(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2021년06월23일
(11) 등록번호 10-2268034
(24) 등록일자 2021년06월16일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
*G03F 7/20* (2006.01)
(52) CPC특허분류
*G03F 7/70258* (2013.01)
*G03F 7/70091* (2013.01)
(21) 출원번호 10-2016-7011529
(22) 출원일자(국제) 2014년10월01일
심사청구일자 2019년10월01일
(85) 번역문제출일자 2016년04월29일
(65) 공개번호 10-2016-0064222
(43) 공개일자 2016년06월07일
(86) 국제출원번호 PCT/EP2014/071096
(87) 국제공개번호 WO 2015/049319
국제공개일자 2015년04월09일
(30) 우선권주장
102013219986.4 2013년10월02일 독일(DE)
(56) 선행기술조사문헌
EP00532236 A1*
JP2008004937 A*
JP2012502490 A*
WO2004099874 A1*
*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자
**칼 짜이스 에스엠티 게엠베하**
독일 오버코헨 73447 루돌프-에버-슈트라쎄 2
(72) 발명자
**비트너, 보리스**
독일, 로쓰 91154, 라인골드스트라쎄 6
**바브라, 노르버트**
독일, 베르네크 97440, 암 링 20
*(뒷면에 계속)*
(74) 대리인
**한양특허법인**

전체 청구항 수 : 총 31 항 심사관 : 정성용

(54) 발명의 명칭 **마이크로리소그래피용 투영 노광 방법 및 투영 노광 장치**

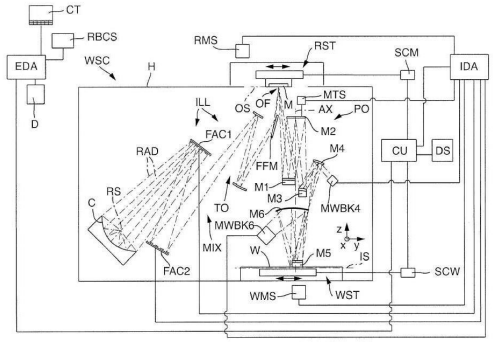
## (57) 요 약

패턴의 적어도 하나의 이미지로 감방사선성 기판(W)을 노광하기 위한 투영 노광 방법으로서,

패턴이 투영 렌즈의 오브젝트 평면(OS)의 영역에 배치되고 상기 투영 렌즈를 이용하여 상기 투영 렌즈의 이미지 평면(IS)에 이미징될 수 있도록 조명 시스템(ILL)과 투영 노광 장치(WSC)의 투영 렌즈(PO) 사이에 패턴을 제공하

(뒷면에 계속)

## 대 표 도



는 단계 - 상기 이미지 평면은 상기 오브젝트 평면에 대해 광학적으로 공액이며, 상기 패턴의 이미징-관련 특성이 패턴 데이터에 의해 특징화될 수 있음 - ;

사용 사례에 특정하고 조명 설정 데이터에 의해 특징화될 수 있는 조명 설정에 따라 상기 조명 시스템(ILL)에 의해 제공되는 조명 방사선으로 패턴의 조명 영역을 조명하는 단계를 포함하되,

상기 사용 사례에 특정하고, 패턴 데이터 및/또는 조명 설정 데이터를 포함하는 사용 사례 데이터를 결정하는 단계;

상기 사용 사례 데이터를 이용하여 이미징 사양 데이터를 결정하는 단계;

상기 투영 렌즈의 이미징 양태를 상기 사용 사례에 적응하는 것을 목적으로 상기 이미징 사양 데이터에 의존하는 방식으로 상기 투영 렌즈의 제어 유닛(CU)을 이용하여 상기 투영 렌즈(PO)의 제어 가능한 광학 구성 성분을 제어하는 단계; 및

상기 사용 사례에 적응된 상기 투영 렌즈의 도움으로 상기 기판 상에 상기 패턴을 이미징하는 단계를 특징으로 한다.

(52) CPC특허분류
*G03F 7/70275* (2013.01)
*G03F 7/70525* (2013.01)
*G03F 7/706* (2013.01)
*G03F 7/70891* (2013.01)

(72) 발명자
**폰 호덴버그, 마틴**
독일, 오버코헨 73447, 손넨버그스트라쎄 4

**슈나이더, 소냐**
독일, 오버코헨 73447, 카펠렌베그 10/1

# 명 세 서

## 청구범위

### 청구항 1

패턴의 적어도 하나의 이미지로 감방사선성 기판을 노광하기 위한 투영 노광 방법으로서,

패턴이 투영 렌즈의 오브젝트 평면의 영역에 배치되고 상기 투영 렌즈를 이용하여 상기 투영 렌즈의 이미지 평면에 이미징될 수 있도록 조명 시스템과 투영 노광 장치의 투영 렌즈 사이에 패턴을 제공하는 단계 - 상기 이미지 평면은 상기 오브젝트 평면에 대해 광학적으로 공액이며, 상기 패턴의 이미징-관련 특성이 패턴 데이터에 의해 특징화될 수 있음 - ;

사용 사례에 특정하고 조명 설정 데이터에 의해 특징화될 수 있는 조명 설정에 따라 상기 조명 시스템에 의해 제공되는 조명 방사선으로 패턴의 조명 영역을 조명하는 단계를 포함하되,

상기 사용 사례에 특정하고, 패턴 데이터 및 조명 설정 데이터 중 적어도 하나를 포함하는 사용 사례 데이터를 결정하는 단계;

상기 사용 사례 데이터를 이용하여 이미징 사양 데이터를 결정하는 단계;

