영역을 통해서 한번 만 통과한다(소위 단일 트랜짓 광학 소자). 에지 영역의 전체 또는 일부의 양측면 스크리닝이 소위 이중으로 통과된 광학 소자로 특히 유용하다. 이들은, 예를 들면, 렌즈 면이 하나의 부분 빔 경로에 대해서 광 입사면으로서 그리고 또 다른 부분 빔 경로에 대해서 광학 소자의 광출사면으로서 기능하는 방식으로, 오브젝트 면과 이미지 면 사이에서 진행하는 방사가 반대 방향으로 전달되는 광학 소자로서 이해된다. 대체로 폴스 광 세기는 광 출사 측의 영역에서보다 광 입사측의 영역에서 더 크기때문에, 2개의 광 입사측의 양측면 보호가 특히 여기서 유용하다.
- [0026] 일부 실시예에서, 투영 대물렌즈는 적어도 하나의 오목 렌즈를 갖고, 이미징 빔 경로는 오브젝트 면과 오목 미러 사이에서 진행하는 제1 부분 빔 경로 및 오목 미러와 이미지면 사이에서 진행하는 제2 부분 빔 경로를 갖고, 광학 소자와 할당된 폴스 광 다이어프램은, 제1 및 제2 부분 빔 경로가 광학 소자의 유효 영역을 통해 그리고 폴스 광 다이어프램을 통해 진행하는 방식으로 이중으로 횡단되는 영역에 배열된다. 양 측면의 보호가 폴스 광 다이어프램에 의해 양 전달 방향으로 제공되며, 입사측에 각각 들어가는 방사는 에지 영역에서 규정된 방식으로 스크리닝된다.
- [0027] 폴스 광 다이어프램에 의한 폴스 광의 스크리닝은 에지 영역의 전체 원주에 걸쳐 일정하게 발생할 수 있다. 그래서, 통상적인 둥근 광학적 부품의 경우에, 폴스 광 다이어프램은 적어도 전체 에지 영역 또는 에지 영역의 방사상 서브영역이 폴스 광 다이어프램에 의해 스크리닝되는 방식으로 예를 들면 둥근 다이어프램 개구를 갖는 원형 다이어프램의 방식으로 설계될 수 있다.
- [0028] 원형 다이어프램 개구를 갖는 폴스 광 다이어프램이, 특히, 광학 이미징 시스템의 퓨필의 근방에 위치하는 광학 소자의 경우에, 설치될 수 있으며, 이미징 빔의 단면이 대체로 다소 둥글다. 이미징 빔 경로를 제한하여서 이미징 빔의 일부를 차단하도록 의도된 개구 스톱과 대조적으로, 폴스 광 다이어프램의 경우에, 이미징 빔 경로의 에지와 내부 다이어프램 에지에서 진행하는 이미징 빔의 광선들 사이에 간격이 있으므로, 폴스 광 다이어프램은 이미징 빔 경로를 제한하지 않는다.
- [0029] 다이어프램 배열의 폴스 광 다이어프램은 이미징 빔 경로에서 방사의 단면 형상에 대해 상이한 방식으로 적응될 수 있다. 일부 실시예에서, 다이어프램 배열의 폴스 광 다이어프램은, 적절하다면, 그 형상이, 다이어프램 에지와 빔 사이의 간격이 다이어프램 개구의 원주의 적어도 80% 또는 심지어 적어도 90%의 2mm 미만, 특히 1mm미만인 방식으로 이미징 빔 경로에서 빔의 가능한 기이한 단면 형상으로 적응되는 기이한 다이어프램 개구를 갖는다. 이 경우에 다이어프램 개구는 광학 소자의 스크리닝된 광학 면에서 이미징 빔의 풋프린트의 단면 형상에 적응되고, 방해없이 이미징 빔 경로의 전체 방사를 허용하며, 이미징에 사용되지 않는 광학적으로 유용한 영역을 스크리닝하며, 에지 영역을 스크리닝한다. 이럼으로써, 폴스 광의 최적의 역제가 가능하다. 한편, 이미징 빔 경로의 원하지 않은 제한을 회피하기 위해, 1/10 mm ~ 2/10 mm의 크기의 정도인 다이어프램 에지와 빔 사이의 측면 안전 간격은 전체 다이어프램 에지에 대해서 가능한 한 이 크기 이하로 떨어지지 않아야 한다.
- [0030] 또한, 폴스 광 다이어프램이 에지 영역의 원주의 일부만을 이미징 빔 경로의 밖에서 진행하는 방사에 대해 스크리닝하고, 에지 영역의 다른 부분이 빔 경로의 밖에서 진행하는 방사에 노광되는 방식으로 원주 방향으로 구획된 폴스 광 다이어프램으로서 폴스 광 다이어프램의 적어도 하나를 설계할 수 있다. 이 문맥에서, 그 중에서도 용어 "원주 방향으로 구획된"은 원주 방향으로, 즉, 방위각 방향으로, 폴스 광 다이어프램의 공간적 효과가, 폴스 광 다이어프램의 형상에 의해 서술될 수 있는 방식으로 변화하므로, 일부 원주 영역에서의 스크리닝 효과는 다른 원주 영역에서와 다른 것을 의미한다. 또한, 원주 방향으로 구획된 폴스 광 다이어프램은 광학 소자의 에지 영역의 일부가 폴스 광에 대해 스크리닝되지 않도록 설계될 수 있다. 이것은, 예를 들면, 에지 영역에서 동작하는 홀딩장치의 홀딩 소자가 존재하는 접촉 구역의 영역만을 각각 폴스 광에 대해 스크리닝하고, 그 사이에 실장 기술이 접촉하지 않고 놓여진 원주 영역을 스크리닝하지 않고 남겨놓도록 활용될 수 있다.
- [0031] 이미징 빔 경로에서 진행하는 방사는, 이미징 시스템에서 광학 소자에 의해 항상 특정 정도로 흡수되고, 흡수

정도는 그 중에서도 광학 소자에 대해 사용되는 재료, 예를 들면 렌즈 재료, 미러의 재료 및/또는 통상적으로 제공되는 반사방지 코팅(렌즈의 경우 등) 또는 반사 코팅(미러의 경우에)의 성질에서 가능하다. 이 흡수는 조사 영역에서 광학 소자의 가열을 가져올 수 있고, 그 결과는 광학 소자의 굴절 및/또는 반사의 열적으로 유도된 변동을 가져 온다. 이 문제들은 렌즈 가열의 용어 하에서 빈번하게 포함된다. 로컬 가열의 이러한 예는 방사 부하 및 거기에 연관된 로컬 가열이 광학 소자의 대칭 축에 대해서 회전 대칭 방식으로 거의 분포될 때, 크게 문제가 될 수 없다. 한편, 비대칭, 특히 비회전 대칭 방사 부하가 발생할 때 동작 동안 이미징 품질에 대해 실질적인 문제가 발생할 수 있다. 이 비대칭은, 특히, 오프-축 효과 오브젝트 필드를 갖는 반사굴절 이미징 시스템(오프-축 시스템)으로, 특히, 광학 시스템의 필드 면으로부터 비교적 큰 거리로 배열된 또는 필드 면의 광학 근방에 배열된 광학 소자로 가능하다.

[0032] 일부 실시예에서, 광학 소자는 광학적으로 유용한 영역 내부에 비대칭 방사 부하를 갖고 배열되고, 원주방향으로 구획된 적어도 하나의 폴스 광 다이어프램은, 광학 소자의 방사 부하의 비대칭이 에지 영역으로 이미징 빔 경로의 외부에 오게 되는 방사에 의해 감소되는 방식으로 광학적으로 유용한 영역에서 방사 부하의 공간 분포에 적응된다. 이로써, 스크리닝되지 않은 영역의 에지 영역에 오게 되는 폴스 광이 열을 가져오고 그 공간 분포가 이미징 빔 경로의 방사 부하에 실질적으로 켈레가 되는 방사 부하를 생성함으로써, 적어도 일부에서 방사 부하에 대해 대칭을 얻을 수 있는 것을 보장할 수 있다. 즉, 유효 영역의 비대칭 방사 부하의 부정적인 효과는 폴스 광에 의해 특정 정도 보상될 수 있다. 그래서, 폴스 광은 네가티브 렌즈 가열 효과에 대해서 수동 매니플레이터로서 사용될 수 있다.

[0033] 투영 대물렌즈의 이미지 면의 영역에 배열되고, 투영 대물렌즈의 오브젝트 면의 영역에 배열된 마스크의 패턴의 적어도 하나의 이미지를 갖는 방사-감지 기관을 노광하는 투영 노광 머신은, 자외광을 출사하는 광원; 광원의 광을 수광하고 마스크의 패턴으로 지향된 조명 방사를 형성짓는 조명 시스템; 및 광-감지 기관으로 마스크의 구조를 이미징하는 투영 대물렌즈를 갖고, 투영 대물렌즈는 청구항의 발명에 따라서 구성된다.

[0034] 청구 범위로부터 도출되는 것에 추가하여, 이들 및 다른 특징이 상세한 설명 및 도면으로부터 또한 도출되며, 개별 특징들이 본 발명의 실시예 및 다른 분야에서 그 자체로 또는 서브-조합의 형태로 각각 구현되고, 특허가 능한 바람직한 설계를 나타내는 것이 가능하다. 본 발명의 보기의 실시예가 도면에 도시되고 아래에 보다 상세히 설명되어 있다.

도면의 간단한 설명

[0035] 도 1은 마이크로리소그래피 투영 노광 머신의 다이어그램 도시를 나타낸다.

도 2는 일 예의 실시예에 따른 반사 굴절 투영 대물렌즈를 통한 메리디언 렌즈 섹션을 나타낸다.

도 3은 도 3a에서, 2측에서 폴스 광 다이어프램을 갖는, 이중으로 횡단되는 필드-근방 포지티브 렌즈를 갖는 도 2에 도시된 일 예의 실시예의 제2 대물렌즈 부분의 확대한 상세한 도면을 나타내고, 도 3b 및 3c에서, 각각의 경우에 상류에 위치하는 폴스 광 다이어프램을 갖는, 포지티브 렌즈의 2측의 축상 탐부를 나타낸다.

도 4는 다이어프램 배열의 폴스 광 다이어프램에 의해 폴스 광에 대해 스크리닝되는 홀딩 장치와 에지 영역이 홀딩 장치에 의해 에지 영역에 유지되는 양볼록 렌즈를 통한 축상 평행 섹션을 나타낸다.

도 5, 6, 및 7은 다양한 실시예에 따른 다이어프램 배열에 대한, 상이한 유형의 폴스 광 다이어프램의 다이어그램 도시를 나타낸다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0036] 바람직한 실시예의 다음의 설명에서, 용어 "광축"은 광학 소자의 만곡(curvature)의 중심을 통과하는 직선 또는 직선 섹션의 시퀀스를 나타낸다. 광축은 폴딩 미러(편향 미러) 또는 반사 면에서 폴드된다. 실시예에서, 오브젝트는 집적 회로의 패턴을 갖는 마스크(레티클)이며, 다른 패턴(예를 들면, 격자)도 또한 가능하다. 실시예에서, 이미지가, 감광층이 설치되고 기관으로 사용되는 웨이퍼로 투영된다. 다른 기관(예를 들면, 액정 디스플레이용 소자 또는 광학 격자용 기관)도 또한 가능하다.

[0037] 도 1은 반도체 구성 소자 및 다른 미세 구조의 구성 소자의 제조에서 사용될 수 있고, 마이크로미터의 비율까지 해상도를 얻도록 DUV(deep ultraviolet region)로부터의 전자기 방사 또는 광으로 동작하는 마이크로리소그래피 투영 노광 머신(WSC)의 일 예를 도시한다. 대략 193 nm의 동작 파장 λ 을 갖는 ArF 엑시머 레이저는 일차 방사원 또는 광원(LS)으로서 동작한다. 예를 들면, 157nm의 동작 파장을 갖는 F2 레이저 또는 248nm의 동작 파장을

갖는 ArF 엑시머 레이저가 가능한 다른 UV 레이저 광원이 유사하게 가능하다.