상기 투영 렌즈의 이미징 양태를 상기 사용 사례에 적응하는 것을 목적으로 상기 이미징 사양 데이터에 의존하는 방식으로 상기 투영 렌즈의 제어 유닛을 이용하여 상기 투영 렌즈의 제어 가능한 광학 구성 성분을 제어하는 단계; 및

상기 사용 사례에 적응된 상기 투영 렌즈의 도움으로 상기 기판 상에 상기 패턴을 이미징하는 단계를 특징으로 하며,

상기 이미징 사양 데이터가 적어도 2개의 필드 포인트의 이미징 사양 데이터가 적어도 하나의 이미징 사양에 대해 상이한 방식으로 상기 사용 사례 데이터에 대해 결정되며,

이미징 사양($S_k$)에 대해, 코어 영역 내의 제1 필드 포인트에 대한 이미징 사양($S_k(FP_i)$)과 주변 영역 내의 제2 필드 포인트에 대한 대응하는 이미징 사양($S_k(FP_j)$) 사이의 사양비가 값 1로부터 벗어나서,조건

$$\max\left(S_k(FP_i)/S_k(FP_j),\ S_k(FP_j)/S_k(FP_i)\right) \geq \alpha$$

이 참이며, 여기서 $\alpha \geq 1.5$인 것을 특징으로 하는, 투영 노광 방법.

### 청구항 2

청구항 1에 있어서, 상기 패턴 데이터 및 상기 조명 설정 데이터 중 적어도 하나의 적어도 일부가 상기 투영 렌즈에 대한 데이터 획득의 역할을 하는 하나 또는 복수개의 측정에 의해 결정되며, 상기 이미징 사양 데이터를 결정하는데 필요한 사용 사례 데이터 전부가 상기 투영 렌즈에 대한 하나의 측정에 의해 또는 복수개의 측정에 의해 결정되는 것을 특징으로 하는, 투영 노광 방법.

### 청구항 3

청구항 1 또는 청구항 2에 있어서, 상기 패턴 데이터는 코어 영역의 구조에 대한 정량적 정보를 포함하는 적어도 하나의 코어 영역 구조 데이터를 포함하되, 코어 영역은 상기 패턴 내의 상호 평행 라인의 그룹 중 최소 라인 간격 및 최소 주기성 길이 중 적어도 하나를 갖는 영역이고, 상기 코어 영역의 라인은 상기 코어 영역 구조를 형성하는 것을 특징으로 하는, 투영 노광 방법.

### 청구항 4

청구항 1 또는 청구항 2에 있어서, 상기 패턴 데이터는 상기 패턴의 코어 영역 구조의 라인의 배향을 나타내는 코어 영역 구조 배향 데이터를 포함하는 것을 특징으로 하는, 투영 노광 방법.

### 청구항 5

청구항 4에 있어서, 상기 코어 영역 구조 배향 데이터는 사용자에 의한 상기 조명 시스템에 대한 이중극 조명 설정의 극의 배향에 대한 정보를 포함하는 조명 설정 데이터로부터 유도되는 것을 특징으로 하는, 투영 노광 방법.

**청구항 6**

청구항 4에 있어서, 상기 패턴 데이터는 상기 코어 영역 배향 데이터에 추가하여 이하 그룹:

상기 패턴 내의 코어 영역 구조의 라인의 위치를 나타내는 코어 영역 구조 위치 데이터;

상기 패턴의 주변 구조의 라인의 배향을 나타내는 주변 영역 구조 배향 데이터;

상기 패턴 내의 주변 구조의 라인의 위치를 나타내는 주변 영역 구조 위치 데이터

로부터 선택되는 하나 이상의 데이터를 포함하는 것을 특징으로 하는, 투영 노광 방법.

**청구항 7**

삭제

**청구항 8**

삭제

**청구항 9**

청구항 1에 있어서, 상기 이미징 사양($S_k$)는 기수차 제르니케 계수 또는 기수차 제르니케 계수의 선형 조합에 의해 서술될 수 있는 것을 특징으로 하는, 투영 노광 방법.

**청구항 10**

청구항 1에 있어서,

이미징 사양 데이터가 적어도 하나의 측면에서 상이한 두개의 필드 포인트가 존재하거나, 또는

n차 파면 확장 함수를 위한 파면에 대한 파면 사양이 적어도 하나의 측면에서 90°/n 각도만큼 회전된 파면과는 상이한 하나의 필드 포인트가 존재하거나, 또는

이미징 사양 데이터가 적어도 하나의 측면에서 상이한 두개의 필드 포인트가 존재하고, 그리고 n차 파면 확장 함수를 위한 파면에 대한 파면 사양이 적어도 하나의 측면에서 90°/n 각도만큼 회전된 파면과는 상이한 하나의 필드 포인트가 존재하고,

이러한 상이함이 선택된 구조 데이터에 기인하도록, 상기 이미징 사양 데이터가 이하 그룹: 코어 영역 구조 배향 데이터, 코어 영역 구조 위치 데이터, 주변 구조 배향 데이터, 주변 구조 위치 데이터로부터 선택된 하나 이상의 구조 데이터를 포함하는 것을 특징으로 하는, 투영 노광 방법.

**청구항 11**

청구항 1 또는 청구항 2에 있어서, 사용 사례 데이터 및 사용 사례에 대한 이미징 사양 데이터 중 적어도 하나의 적어도 한 서브셋이 외부적 데이터 획득에 의해 결정되고, 상기 투영 렌즈의 제어 유닛에 소통되며, 상기 외부적 데이터 획득은 이하 그룹:

사용자 인터페이스를 통한 사용자에 의한 인테로게이션;

투영 노광 장치의 제어 유닛에 억세스 가능한 메모리로부터의 검색;

투영 노광 장치의 조명 시스템에 대한 설정에 관한 정보로부터의 결정;

노광될 마스크에 대한 정보로부터의 결정

으로부터 적어도 하나의 측정을 포함하는 것을 특징으로 하는, 투영 노광 방법.

**청구항 12**

청구항 1 또는 청구항 2에 있어서, 사용 사례에 대한 사용 사례 데이터의 적어도 하나의 서브셋이 투영 렌즈에 대한 또는 투영 렌즈 내의 적어도 하나의 측정에 의한 내부적 데이터 획득에 의해 결정되며, 상기 투영 렌즈의 상기 제어 유닛에 소통되는 것을 특징으로 하는, 투영 노광 방법.

**청구항 13**

청구항 1 또는 청구항 2에 있어서, 사용 사례 데이터를 결정하는 것은 오브젝트 평면으로부터 투영 렌즈의 이미지 평면의 방향으로 통과하는 투영 방사선의 적어도 하나의 특성을 나타내는 투영 방사선 데이터를 자동화된 방식으로 결정하는 것을 포함하는 것을 특징으로 하는, 투영 노광 방법.

**청구항 14**

청구항 13에 있어서, 상기 투영 방사선 데이터의 결정은 하나 또는 복수개의 필드 포인트에서의 투영 방사선의 파면의 측정을 포함하는 것을 특징으로 하는, 투영 노광 방법.

**청구항 15**

청구항 13에 있어서, 상기 투영 방사선 데이터의 결정은 투영 빔 경로에서의 오브젝트 평면과 이미지 평면 사이에 놓인 적어도 하나의 기준면에서의 투영 방사선의 방사선 세기의 2차원적 분포를 나타내는 세기 분포 데이터의 결정을 포함하는 것을 특징으로 하는, 투영 노광 방법.

**청구항 16**

청구항 15에 있어서, 상기 투영 렌즈의 빔 경로내에 배치된 광학 요소의 적어도 하나의 광학면이 기준면으로서 이용되는 것을 특징으로 하는, 투영 노광 방법.

**청구항 17**

청구항 16에 있어서, 상기 광학 요소는 미러이고, 상기 광학 면은 미러면인 것을 특징으로 하는, 투영 노광 방법.

**청구항 18**

청구항 15에 있어서, 세기 분포 데이터를 결정하기 위하여, 기준면에서의 2차원적 온도 분포가 공간 분해 방식으로 측정되는 것을 특징으로 하는, 투영 노광 방법.

**청구항 19**

청구항 18에 있어서, 상기 2차원적 온도 분포는 하나 또는 복수개의 열 이미징 카메라를 이용하여 또는 하나 또는 복수개의 다른 온도 센서를 이용하여 획득되는 것을 특징으로 하는, 투영 노광 방법.

**청구항 20**

청구항 15에 있어서, 제1 세기 분포 데이터가 상기 투영 렌즈의 동공 평면에 또는 동공 평면에 인접하여 놓인 제1 기준면에서 결정되고, 조명 설정 데이터가 상기 제1 세기 분포 데이터를 이용하여 결정되는 것을 특징으로 하는, 투영 노광 방법.

**청구항 21**

청구항 15에 있어서, 제2 세기 분포 데이터가 상기 투영 렌즈의 필드 평면에 또는 필드 평면에 인접하여 놓인 제2 기준면에서 결정되고, 패턴 데이터가 상기 제2 세기 분포 데이터를 이용하여 결정되는 것을 특징으로 하는, 투영 노광 방법.

**청구항 22**

청구항 15에 있어서, 제1 기준면이 상기 투영 렌즈의 동공 평면에 또는 동공 평면에 인접하여 배열되고, 제2 기준면이 상기 투영 렌즈의 필드 평면에 또는 필드 평면에 인접하여 배열되며,

제1 세기 분포 데이터가 상기 제1 기준면에서 결정되고, 제2 세기 분포 데이터가 제2 기준면에서 결정되며, 또한

패턴 데이터 및 조명 설정 데이터 중 적어도 하나가 제1 및 제2 세기 분포 데이터를 이용하여 결정되는 것을 특징으로 하는, 투영 노광 방법.

**청구항 23**

청구항 1 또는 청구항 2에 있어서, 사용 사례 분류 데이터가 투영 노광 장치의 제어 유닛에 억세스 가능한 메모리에 저장되며, 상기 데이터는 조명 영역 내의 조명 설정 및 마스크 구조의 다양한 조합에 대하여 오브젝트 평면과 이미지 평면 사이에 놓인 적어도 하나의 기준면에 대하여 대응하는 세기 분포 데이터를 포함하며, 투영 방사선 데이터는 사용 사례 분류 데이터를 이용하여 결정되는 것을 특징으로 하는, 투영 노광 방법.

**청구항 24**

청구항 1 또는 청구항 2에 있어서, 패턴 인식 방법 및 특징 추출 방법 중 적어도 하나는, 투영 방사선 데이터로부터 패턴 데이터 및 조명 설정 데이터 중 적어도 하나를 결정하는 경우에 이용되는 것을 특징으로 하는, 투영 노광 방법.

**청구항 25**

청구항 1 또는 청구항 2에 있어서, 사용 사례 비교 데이터를 생성하기 위하여 제1 투영 노광의 제1 사용 사례 데이터와 직접 연속하는 제2 투영 노광의 제2 사용 사례 데이터를 비교하는 단계를 특징으로 하는, 투영 노광 방법.

**청구항 26**

청구항 25에 있어서,

사용 사례 비교 데이터에 의존하는 방식으로 사용 사례의 변화를 나타내는 사용 사례 변화 신호를 생성하는 단계를 특징으로 하는, 투영 노광 방법.