- [0038] 출사면(ES)에서, 광원(LS)의 하류의 조명 시스템(ILL)은, 광로에서 하류에 배열된 투영 대물렌즈(PO)의 텔리센트링 필요사항에 적응된, 크고, 좁게 제한되고 실질적으로 균일하게 조명된 조명 필드를 생성한다. 조명 시스템(ILL)은 상이한 조명 모드를 설정하는(조명 설정) 장치를 갖고, 예를 들면 종래의 상이한 정도의 코히어런스(σ)를 갖는 온-축(on-axis) 조명과 오프-축(off-axis) 조명 사이에서 전환될 수 있으며, 오프-축 조명 모드는 예를 들면 환형 조명 또는 다이폴 조명 또는 쿼드러폴 조명 또는 다른 멀티폴 조명을 포함한다. 적합한 조명 시스템의 설계는 주지의 사항이므로, 여기서는 상세히 설명하지 않는다. 특허 출원 US 2007/0165202 A1(WO 2005/026843 A2에 대응)은 다양한 실시예를 고려하여 사용될 수 있는 조명 시스템의 예를 나타낸다.
- [0039] 투영 노광 머신의 조명 시스템(ILL)은 레이저(LS)의 광을 수광하여, 광에서 레티클 M을 향하는 조명 방사를 형성하는 광학 구성 소자를 포함한다.
- [0040] 조명 시스템의 하류의 광로에, 마스크(M)(레티클)를 유지하고 조작하는 장치 RS가, 레티클에 배열된 패턴이 투영 대물렌즈(PO)의 오브젝트 면(OS)에 있도록 배열되며, 투영 대물렌즈(PO)의 오브젝트 면(OS)은 조명 시스템의 출사면(ES)의 오브젝트 면(OS)과 일치하며, 여기서 레티클 면(OS)으로 또한 표시된다. 스캐닝 방향(y-방향)으로의 스캐너 동작을 위해, 마스크는 스캐닝 장치를 이용하여 광축 OA(z-방향)에 직교하는 방식으로 이 면에서 이동될 수 있다.
- [0041] 레티클 면(OS)의 다음의 하류에, 축소 대물렌즈로서 동작하고, 마스크 M 상에 배열된 패턴의 이미지를 감소된 규모(예를 들면, $1:4$ ($|\beta| = 0.25$) 또는 $1:5$ ($|\beta| = 0.20$)까지)로 기관(W)으로 이미징하는 투영 대물렌즈(PO)가 존재하며, 기관(W)은 감광층이 코팅되고, 그 감광 기관 표면(SS)이 투영 대물렌즈(PO)의 이미지 면(IS)의 영역에 존재한다.
- [0042] 노광되는 기관은, 일 예의 경우에 반도체 웨이퍼(W)이며, 광축(OA)에 직교하는 스캐닝 방향(y-방향)으로 레티클(M)과 동기하여 웨이퍼를 움직이는 스캐너 장치를 포함하는 장치(WS)에 의해 유지된다. "웨이퍼 스테이지(wafer stage)"로 또한 표기되는 장치(WS)와 "레티클 스테이지(reticle stage)"로 또한 표기되는 장치(RS)는, 투영 노광 머신의 중앙 제어 장치(CU)에서 실시예의 경우에 집적되는 스캐닝/제어 장치에 의해 제어되는 스캐너 장치의 구성 소자이다.
- [0043] 조명 시스템(ILL)에 의해 생성된 조명 필드는 투영 노광에서 사용되는 유효한 오브젝트 필드(OF)를 규정한다. 일 예의 경우에, 이것은 직사각형이며 스캐닝 방향(y-방향)에 평행하게 측정된 높이 A^* 와, 스캐닝 방향에 수직하게(x-방향) 측정된 높이 폭 $B^* > A^*$ 을 갖는다. 어스펙트비 $AR = B^*/A^*$ 는 2와 10 사이, 특히 3과 6 사이에 일반적으로 있다. 유효 오브젝트 필드는 y-방향으로 공간을 두고 광축 다음에 존재한다(오프-축 필드). 유효 오브젝트 필드와 광학적으로 켈레인 이미지 면(IS)에서 유효 이미지 필드는 유효 오브젝트 필드와 동일한 형상과 높이 B와 폭 A 사이의 동일한 어스펙트비를 갖지만, 필드 절대치는 투영 대물렌즈의 이미징 스케일(β)만큼 감소되며, 즉, $A = |\beta| A^*$, $B = |\beta| B^*$ 이다.
- [0044] 도 2는 동작 동안 투영 대물렌즈를 통과하는 투영 방사의 이미징 빔 경로를 설명하기 위해, 선택된 빔을 갖는 반사굴절 투영 대물렌즈(200)의 실시예의 메리디언 렌즈 섹션의 다이어그램을 나타낸다. 투영 대물렌즈는, 마스크의 오브젝트면(OS)에 배열된 패턴을 축소된 스케일로, 예를 들면 4:1의 스케일로, 오브젝트 면에 평행하게 정렬된 이미지 면(IS)으로 이미징할 목적으로, 축소 이미징 시스템으로서 설치된다. 이 경우, 정확히 2개의 실제 중간 이미지(IMT1, IMT2)가 오브젝트 면과 이미지 면 사이에 생성된다. 오브젝트 면의 패턴이 크기의 변화없이 실질적으로 제1 중간 이미지(IMT1)로 이미징되도록, 투명한 광학 소자와 배타적으로 구성된 제1 대물렌즈 부분(OP1) 및 그러므로 순수 굴절(굴절 광학) 대물렌즈 부분(OP1)이 설계된다. 제2 반사굴절 대물렌즈 부분(OP2)은 제1 중간 이미지(IMT1)를 제2 중간 이미지(IMT2)로 실질적으로 크기의 변화없이 이미징한다. 제3 순수 굴절 대물렌즈 부분(OP3)은 제2 중간 이미지(IMT2)를 더 강하게 축소하며 이미지 면(IS)으로 이미징하도록 설계된다.
- [0045] 오브젝트면과 제1 중간면 사이, 제1 및 제2 중간면 사이, 제2 중간면과 이미징 시스템의 이미지 면 필름 면(P1, P2, P3) 사이에, 광학 이미지의 주요 광선(CR)이 광축(OA)과 교차하는 곳이 존재한다. 시스템의 어퍼쳐 스톱(AS)이 제3 대물렌즈 부분(OP3)의 필름 면(P3)의 영역에 맞춰진다. 반사굴절 제2 대물렌즈 부분(OP2) 내부의 필름 면(P2)이 오목 미러(CM)의 중간 근방에 존재한다.
- [0046] 투영 대물 렌즈가 이머전 대물렌즈로서 설계 및 동작되면, 투영 대물렌즈의 동작 동안 방사가 투영 대물렌즈의 출사면과 이미지 면(IS) 사이에 위치하는 침액(immersion liquid)의 박층을 통해서 전달된다.
- [0047] 비슷한 기본 설계를 갖는 이머전 대물렌즈가 예를 들면 국제 특허 출원 WO 2004/019128 A2에 개시되어 있다. 이

머진 동작 동안 이미지측 개구수 $NA > 1$ 이 가능하다. 드라이 대물렌즈로서의 구성이 또한 가능하며, 여기서, 이미지측 개구수는 $NA < 1$ 값으로 제한된다.