**청구항 27**

마스크(M)의 패턴의 적어도 하나의 이미지로 감방사선성 기판(W)을 노광하기 위한 투영 노광 장치(WSC)로서:

주 방사원의 주 방사선을 수신하고 마스크(M)로 향하는 조명 방사선(ILR)을 생성하기 위한 조명 시스템(ILL);

투영 렌즈의 이미지 평면(IS)의 영역내에 패턴(PAT)의 이미지를 생성하기 위한  투영 렌즈(PO);

상기 패턴이 상기 투영 렌즈의 오브젝트 평면(OS)의 영역에 배치되는 방식으로 상기 조명 시스템과 상기 투영 렌즈 사이에 마스크를 유지하기 위한 마스크 유지 유닛(RST);

상기 기판의 감방사선성 표면이 상기 투영 렌즈의 이미지 평면(IS)의 영역에 배치되는 방식으로 상기 기판을 유지하기 위한 기판 유지 유닛(WST) -  상기 이미지 평면은 상기 오브젝트 평면에 대해 광학적으로 공액임 - 을 포함하되,

특정 사용 사례에 대해 상기 투영 렌즈의 이미징 양태를 적응하기 위한 시스템으로서, 상기 시스템이:

사용 사례에 특정한 사용 사례 데이터(UCD)를 결정하기 위한 유닛,

상기 사용 사례 데이터를 이용하여 이미징 사양 데이터(ASD)를 결정하기 위한 유닛, 및

상기 투영 렌즈에 할당되는 제어 유닛(CU)을 포함하되, 상기 투영 렌즈의 제어 가능한 광학 구성 성분이 상기 투영 렌즈(PO)의 이미징 양태를 사용 사례에 적응하기 위하여 이미징 사양 데이타에 의존하는 방식으로 상기 제어 유닛에 의해 제어 가능하도록 구성되며,

사용 사례 데이터를 결정하기 위한 유닛이 이하의 그룹:

상기 투영 렌즈에서 마스크로부터 노광될 기판까지를 통과하는 투영 방사선의 파면을 측정하기 위한 파면 측정 시스템(WMS);

마스크의 패턴의 구조를 측정하도록 디자인되는 레티클 측정 시스템(RMS);

투영 빔 경로 내의 상기 오브젝트 평면과 이미지 평면 사이에 놓인 적어도 하나의 기준면에서 상기 투영 방사선

의 방사 세기의 2차원적 분포를 나타내는 세기 분포 데이터를 결정하기 위한 유닛

으로부터 선택된 하나 또는 복수개의 측정 및 획득 유닛이 연결되는, 내부적 데이터 획득을 위한 유닛(IDA)을 포함하는 내부적 데이터 획득을 위한 시스템을 가지며,

내부적 데이터 획득을 위한 시스템이:

상기 투영 렌즈의 동공 평면에 또는 인접하여 놓인 제1 기준면에서의 제1 세기 분포 데이터를 결정하기 위한 제1 유닛, 및

상기 투영 렌즈의 필드 평면에 또는 인접하여 놓인 제2 기준면에서의 제2 세기 분포 데이터를 결정하기 위한 제2 유닛

을 갖는 것을 특징으로 하는, 투영 노광 장치.

**청구항 28**

삭제

**청구항 29**

청구항 27에 있어서, 세기 분포 데이터를 결정하기 위한 유닛이 이하 그룹:

기준면의 역할을 하는 광학 요소의 광학면에 공간 분해 방식으로 조명된 영역 내의 로컬 온도를 획득하고, 그로부터 상기 광학면에서의 2차원적 온도 분포를 결정하도록 디자인되는 온도 측정 시스템(MTS);

기준면의 역할을 하는 투영 렌즈의 광학 요소의 광학면에서의 2차원적 열 분포의 공간 분해 기록을 위한 열 이미징 카메라(MWBK)

로부터 적어도 하나의 요소를 갖는 것을 특징으로 하는, 투영 노광 장치.

**청구항 30**

청구항 29에 있어서, 기준면의 역할을 하는 광학면을 갖는 상기 광학 요소는 미러인 것을 특징으로 하는, 투영 노광 장치.

**청구항 31**

삭제

**청구항 32**

청구항 27에 있어서, 서브어퍼츄어 비(SAR)가 상기 제1 기준면에서 0.7 내지 1의 범위 내에 있고, 상기 제2 기준면에서 0 내지 0.3의 범위 내에 있는 것을 특징으로 하는, 투영 노광 장치.

**청구항 33**

청구항 27 또는 청구항 29에 있어서, 사용 사례 데이터를 결정하기 위한 유닛이 이하 그룹:

사용자에 의한 데이터의 입력을 위한 컴퓨터 단말(CT)을 갖는 사용자 인터페이스;

제어 유닛에 억세스 가능하며, 상기 조명 시스템에 대한, 상기 투영 렌즈에 대한, 또는 레티클에 대한, 또는 상기 투영 렌즈 및 레티클에 대한 정보의 형태로 상기 사용 사례 데이터의 적어도 일부가 저장되는 메모리(D);

투영 노광 장치의 조명 시스템(ILL)에 대한 설정과 관련된 정보가 검색될 수 있는 데이터 라인; 및

상기 레티클과 관련된 정보를 판독 입력하기 위한 레티클 데이터 획득 유닛(RBCS)

으로부터 선택된 하나 또는 복수개의 유닛에 연결되는 외부적 데이터 획득을 위한 유닛(EDA)을 포함하는 외부적 데이터 획득을 위한 시스템을 갖는 것을 특징으로 하는, 투영 노광 장치.