- [0048] 반사굴절 제2 대물렌즈 부분(OP2)은 투영 대물렌즈의 단일 오목 미러(CM)를 포함한다. 2개의 네가티브 렌즈(L2-2, L2-3)를 갖는 네가티브 그룹(NG)이 오목 미러의 상류에 바로 위치한다. 이 배열에서, 때때로 Schupmann Achromat, Petzval 보정이라고 칭해지는, 즉, 이미지 필드 곡률의 보정이 오목 미러와 그 근방의 네가티브 렌즈의 곡률에 의해 산출되며, 색채 보정이 오목 미러의 상류의 네가티브 렌즈의 굴절력 및 오목 미러에 대한 다이아프램의 배치에 의해 산출된다.
- [0049] 반사 편향 장치는 오브젝트 면(OS)으로부터 오목 미러(CM)로 향하는 빔 또는 그 빔으로부터 대응 부분 빔 경로(RB1) 또는 오목 미러에서의 반사 후, 오목 미러와 이미지 면(IS) 사이에서 진행되는 부분 빔 경로(RB2)를 분리할 목적을 행한다. 결국, 편향 장치는 오브젝트 면으로부터 나오는 방사를 오목 미러(CM)로 반사시키는 평탄한 제1 편향 미러(FM1)와, 제1 편향 미러(FM1)에 대해 직각으로 정렬되어 오목 미러에 의해 반사된 방사를 이미지 면(IS)의 방향으로 편향시키는 제2 편향 미러(FM2)를 갖는다. 광축은 편향 미러에서 폴딩되기 때문에, 편향 미러는 본 출원에서 폴딩 미러로서 또한 칭해진다. 투영 대물렌즈의 광축(OA)에 대해서, 편향 미러는, 광축에 직교하고 제1 방향(x-방향)에 평행한 틸트 축 주위로, 예를 들면 45° 틸트된다. 스캐닝 동작을 위한 투영 대물렌즈의 하나의 설계에서, 제1 방향(x-방향)은 주사 방향(y-방향)에 직교하므로, 마스크(레티클) 및 기관(웨이퍼)의 움직임 방향에 직교한다. 결국, 편향 장치는, 서로 직교하게 정렬된, 외부적으로 은으로 도금된 단면이 편향 미러로서 기능하는 프리즘으로 구현된다.
- [0050] 중간 이미지(IMT1, IMT2)는, 중간 이미지에 근접하여 있는 폴딩 미러(FM1, FM2)의 광학적 근방에 각각 있지만, 미러 표면 상의 가능한 에러가 이미지면으로 예리하게 이미지되지 않도록 최소 광학 거리에 있고, 편평한 편향 미러(면 미러)(FM1, FM2)가 보통의 방사 에너지 밀도의 영역에 있다.
- [0051] (축방의) 중간 이미지의 위치는, 오브젝트 면 및 이미지 면과 각각 광학적으로 켈레인 시스템의 필드 면들을 규정한다. 그러므로, 편향 미러는 시스템의 필드 면의 광학적 근방에 위치하며, 또한 이것을 본 출원의 범위내에서 "필드-근방(near-field)"라고 칭한다. 여기서, 제1 편향 미러가 제1 중간 이미지(IMT1)에 속하는 제1 필드면의 광학적 근방에 배열되고, 제2 투영 미러가 제1 필드면과 광학적으로 켈레이고 제2 중간 이미지(IMT2)에 속하는 제2 필드면의 광학적 근방에 배열된다.
- [0052] 참조면(예를 들면 필드면 또는 퓨필 면)에 대한 광학 면의 광학적 거리 또는 광학적 근방은 본 출원에서 소위 서브개구율(subaperture ratio: SAR)로 서술되어 있다. 광학 면의 서브개구율(SAR)은 본 출원의 목적을 위해 다음과 같이 정의되며,
- [0053]
$$SAR = \text{sign } h / (r / (|h| + |r|))$$
- [0054] r 은 주변 광선 높이를 나타내고, h 는 주요 광선 높이를 나타내고, 사인 함수 $\text{sign } x$ 는 x 의 사인을 나타내며, 관례대로 $\text{sign } 0 = 1$ 로 유지한다. 주요 광선 높이는 절대적으로 최대 필드 높이를 갖는 오브젝트 필드의 필드 포인트의 주요 광선의 높이로 이해된다. 광선 높이는 사인을 갖는 것으로 여기에 이해된다. 주변 광선 높이는, 오브젝트 면과의 광축의 교점으로부터 발하는 최대 개구를 갖는 광선의 광선 높이로서 이해된다. 이 필드 포인트는, 특히 오프-축 이미지 필드의 경우에, 오브젝트 면에 배열된 패턴의 전달을 가져올 필요는 없다.
- [0055] 서브개구율은 사인을 갖는 변수이고, 필드 또는 퓨필로의 빔 경로에서 면의 근방의 측정치이다. 정의상 서브개구율은 -1과 +1 사이의 값으로 표준화되고, 서브개구율은 각 필드면에서 0이고, 서브개구율은 퓨필면에서 -1에서 +1로 또는 그 역으로 점프한다. 그러므로, 절대적으로 1의 서브개구율은 퓨필면을 결정한다.
- [0056] 그러므로, 필드-근방 면은 0 근방에 있는 서브개구율을 가지며, 면 근방의 퓨필은 절대적으로 1 근방에 있는 서브개구율을 갖는다. 서브개구율의 사인은 참조면의 상류 또는 하류의 면의 위치를 명시한다.
- [0057] 광학 소자는 편향 미러와 가장 근방(중간 근방)에 있는 중간 이미지 사이에 배열되고, 서브개구율(SAR)은 절대적으로 0.3보다 작고, 특히, 0.2보다 작은 것이 양 편향 미러에 대해서 유지된다. FM1에 대해서 $SAR = +0.137$ 이고, FM2에 대해서 $SAR = +0.040$ 인 것이 유지된다.
- [0058] 방사가 이중으로 전달되는 투영 대물렌즈의 영역에서 폴딩 미러(FM1, FM2)와 오목 미러(CM)사이에, 2개의 반대의 진행 방향에서 사용되고, 오브젝트 면(OS) 또는 제1 중간 이미지(IMI1) 및 오목 미러(CM) 사이의 제1 부분 빔 경로와, 오목 미러와 제2 중간 이미지(IMI2) 또는 이미지 면(IS) 사이의 제2 부분 빔 경로 모두에, 상호 오프셋 렌즈 영역에서 방사가 전달되는 양볼록의 포지티브 렌즈(L2-1)가 있는 것이 시스템의 특별한 특징이다. 포

저티브 렌즈(L2-1)가 오목 미러(CM)보다 폴딩 미러(FM1, FM2)에 더 근접하게, 특히, 폴딩 미러와 오목 미러 사이의 축 공간의 1/3에 배열된다. 포저티브 렌즈(L2-1)가 제1 중간 이미지(IM11)를 참조하고, 제2 중간 이미지(IM11)를 참조하여 필드-근방 방식으로 배열되고, 그러므로, 2개의 중간 이미지를 참조하여 필드 렌즈로서 동작한다. 오브젝트 필드와 오목 미러 사이의 광로에서 제1 트랜짓 동안, 편향 미러를 대향하는 표면(L2-1-1) 상의 서브개구율은 $SAR = -0.175$ 이고, 다른 표면에서 $SAR = -0.249$ 이다. 오목 미러와 이미지 면 사이의 광로에서 제2 트랜짓 동안, 광입사면(L2-1-2)에서 $SAR = +0.254$ 이고, 편향 미러를 대향하는 광출사면에서 $SAR = 0.180$ 인 것을 유지한다. 그래서, 각각의 경우에, 렌즈 표면에서 서브개구율은 절대적으로 0.3보다 작다.

[0059]

제1 중간 이미지(IM11)와 오목 미러(CM) 사이의 광로에서, 굴절력의 효과는, 그중에서도, 오목 미러의 바로 상류에 배열된 네가티브 그룹(NG)의 다음의 렌즈(L2-2, L2-3)의 지름과 오목 미러(CM)의 지름이 작게 유지될 수 있다는 것이다. 오목 미러에서 제2 중간 이미지(IM12)와 이미지 면으로의 광로에서, 포저티브 굴절력은 제2 폴딩 미러(FM2)에 이르는 방사의 입사각 대역폭의 감소를 가져오며, 그러므로, 유리한 반사층으로 코팅될 수 있다. 또한, 필드 렌즈는 이미지 필드에 가장 근접한 굴절 제3 대물렌즈 부분(OP3)에서 렌즈 지름의 제한에 유리하게 동작하고, 이머전 투영 대물렌즈의 높은 이미지측 개구수($NA = 1.30$)를 제조하는데 실질적으로 원인이 된다.

[0060]

이러한 포저티브 필드 렌즈의 구성에 대한 또한 장점 및 옵션은 출원인의 공개 번호 WO 2005/111689 A2의 국제 특허 출원에 서술되어 있다. 도 2의 일 예의 실시예의 선택적인 설계는 WO 2005/111689 A2의 도 11에 도시된 일 예의 실시예에 대응한다. WO 2005/111689 A2의 내용은 본 설명에서 참조로 이 정도로 통합되어 있다.

[0061]

투영 대물렌즈의 동작 동안, 필드-근방 위치에 배열된 포저티브 렌즈가, 이미징 빔 경로에서 전파되는 방사로 인해, 비회전 대칭 렌즈 히팅 효과를 가져올 수 있는 비회전 대칭 방사 부하로, 노광된다. 설명의 목적으로, 도 3b는 광축에 평행한 방향의, 편향 미러(FM1, FM2)를 대향하는 비구면 곡선 렌즈 표면(L2-1-1)의 탐부를 나타내고, 도 3c는 오목 미러(CM)를 대향하는 비구면 곡선 렌즈 표면(L2-1-2)의 대응하는 축의 탐부를 나타낸다. (비구면 렌즈 표면에 대해서) 소위 풋프린트(FTP1-1, FTP2-1)와 구면 렌즈 표면에 대해서 각각 FTP1-2, FTP2-2가 렌즈 표면에 각각 도시된다. 각각의 경우에 풋프린트는 투영 빔에 의해 전체 조명되는 광학적으로 유용한 영역 내의 영역에 대응한다. 도식의 도식에서, 풋프린트는 모서리가 둥글려진 직사각형으로서 대략 도시된다. 이것은 렌즈가 필드 근방에 있기 때문에(작은 개구율) 렌즈 표면의 위치에서 투영 빔의 단면이 효과적인 오브젝트 필드의 직사각형 형상에 대략 대응하는 것을 도시한다. 풋프린트의 둥글려진 모서리는, 가장 근접한 필드면(즉, 가장 근접한 중간 이미지)의 위치에 대한 렌즈 면의 광학적 간격으로 인해서, 직사각형 형상이 정확한 직사각형 형상으로부터 벗어나는 것을 도시한다. 도시된 투영 대물렌즈에서 투영 빔의 단면이 필드 면의 근방에 있는 광학 면의 실질적으로 원형인 것으로 또한 서술될 수 있다.