**청구항 34**

청구항 27 또는 청구항 29에 있어서, 상기 투영 렌즈의 하나의 제어 가능한 광학 성분이 동공면에 또는 동공면

에 인접하여 배열되는 미러(M2)이며, 상기 미러에는 상기 미러의 미러면이 1차원적 또는 2차원적으로 변형되도록 하는 복수개의 독립적으로 구동 가능한 액츄에이터를 갖는 변형 매니퓰레이터(MAN2)가 할당되는 것을 특징으로 하는, 투영 노광 장치.

**청구항 35**

청구항 27 또는 청구항 29에 있어서, 상기 투영 노광 장치는 청구항 1 또는 청구항 2에 기재된 투영 노광 방법을 이행하도록 구성되는 것을 특징으로 하는, 투영 노광 장치.

## *발명의 설명*

### *기 술 분 야*

[0001] 본 발명은 청구항 1의 전제부에 따른 패턴의 적어도 하나의 이미지로 감방사선성 기판을 노광하기 위한 투영 노광 방법 및 청구항 27의 전제부에 따른 방법을 수행하기에 적합한 투영 노광 장치에 관한 것이다.

### *배 경 기 술*

[0002] 반도체 부품 및 예를 들면 마이크로리소그래피용 마스크(레티클)와 같은 다른 미세 구조 부품을 제조하기 위하여 현대에는 마이크로리소그래픽 투영 노광 방법이 주로 이용된다. 이 경우, 이미징될 구조의 특정 패턴 예를 들면 반도체 부품의 층의 라인 패턴을 지니는 마스크(포토마스크, 레티클)가 종종 이용된다. 다른 패턴 유닛의 도움으로 예를 들면 드라이빙에 의존하여 상이한 패턴을 생성할 수 있는 드라이브 가능 패턴 유닛의 도움으로 패턴이 제공될 수 있다.

[0003] 조명 시스템과 투영 렌즈 사이의 빔 경로 내의 투영 노광 장치에 패턴 유닛이 위치되어, 패턴이 투영 렌즈의 오브젝트 평면의 영역에 놓인다. 기판의 감방사선성 표면이 투영 렌즈의 이미지 평면의 영역에 배치되는 방식으로 예를 들면 감방사선성 층으로 코팅된 반도체 웨이퍼와 같은 노출될 기판이 유지되며, 상기 이미지 평면은 오브젝트 평면에 대해 광학적으로 공액이다. 노광 공정 동안, 주 방사 소스의 방사로부터 패턴으로 향하고 소정 형태 및 크기를 갖는 조명 필드 내에서의 패턴 상에 충돌하는 조명 방사선을 정형하는 조명 시스템의 도움으로 패턴이 조명된다. 노광 공정 동안, 패턴에 의해 변화된 방사선은 투영 방사선으로서 투영 렌즈를 통과하며, 이는 패턴을 감방사선층으로 코팅된 노출될 기판 상에 이미지화한다.

[0004] 조명 방사선은 각 사용 사례에 대한 특정 조명 파라미터에 의해 특징화된다. 일반적으로, 이는 사용 사례에 특정하고 조명 설정 데이터에 의해 특징화될 수 있는 조명 설정으로서 여기에 참조된다.

[0005] 투영 노광 장치를 위한 일부 조명 시스템이 예를 들면 종래의 상이한 정도($\sigma$)의 간섭성을 갖는 온축 조명과 오프축 조명 사이에서 스위치될 수 있다. 오프축 조명 설정은 예를 들면 환형 조명 또는 예를 들면 이중극 조명, 사중극 조명 또는 다른 다중극 조명과 같은 극성 조명을 포함한다. 사용 사례에 따른 최적 조명 설정의 선택은 일반적으로 이미지화될 패턴 및 다른 경계 조건에 의존하는 방식으로 투영 노광 장치의 최종 사용자에 의해 결정된다. 조명 설정 데이터는 그러한 조명 설정의 특정 파라미터를 포함할 수 있다.

[0006] 조명 설정은 일반적으로 이미지화될 패턴의 구조 및 가능하다면 다른 영향 인자들에 의존하여 특정 공정에 대한 사용자에 의해 규정되며, 조명 시스템 상에서 설정된다. 패턴의 이미징-관련 특성이 패턴 데이터에 의해 특징화될 수 있다.

[0007] 패턴 데이터는 어떤 유형의 구조를 패턴이 포함하며 어떻게, 가능하다면, 상이한 구조의 패턴(예를 들면, 상이한 부분 패턴)이 패턴 내에서 국부적으로 분포되는지에 대한 정보를 포함한다. 패턴은 매우 가까이 함께 놓인 라인을 갖는 하나 또는 복수개의 영역을 포함할 수 있으며, 이는 투영 렌즈가 대응되게 높은 해상도 능력을 갖는 경우에만 만족할 만하게 기판 상에 이미지화될 수 있다. 상호 나란한 라인 그룹의 최소 라인 간격 및/또는 최소 주기성 길이(피치)를 갖는 영역들이 본 출원에서 코어 영역으로 지정된다. 코어 영역의 라인은 "코어 영역 구조"를 형성한다. 그러한 미세한 구조를 만족할 만하게 이미지화하기 위하여, 선택된 조명 설정이 이중극 조명의 극들 사이의 연결 라인이 미세 구조의 이미지화될 라인의 길이 방향에 수직으로 배향되는 이중극 조명이라는 사실로 인하여 두-빔 간섭의 조건이 종종 채용된다. 결과적으로, 미세 구조의 배향은 또한 적절한 조명 설정의 선택에 있어 중요한 부분의 역할을 한다.

[0008] 일반적으로 패턴은 또한 투영 렌즈의 이미징 품질의 요구를 보다 덜 엄격하게 하는 보다 거친 구조를 갖는 영역

을 포함한다. 예를 들면, 서로로부터 더 큰 간격에 놓인 라인이 제공될 수 있는데, 이는 완성된 구조에서 더 미세한 구조에 대한 피드 라인을 형성한다. 이미징 품질, 특히 투영 렌즈의 분해능에 대한 보다 덜 엄격한 요구를 갖는 그러한 구조가 본 출원에서 "주변 구조"로서 지정된다.

[0009] 투영 렌즈의 제조에 있어, 문제점이 발생하는데, 즉, 구조화된 부품이 제조를 위한 투영 렌즈의 전체 이용 시간 동안 최종 사용자에 의해 어떤 유형의 패턴이 이용될 것인지는 알려지지 않는다는 점이다. 이는 일반적으로, 필요한 경우 매우 미세한 구조 또는 임의 유형의 구조가 만족할 만하게 이미지화될 수 있도록 하기 위하여 투영 렌즈의 이미징 품질에 대해 매우 어려운 사양을 초래한다. 이중 패터닝 또는 4중 패터닝에 의해 이미지 품질에 대한 요구가 증가함에 따라 적절하게 범용으로 이용 가능한 투영 렌즈에 대한 복잡성과 가격이 대응되게 극도로 큰 정도로 증가한다. 투영 렌즈의 성능 한계가 도달된다.

## *발명의 내용*

### *해결하려는 과제*

[0010] 본 발명의 목적은 상이한 동작 조건하에서 기판 상에 제조되는 구조에 대해 고품질을 보장하는 투영 노광 방법을 제공하는 것이다. 본 발명의 다른 목적은 투영 노광 방법을 이행하기에 적합한 투영 노광 장치를 제공하는 것이다.

### *과제의 해결 수단*

[0011] 이 목적은 청구항 1의 특징을 포함하는 투영 노광 방법에 의해 및 청구항 27의 특징을 포함하는 투영 노광 장치에 의해 달성된다. 유리한 전계가 종속항에 명시되어 있다. 전체 청구범위의 워딩은 상세한 설명의 내용에 참조로서 포함된다.

[0012] 투영 노광 방법에 있어서, 패턴의 특정 특성 및 조명 상황의 특수한 특징에 투영 렌즈 또는 이미징을 적응시킨 현재 사용 사례에 특정한 시스템 설정이 구현된다. 이러한 목적을 위하여, 먼저, 사용자("사용자 사례")에 의해 예상된 사용 사례에 특정된 사용 사례 데이터가 결정된다. 이들 사용 사례 데이터는 패턴 데이터 및/또는 조명 설정 데이터를 포함한다. 바람직하게는 두 패턴 데이터 및 조명 설정 데이터 모두가 결정된다. 결과적으로, 이 방법의 단계는 현재 사용자에 의해 예상되는 사용 사례에 대한 관련 정보를 취득하는데, 이 정보는 투영 렌즈의 오리지널 제조 동안 어떠한 특정 조합으로도 알려지지 않았던 정보이다.

[0013] 사용 사례 관련 데이터 획득에 의해 결정되는 사용 사례 데이터가 이미징 사양 데이터를 결정하는데 이용된다. 이 경우, "이미징 사양 데이터"는 사용 사례에 특정한 투영 렌즈의 이미징 양태를 파라미터화에 적합한 즉, 적절한 파라미터의 도움으로 상기 양태를 설명하기에 적합한 데이터를 나타낸다. 이미징 사양 데이터는 예를 들면 이미징에 관련된 특정 수차를 설명하는 제르니케 계수에 대한 사양 제한값을 포함할 수 있다. 예를 들면 비점수차가 특정 제한을 넘지 않으려 한다면, 이는 대응하는 제르니케 계수 Z5/Z6에 대한 사양에 의해 표현될 수 있다.

[0014] 이미징 사양 데이터가 사용 사례 데이터를 이용하여 결정되므로, 이미징 사양 데이터는 고려중인 사용 사례에 대해 구체적으로 최적화될 수 있다. 결정된 이미징 사양 데이터가 투영 렌즈의 제어 유닛의 도움으로 투영 렌즈의 제어 가능한 광학 성분을 제어하는데 이용되어, 투영 렌즈의 이미징 양태는 사용 사례에 적응된다. 특정 사용 사례로의 투영 렌즈의 이미징 양태의 적응이 발생할 수 있다. 패턴은 사용 사례에 적응된 투영 렌즈의 도움으로, 우수한 이미징 품질로 기판 상에 이미지화될 수 있다.

[0015] 이 절차는 그중에서도 이하 고려를 기초로 한다. 투영 렌즈에 대한 요구가 증가함에 따라 이미징-기반 평가가 더욱 중요하게 됨이 인식되었다. 이미징-기반 평가는 코어 영역 구조 및/또는 주변 영역 구조가 충분한 품질로 이미지화될 수 있는지 여부 즉, 마이크로칩의 개별 층을 생산하기 위한 안정된 공정창(process window)이 존재하는지 여부를 평가하는 것을 포함한다. 여기서 품질 기준은 예를 들면 라인폭 및/또는 라인 위치 및/또는 콘트라스트의 변이를 포함한다.

[0016] 결과적으로 이미징 성능이 만족할만할 것이라는 믿음하에도, 모든 중요 수차에 대한 투영 렌즈의 최적화의 이전의 실용적 절차가 일부 경우에 적절하지도 충분하지도 않을 것이라 가정된다. 이는 사용 사례에 의존하여 투영 렌즈의 개별 수차가 전체 이미징 성능에 상이한 원인 제공을 할 수 있다는 사실에 기인한다. 만족할만한 이미징 양태가 모든 사용 사례에 대해 초래되는 정도로 모든 수차를 최적화하는 종래 기술의 방법은 한편으로는 더욱 어려운 사양으로 인한 및 다른 한편으로는 특히 적극적인 조명 설정으로 인하여 및 필요한 높은 처리율로 인

하여 미래에는 모든 경우에 더이상 충분하지 않을 것임이 추정된다. 예로서, 이중 노광 방법의 측면에서 소위 "오버레이"에 대해 미래에 예상될 수 있는 극도로 어려운 사양으로, 특정 사용 사례에 적응되지 않은 투영 렌즈는 아마도 더이상 어려운 사양을 실현할 수 없을 것이 우려된다. "오버레이"의 정의는 미국 특허 8,203,696 B2, 열 21, 라인 36에서 열 22, 라인 25를 참조해야 한다.