[0062]

x-z 면 위에 각각 도시된 풋프린트(FTP1-1, FTP1-2)는, 오목 미러의 방향으로 오브젝트 면으로부터 진행하고, 비구면 렌즈면(L2-1-1)이 광 입사 면으로서 동작하는 제1 부분 빔 경로(RB1)에 각각 속하고, 구면 렌즈 면(L2-1-2)은 광출사면으로서 동작한다. 대조적으로, x-z 면 아래에 각각 존재하는 풋프린트(FTP2-1, FTP2-2)는, 오목 미러와 이미지 면 사이의 제2 부분 빔 경로(RB2)에 속하고, 여기서 구면 렌즈면(L2-1-2)이 광 입사 면으로서 동작하고, 비구면 렌즈 면(L2-1-1)은 광출사면으로서 동작한다.

[0063]

제2 대물렌즈 부분(OP2)이 - 1:1의 이미징 스케일을 갖는 사실로 인해, 적어도 대략, x-z 면의 양 측 위에 존재하는 풋프린트는, x-z 면에 대해 미러 - 이미지 방식으로 배열되어 있지만, 실질적으로 크기가 동일하고, 매우 유사한 형상을 갖는다. 그러므로, 전체 결과는, 광축(OA)을 기준으로 회전적 대칭인 것을 나타내지 않지만, x-z 면에 대해 대략 미러-대칭인 비회전 대칭 방사 부하인 것이다. 특히, x-방향에 따른 방사 부하가 거기에 직교하는 y-방향보다 에지 영역에 더 근접하게 도달하는 것이 현저하다. 그러므로, x-방향으로 존재하는 에지 영역의 구역들은, 조명된 영역으로부터 더 큰 방사상의 공간을 갖는 y-방향으로 존재하는 구역들보다 강하게 가열되는 경향이 있다.

[0064]

이 비회전 대칭 회전 부하의 이미징 품질에 대한 가능한 부정적인 효과는, 일 예의 실시예에서, 원주 방향으로 구획된 한 쌍의 폴스 광 다이어프램(SLS1, SLS2)을 갖는 제1 다이어프램 배열(SA1)을 이용하여 적어도 부분적으로 보상된다. 상기 다이어프램의 스크리닝 효과는 광학적으로 유용한 영역에서(즉, 풋프린트 영역에서) 방사 부하의 공간 분포에 적응되므로, 렌즈의 에지 영역의 특정 세그먼트로의 폴스 광의 복사가 목표된 방식으로 허용되므로, 폴스 광은 폴스 광에 의해 복사되는 영역에서 렌즈 재료를 유사하게 약간 가열할 수 있어서, 투영 빔에 의해 생긴 비대칭 렌즈 변형을 적어도 부분적으로 보상한다. 결국, 제1 폴스 광 다이어프램(SLS1)은 포저티브 렌즈의 비구면 렌즈 표면(L2-1-1)의 바로 상류에, 즉, 포저티브 렌즈와 폴딩 미러 사이에 기하학적으로 맞춰지

며, 반대의 비구면 렌즈 표면(L2-1-2)의 바로 근방에, 특정 방위 영역에서 렌즈의 에지 영역의 일부를 스크리닝하고, 다른 방위 영역은 자유롭게 두는 제2 폴스 광 다이어프램(SLS2)이 있다. 제1 부분 빔 경로(RB1)를 참조하면, 제1 폴스 광 다이어프램(SLS1)이 렌즈의 상류에 위치하며, 제2 폴스 광 다이어프램(SLS2)이 하류에 위치한다. 오목 미러와 이미지 면 사이를 진행하는 제2 부분 빔 경로(RB2)를 참조하면 역할이 반전되어, 제2 폴스 광 다이어프램(SLS2)은 포저티브 렌즈(L2-1)의 바로 상류에 배열되며, 제1 폴스 광 다이어프램(SLS1)은 바로 하류에 배열된다.

[0065]

폴스 광 다이어프램의 기하학적 형상은, 편향 미러(FM1, FM2)를 대향하는 제1 폴스 광 다이어프램(SLS1)에 대해서도 3B를 이용하여 더 상세하게 설명된다(도 6과 비교). 폴스 광 다이어프램은 방사 방향으로 렌즈 외측에 완전히 존재하는 외부 링 섹션을 갖는다. 서로 오프셋된 4개 영역에서, 원주 방향으로, 직사각형 스크리닝 섹션(SP1-1, SP1-2, SP2-1, SP2-2)은 렌즈의 에지 영역에 따라서 방사상으로 내측으로 각각 투영하고, 예를 들면, 10 ~ 20°의 특정 원주 각도를 넘어서 에지 영역의 원주 섹션을 포함한다. 그러므로, 다이어프램 지름은 이들 방위각 영역에서 렌즈 지름보다 더 작다. 스크리닝 섹션은 풋프린트의 외측 코너가 렌즈의 에지 영역의 방향으로 특히 멀리 이르는 원주의 위치에서, 즉, 열적 부하가 심지어 렌즈의 에지 영역의 방향으로 다른 원주 섹션에 대해서 큰 위치에서, 광축의 방향으로 내측으로 각각 투영한다. 전체 결과는 x-z면에 대해서 미러 대칭이지만, 회전 대칭은 아니다. 대략 90°의 원주방향의 폭을 각각 갖는, y-방향에 대칭으로 있는 중간 영역에서, 에지 영역의 스크리닝이 발생하지 않고, 그래서 렌즈의 에지까지 멀리 스크리닝하지 않고 비출 수 있다. 대략 45°의 원주방향의 폭을 각각 갖는, x-방향에 대칭으로 있는 원주 방향 섹션에 대해 동일하게 유지된다. 스크리닝되지 않은 영역에서, 폴스 광을 통한 렌즈의 가열은, 전체 렌즈의 열적 부하가, 오로지 투영 빔에 존재하는 유용한 방사로 인한 열적 부하의 경우보다 더 적은 일정하지 않은 방식으로 발생할 수 있다(풋프린트와 비교). 이것은 열적 방사 부하에 특정 정도의 대칭을 가져와서, 이로 인해 생긴 수차의 감소를 가져온다.

[0066]

포저티브 렌즈(L2-1)와 오목 미러 사이에 있는 제2 폴스 광 다이어프램(SLS2)의 적절한 형상은, 원주 방향으로 구획된, 오목 미러의 측의 대응하는 스크리닝을 보장한다. 여기에서, 한편, 오목 미러의 측으로부터 포저티브 렌즈로 통과하는 경향이 있는 우선 오버-개구된 광을 부분적으로 스크리닝하고, 이미징 빔 경로에 속하지 않고 오목 미러에 의해 반사된 방사를 부분적으로 스크리닝하는 것이 가능하다.