[0017] 청구된 발명에 따른 절차는 투영 렌즈의 이미징 양태의 특정 사용 사례에 대한 최적화가 아마도 대다수의 다른 사용 사례에 대한 충분히 우수한 이미징 성능을 반드시 제공하지는 않는 시스템 상태를 초래한다. 그러나, 청구된 발명에 의해 달성되는 것은 투영 렌즈의 이미징 성능이 가능한 한 현재 존재하는 사용 사례 또는 예상된 사용 사례에 대해 적응된다는 것이다. 동작 동안의 사용자-특정 요구에 대한 투영 렌즈의 상태의 최적화를 가능하게 하기 위하여, 투영 렌즈의 제어 유닛에 억세스 가능하게 될 이미지될 패턴 및/또는 조명 설정에 대한 요구된 정보를 가능하게 하는 조치가 제공된다.

[0018] 바람직하게는, 패턴 데이터 및/또는 조명 설정 데이터의 적어도 일부가 투영 렌즈에 대한 데이터 획득을 위한 하나 또는 복수개의 측정에 의해 결정된다는 것이 제공된다. 결과적으로, 이 방법은 투영 렌즈의 최적화를 위해 필요한 데이터를 필연적으로 제공하는 사용자에 의존하지 않는다. 이는 적응을 자동화하는데 이용될 수 있다.

[0019] 일부 실시예에서, 이미징 사양 데이터를 결정하는데 필요한 사용 사례 데이터 전체가 투영 렌즈에 대한 하나 또는 복수개의 측정에 의해 결정된다. 이 경우, 특정 사용 사례에 대한 투영 렌즈의 최적화에 있어서의 사용자의 협력이 필요하지 않고, 따라서 가능하게는 사용자에게 감지될 수 없지만 사용자의 이득 또는 장점에는 맞는 방식으로 투영 렌즈의 이미징 양태가 자동으로 적응될 수 있다.

[0020] 패턴 데이터가 적어도 코어 영역 구조 데이터를 포함하는 경우 유리한 것으로 간주된다. 코어 영역 구조 데이터는 코어 영역의 구조에 대한 양적 정보를 포함하며, 여기서 코어 영역은 패턴에서 상호 평행 라인의 그룹의 최소 라인 간격 및/또는 최소 주기성 길이(피치)를 갖는 영역이다. 코어 영역의 라인은 "코어 영역 구조"를 형성한다.

[0021] 이 경우, 코어 영역 구조는 이미지화가 가장 어려운 패턴의 구조이다. 이들 구조의 이미징을 위하여, 투영 방사선의 파면(wavefront)은 코어 영역 구조를 이미징하는데 필요한 이들 영역 내에서 특히 평활(smooth)(특히 작은 그라디언트의 측면에서)하거나 또는 잘 수정되어야 한다.

[0022] 바람직하게는, 패턴 데이터는 패턴의 코어 영역 구조의 라인의 배향을 나타내는 적어도 코어 영역 구조 배향 데이터를 포함해야 한다. 코어 영역 구조 배향 데이터의 주어진 지식을 고려할 때, 투영 렌즈의 이미징 성능은 라인에 수직인 방향에서의 분해능이 특히 이 방향에서 평활한 파면으로 인하여 충분히 잘 설정되도록 최적화될 수 있다. 대조적으로, 라인의 배향에 수직인 방향으로의 파면의 품질에 대한 또는 분해능에 대한 사양이 완화될 수 있으며, 이는 전체적으로 사용 사례에 대한 투영 렌즈의 설정을 용이하게 한다.

[0023] 두-빔 간섭을 취득하기 위하여 이들이 종종 극들 사이에 연결 라인이 코어 영역 구조의 라인의 배향에 수직으로 진행하도록 설정되므로, 코어 영역 구조 배향 데이터는 예를 들면 조명 시스템 상의 사용자에 의한 이중극 조명 설정의 극의 배향에 대한 정보를 포함하는 조명 설정 데이터로부터 추출될 수 있다.

[0024] 바람직하게는, 패턴 데이터는 코어 영역 구조 배향 데이터에 추가로 추가 데이터를 포함해야 한다. 특히, 패턴 내의 코어 영역 구조의 라인이 위치를 나타내는 코어 영역 구조 위치 데이터가 유용할 수 있다. 투영 방사선의 파면 품질의 요구된 필드 의존성에 대한 정보가 코어 영역 구조 위치 데이터를 기초로 추출될 수 있다. 거친 주변 구조만이 좌측 에지에 존재하는 동안 예를 들면 코어 영역 구조가 패턴의 우측 에지에 놓이는 경우, 다른 필드 포인트에 대한 이미징 사양이 완화될 수 있는 동안, 우측 에지에서 코어 영역 구조의 이미징을 위하여 중요한 필드 포인트에 대해서만 충분히 파면을 수정하는 것이 충분할 수 있다.

[0025] 패턴의 주변 구조에서의 라인의 배향을 나타내는 주변 영역 구조 배향 데이터 및/또는 패턴 내의 주변 구조의 라인의 위치를 나타내는 주변 영역 구조 위치 데이터를 결정함에 의해, 투영 렌즈의 이미징 양태의 추가 패턴-특정 최적화를 이행하는 것이 가능하다.