[0067]

광학 소자의 상류에 맞춰진 제1 폴스 광 다이어프램과 광학 소자의 바로 하류에 맞춰진 제2 폴스 광 다이어프램을 갖는 다이어프램 배열이, 투영 대물렌즈의 하나 또는 이상의 다른 렌즈의 경우에, 교대로 또는 추가적으로 설치될 수 있다. 보기의 경우에, 이러한 양방향으로 유효한 제2 다이어프램 배열(SA2)이, 네가티브 렌즈가 편향 미러와 오목 미러 사이의 2-폴드 빔 트랜짓에 배열된 네가티브 그룹(NG)의 네가티브 렌즈(L2-2)에 할당된다. 오목 미러(CM)에서 제2 퓨필 면(P2)에 이 네가티브 렌즈가 가장 가깝기 때문에, 투영 빔은 여기서 큰 원형 단면을 갖는다. 2개의 폴스 광 다이어프램은 원형 다이어프램 개구가 대응하여 구비되며, 즉, 원주방향으로 분할되지 않는다(도 5와 비교). 그러므로, 이 렌즈의 광학적으로 비사용된 에지 영역이, 폴스 광의 효과에 대해 양 측에서 완전히 스크리닝될 수 있다.

[0068]

제3 다이어프램 배열(SA3)이, 상기 렌즈의 상류와 하류 모두에 전체 원주에 걸쳐서, 폴스 광에 대해서 일정하게, 이미지 면에 대해 볼록한 포저티브 메니스커스 렌즈(L3-6)의 에지 영역을 스크리닝하도록, 단일 빔 트랜짓의 영역에서 제3 대물렌즈 부분(OP3) 내에 일 예의 실시예에 설치된다. 광학적 관점으로부터, 서브개구비 SAR = 1이고, 투영 빔의 지름이 실질적으로 원형인 경우에, 포저티브 렌즈(L3-6)는 제2 중간 이미지(IMI2)(서브개구비 SAR = 0)와 다음의 제3 퓨필면(P3) 사이의 중간 영역에 존재한다.

[0069]

서술된 폴스 광 다이어프램이, 제3 퓨필 면(P3)의 영역에 배열된 투영 대물렌즈의 개구 다이어프램(AS)에 추가하여 설치되고, - 개구 스톱과 다르게 - 투영 빔의 단면을 제한하도록 동작하지 않는 것이 또한 서술된다. 이 예에서, 개구 스톱(AS)은, 다이어프램 개구의 지름을 변경시킴으로써 투영 동작을 위해 실제로 사용되는 이미지 측 개구수를 설정하도록, 원형 다이어프램 개구를 갖는 가변 다이어프램으로 구성된다. 그래서 이러한 개구 스톱은 이미징 빔 경로를 제한하고, 폴스 광 다이어프램은 이미징 빔 경로에 도달하지 않으므로, 이미징을 원하는 방사의 구성 소자를 차단하지 않는다. 대체적으로, 폴스 광 다이어프램은 간단하고, 변치않는 다이어프램 기하학적 형상을 갖는 비가변 다이어프램으로서 설계된다. 그러나, 개별 폴스 광 다이어프램은, 필요하면, 가변 다이어프램으로서 설계될 수 있다.

[0070]

보기의 경우에, 폴스 광 다이어프램은 각각의 경우에 렌즈로부터 분리된 구성 소자이며, 이것은 예를 들면, 금속 재료로 구성되고, 적절하면, 광학적으로 활성적인 코팅으로 코팅될 수 있다. 또한, 예외적인 경우에 예를 들면, 렌즈의 에지 영역의, 반사적인 것을 코팅함으로써 폴스 광 다이어프램을 구현하는 것이 가능하다.

- [0071] 다이어프램 배열(SA4)의 설계와 기능에 대한 상세한 대응을 도 4를 이용하여 설명하며, 도 4는 상기 서술된 투영 대물렌즈의 필드 렌즈(L2-1) 또는 다른 위치에 설치된 렌즈일 수 있는 양 볼록 포지티브 렌즈(L)를 통해, 광축(OA)을 포함하며, 섹션 면을 따르는 축상 섹션을 나타낸다. 렌즈는 본질적으로 환형 홀딩 장치(HD)(다이어프램으로만 도시)에 의해 그 위치에 유지된다. 홀딩 장치는 렌즈의 원주 위에 일정하게 분포하고, 렌즈의 원형, 환형 에지 영역(ER)에 동작하고, 접촉 구역(CZ)의 영역에서 에지 영역과 접촉하는 복수의 홀딩 소자(HE1, HE2)를 갖는다. 광 특성을 갖는 각각의 경우에 연마 및/또는 이온 빔 처리 및/또는 일부 다른 방식으로 처리되는, 렌즈 표면의 광학적으로 유효한 영역(OPT)이 광축 주위에 존재한다. 이 광 특성은 에지 영역(ER)에서 얻어질 필요는 없다.
- [0072] 수평 광축을 갖고 설치된 렌즈의 예의 경우에, 홀딩 소자는 렌즈의 정면 및 후면에서 동작한다. 예를 들면, 렌즈는, 클램핑에 의해(예를 들면, US 2003/0234918 A1) 또는 접합층을 이용해 접합함으로써(예를 들면, US 6,097,536 또는 US 7,081,278과 비교), 접촉 구역의 영역에서 홀딩 장치에 고정될 수 있다. 렌즈에 홀딩 소자를 고정하는 것에 대해 이들 문헌의 개시된 내용이 참고로 본 명세서에 통합된다. 교대로 또는 추가로, 예를 들면, 결합 및/또는 폼 클로저(form closure) 및/또는 포스 클로저(force closure)에 의해, 홀딩 소자와 광학 소자 사이의 상대 움직임이 방지되는 것을 보장하는 다른 고정 기술을 사용할 수 있다. 밀면에 일측 홀딩 및 고정은 수직 광축이 설치된 렌즈의 경우에 만족될 수 있다.
- [0073] 도 2 및 3과 함께 상기 이미 설명된 것과 유사하게, 렌즈의 바로 상류에 배열된 제1 폴스 광 다이어프램(SLS4-1)과 렌즈의 바로 하류에 배열된 제2 폴스 광 다이어프램(SLS4-2)을 갖는 다이어프램 배열(SA4)이 할당된다. 폴스 광 다이어프램은 반대의 홀딩 소자(HE1, HE2)를 스크리닝하도록 각각 형상을 갖는다. 폴스 광 다이어프램은 폴스 광에 대해 완전히 도시된 반대의 홀딩 소자(HE1, HE2)를 스크리닝하고 각각의 접촉 구역에 걸쳐서 내측으로 보호하도록 각각 형상을 가지므로, 폴스 광 다이어프램의, 내측 다이어프램 에지(SE1, SE2) 각각이 접촉 구역보다 이들 홀딩 소자의 영역에서 광축에 더 근접하게 있다. 폴스 광 다이어프램은 광축(OA)에 직교하는 면에 실질적으로 정렬된, 외측의, 편평한, 실질적으로 환형의 외측 섹션(OP) 및 예를 들면, 절두 원추체의 형상이고, 스크리닝되는 각각 렌즈면의 방향으로 비교적 가파른 방식으로 광축에 대해 비스듬히 정렬되는 내측 섹션(IP)을 각각 갖는다. 그 결과, 다이어프램 에지(SE1 또는 SE2)는 스크리닝되는 렌즈 면에 매우 근접하게 놓여지고, 동시에 실장 기술, 특히 홀딩 소자를 장착하도록 폴스 광 다이어프램과 보호된 렌즈 면 사이에서 충분한 간격이 또한 남겨진다. 광축에 대해 평행하게 측정되는 렌즈 면으로부터의 간격은 다이어프램 에지의 영역에 1 mm 미만 예를 들면, 적절히 0.1mm에 놓여질 수 있다. 그럼으로써, 예리하게 에지된 스크리닝이 얻어진다. 그러나, 간격이 유한하므로 물리적 접촉이 신뢰성있게 회피된다. 홀딩 장치는 그 축 면과 각각의 폴스 광 다이어프램에 의해 광축을 대향하는 그 내측에서 폴스 광 다이어프램에 의해 스크리닝되므로, 실제로, 폴스 광이 홀딩 소자를 통과할 수 없다.
- [0074] 홀딩 소자의 일부가 접촉 구역의 영역에서 폴스 광에 고의로 노광되고, 즉, 스크리닝되지 않도록 폴스 광을 만들 가능성이 또한 있는 것을 도 6을 이용하여 설명한다.
- [0075] 상이한 다이어프램 기하학적 형상을, 다이어프램 배열이 설치된 렌즈 면의 축의 도면을 각각 나타내는 도 5, 6, 7을 이용한 예를 통해 설명한다. 참조 기호 SE는 각각의 경우에 폴스 광 다이어프램의 내부 다이어프램 에지를 나타내며, 상기 에지는 연속선으로 도시된다. 참조 기호 LE는 각각의 경우에 렌즈의 외측 렌즈 에지를 나타내며, 축의 도면에서 폴스 광 다이어프램에 의해 덮여졌을 때 점선으로 도시되며, 렌즈 에지가 다이어프램 에지 내부에 방사상으로 존재하므로 폴스 광에 노광될 때 연속선으로 도시된다. 참조 심볼 HE는 홀딩 장치의 홀딩 소자를 일반적으로 나타내며, 소자는 각각의 렌즈의 에지 영역과 접촉한다. 이들은 폴스 광 다이어프램에 의해 덮여지므로 스크리닝되는 각각의 경우에 점선으로 그려져 있다. 홀딩 소자의 어느 부분이나 스크리닝되지 않으므로 폴스 광에 노광되어, 홀딩 소자는 연속선으로 도시된다. 각각의 경우에 렌즈 표면 위의 해칭된 면은 각각의 가시 렌즈 표면 상의 투영 빔의 풋프린트 또는 풋프린트들을 나타낸다. 그래서, 이들 표면의 외측 에지는 대응하는 렌즈 표면 상의 이미징 빔의 측면 에지를 나타낸다.
- [0076] 도 5는 원형 다이어프램, 즉 원형 다이어프램 개구를 갖는 폴스 광 다이어프램의 예를 나타낸다. 폴스 광 다이어프램이 필드 면의 근방에 맞춰진 렌즈 위에 설치되며, 그 일부는 풋프린트(FTP5)의 거의 원형 단면으로부터 검출될 수 있다. 렌즈의 전체 원주에 걸쳐, 폴스 광 다이어프램은 모든 홀딩 소자와 렌즈의 전체 에지 영역을 덮고, 투영 빔의 단면보다 다소 더 큰 광학적으로 유용한 영역의 원형 섹션을 자유롭게 남겨둔다. 투영 빔과 다이어프램 에지 사이의 방사상 공간은 전체 원주에 걸쳐 0.1mm와 1mm 사이에 있다. 폴스 광 다이어프램은 투영 빔의 단면을 제한하지 않지만, 안쪽으로 돌출하는 홀딩 소자와 폴스 광 조사의 상류의 접촉 구역을 포함하는 전체 실장 기술을 보호한다. 예를 통해, 도 2 및 도 3의 일 예의 실시예에서, 제2 다이어프램 배열(SA2)의 폴스

광 다이어프램은 원형 다이어프램으로서 네가티브 렌즈(L2-2) 주위에 구성될 수 있다.

[0077]

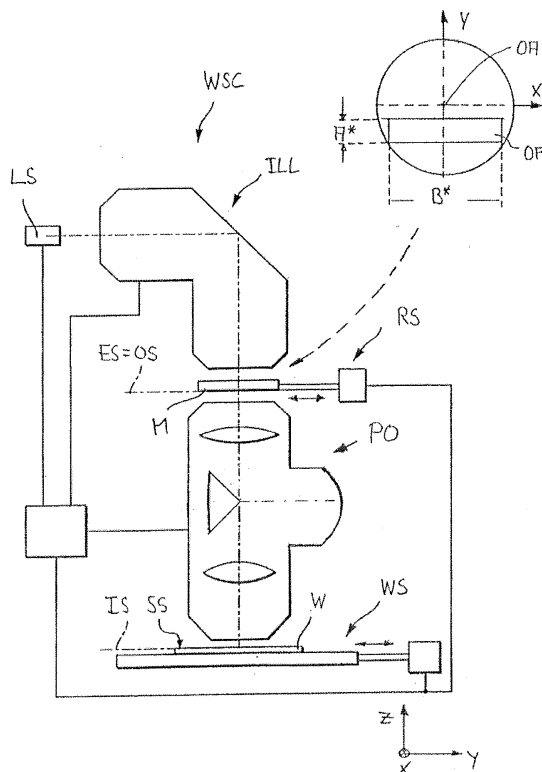
도 6은, 도 3에 이미 도시된, 제 1다이어프램 배열(SA1)의 폴스 광 다이어프램을 나타내지만, 여기서, 홀딩 소자의 스크리닝을 보다 유효하게 검출하는 것이 가능하다. 안쪽으로 돌출하는 스크리닝 섹션(SP1-2 ~ SP2-2)의 영역에서, 완전히 스크리닝되는 렌즈의 에지 영역뿐 아니라 거기에서 동작하는 홀딩 소자가 있다. 그래서, 폴스 광 조사에 의해 생긴 열의 로컬 생성이 발생할 수 없다. 대조적으로, x-축 방향으로 서로 반대의 홀딩 소자는 부분적으로만 덮여지므로, 홀딩 소자의 방사상으로 내측으로 존재하는 끝은 다이어프램 개구 내부에 존재하므로, 폴스 광의 조사에 노광된다. y-방향으로 서로 대향하여 존재하는 각각의 3개의 인접하는 홀딩 소자의 그룹에 대해 동일하게 유지된다. 스크리닝되지 않은 접촉 구역의 영역에 가능하게 생성된 열은 포토레지스트의 영역에 생성된 렌즈의 열적 부하의 비대칭이 감소하도록 공간적으로 분포되어, 특정 정도 더 일정한 렌즈의 열적 부하를 가져 온다.

[0078]

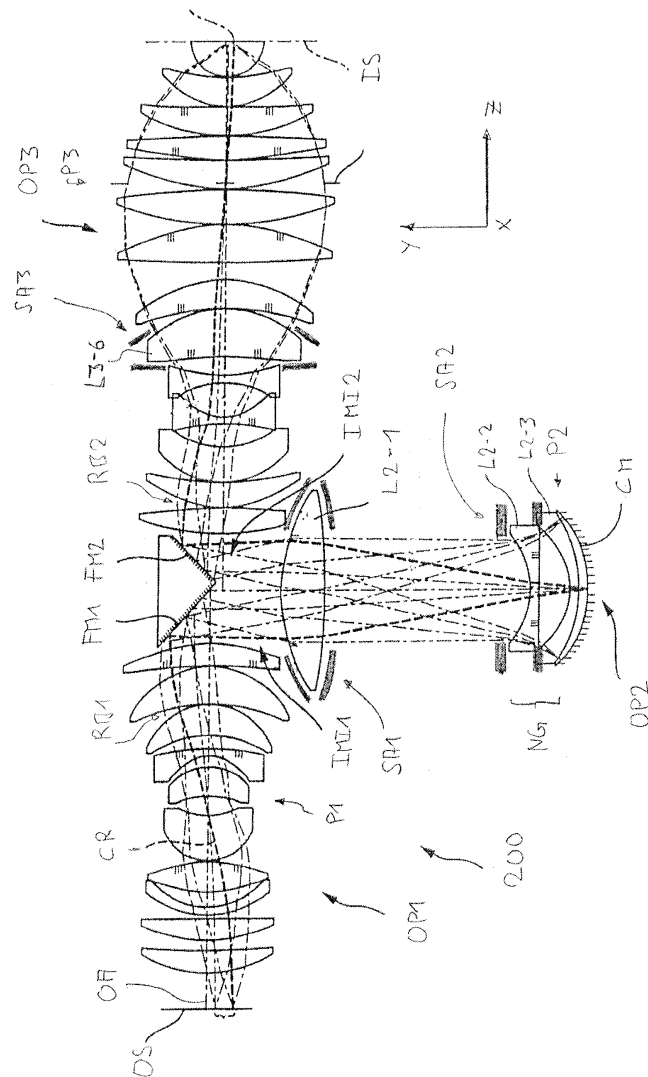
도 7은, 원형이 완전치 않은 내부 다이어프램 에지(SE)의 코스가, 투영 빔의 가장 인접한 에지로부터 거의 일정한 간격(대략 0.1 mm와 1mm 사이의 일반적인 값)으로 다이어프램 개구의 원주의 가장 큰 부분 위에 위치한다는 사실에 의해 구분되므로(포토레지스트로부터 검출가능), 본질적으로 스크리닝되지 않고 남아 있는 것은 투영 빔에 의한 전달에 실제로 사용되는 광학적으로 유용한 영역의 서브 영역 뿐인, 소위 "포토프린트 다이어프램"의 예를 나타낸다. 모든 홀딩 소자를 포함하는 전체 홀딩 장치가 스크리닝된 영역에 존재하므로, 실제로 폴스 광에 노광되지 않는다. 적절한 형상의 포토레지스트 다이어프램이 반대측에 위치한다. 특별히 필드-근방 방식 및 특별히 퓨필-근방 방식으로 배열되지 않는 단일 조사된 렌즈 주위에 배열되는, 제3 다이어프램 배열(SA3)의 폴스 광 다이어프램은 예를 들면 포토레지스트 다이어프램으로서 방식이 가능하다.

도면

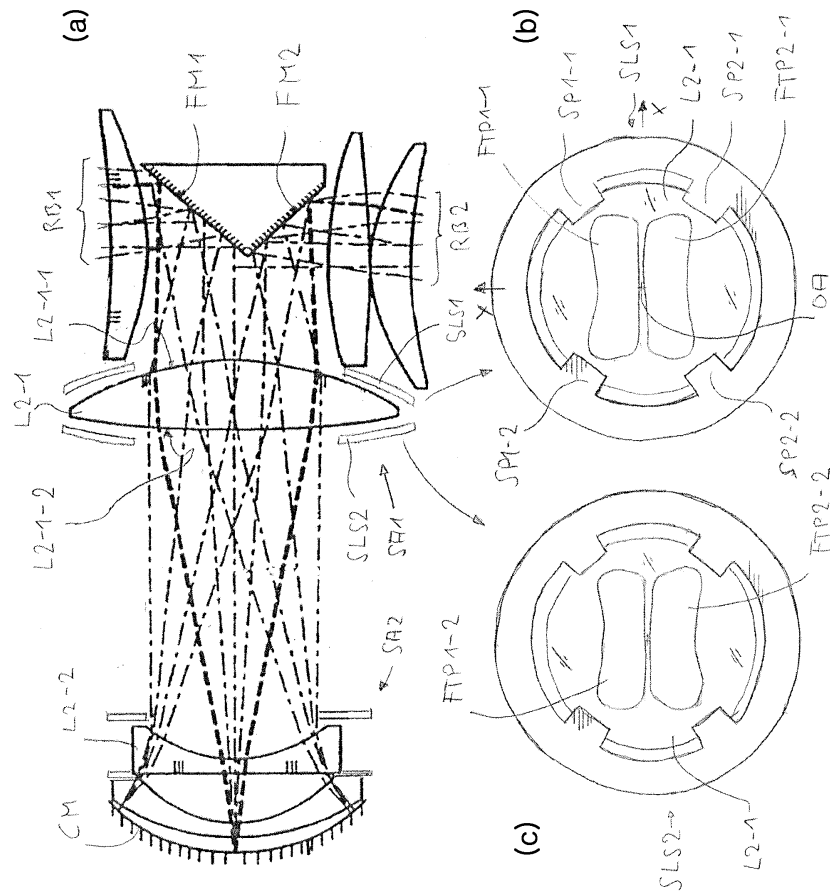
도면1



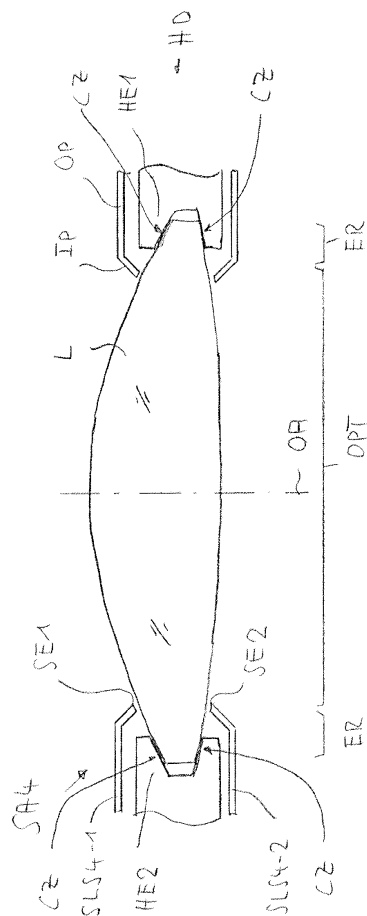
도면2



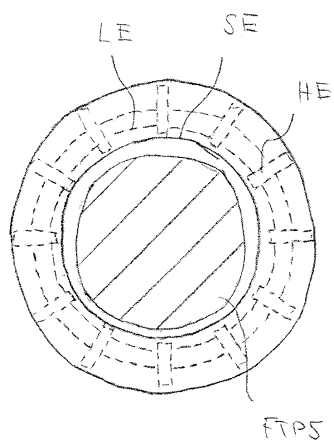
도면3



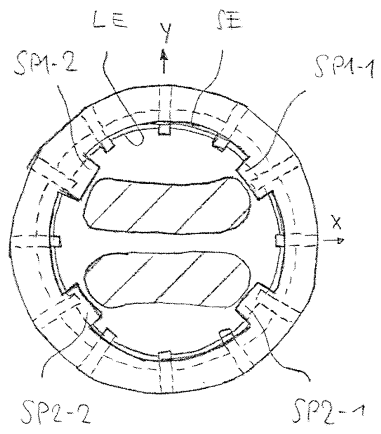
도면4



도면5



도면6



도면7