[0026] 사용 사례 데이터를 이용하여 이미징 사양 데이터를 결정하는 양호한 변수들이 특히 이하 고려를 기초로 한다.

[0027] 일반적으로, 이미징 사양은 개별 제르니케의 최대 기여도 및/또는 선형 또는 2차 제르니케 합의 최대 기여도의 형태로 명시된다. 가중 2차 제르니케 합의 예는 RMS 또는 그룹화된 RMS(제1, 제2, 제3, 제4 차)이다. 가중 선형 제르니케 합의 일 예는 특정 조명 설정을 기초로 하는 코어 영역 구조에 대한 오버레이 기여도이다.

[0028] 일반적으로, 각 필드 포인트 $FP_1$, ..., $FP_M$에 대해, 복수개의 이미징 사양, 예를 들면 $S_1(FP_1)$, ..., $S_N(FP_M)$이 존재한다.

[0029] 균일 사양이 구체적 필드 포인트에 대해 독립적으로 선택되는 경우, $S_1(FP_1)=...=S_1(FP_M)$, ..., $S_N(FP_1)=...=S_N(FP_M)$은 참이다. 이러한 접근법, 즉 전체 필드 포인트에 대한 균일 사양은 종래 기술에서는 일상적인 관습이다.

[0030] 이로부터 벗어나서, 바람직하게는 적어도 2개의 필드 포인트의 이미징 사양 데이터가 적어도 하나의 이미징 사양에 대해 상이한 식으로 사용 사례 데이터에 대해 이미징 사양 데이터가 결정된다. 이미징 사양은 그러므로 구체적 필드 포인트에 의존하여 사용 사례에 대해 구체적인 것처럼 "개별적으로" 결정된다. 이미징 사양 데이터는 따라서 상이하게 위치된 필드 포인트에 대해 상이할 수 있다.

[0031] 일 예는 이러한 접근법의 이득을 설명할 수 있다. 비회전 대칭형 제르니케에 대해, 예를 들면 $Z_{17}$ 및 $Z_{18}$에서, $Z_{17}$은 $Z_{18}$ 보다 상이한 파면 범위를 인테로게이트(interrogate)한다. 대응하여, x-이중극의 경우, $Z_{17}$은 $Z_{18}$ 보다 더 좁은 사양을 가질 것이며, 회전 x-이중극의 경우에 $Z_{18}$(또는 일반적으로는 $Z_{17}$ 및 $Z_{18}$의 선형 조합)의 경우에는 좁은 사양을 가진다.

[0032] 이미징 사양 데이터를 선택된 구조 데이터에 귀속시키는 것은 이하 질문이 응답되는 결과를 갖는다: 주어진 사용 사례에 대해, 신뢰할만한 이미징이 여전히 보장되는 가능한 가장 큰 사양이 무엇인가?

[0033] 이미징 사양 데이터는 이하 그룹에서 선택된 하나 이상의 구조 데이터를 포함할 수 있다:

[0034] 코어 영역 구조 배향 데이터, 코어 영역 구조 위치 데이터, 주변 구조 배향 데이터, 주변 구조 위치 데이터, 그러한 방법으로

[0035] 그 이미징 사양 데이터, 특히 파면 사양 데이터가 적어도 하나의 측면에서 상이한 2개의 필드 포인트가 존재하며 및/또는

[0036] n-차 파면 확장 함수에 대한 파면에 대한 파면 사양이 90° /n 의 각도로 회전된 파면으로부터 적어도 일 측면에서 상이한 하나의 필드 포인트가 존재하며, 여기서 이 차이는 선택된 구조 데이터에 기인한다 할 수 있다.

[0037] n-차 파면 확장 함수는 예를 들면 n-차 제르니케일 수 있다.

[0038] 제르니케 계수 $Z_m$의 예를 기초로, 이는 예를 들면 아래와 같이 이해될 수 있다. 상이한 필드 포인트 $FP_i$ 및 $FP_j$ 및 이미징 사양 $S_k$가 존재하여, 조건: $S_k(FP_i)\neq S_k(FP_j)$가 참이라고 가정한다. 제1 필드 포인트($FP_i$)는 예를 들면 코어 영역 내의 필드 포인트일 수 있으며, 제2 필드 포인트($FP_j$)는 주변 구조의 영역에 놓일 것이 의도된다. 이미징 사양($S_k$)이 홀수-차 제르니케이고, 이는 다시 말하면 예를 들면 1차 또는 3차 또는 5차 또는 7차 제르니케, 예를 들면 $Z_2$ 또는 $Z_3$ 또는 $Z_7$ 또는 $Z_8$(1차) 또는 $Z_{10}$ 또는 $Z_{11}$(3차) 또는 $Z_{26}$ 또는 $Z_{27}$(5차) 또는 $Z_{50}$ 또는 $Z_{51}$(7차)이다. 최소 라인 간격을 갖는 이미지될 라인이 회전되는 경우, 예를 들면 $Z_2$ 및 $Z_3$, 또는 $Z_2$ 및 $Z_8$의 또는 $Z_{10}$ 및 $Z_{11}$의 또는 $Z_{26}$ 및 $Z_{27}$ 또는 $Z_{50}$ 및 $Z_{51}$의 적합한 선형 조합이 또한 명시될 수 있다. 홀수-차 제르니케는 이들이 이중 패터닝 또는 4중 패터닝에 대해 중요한 오버레이를 지배하므로 특히 여기에 관련되는 것으로 간주된다.

[0039] 이미징 사양은 예를 들면 코어 영역에서의 제1 필드 포인트에 대한 이미징 사양과 주변 영역에서의 제2 필드 포인트에 대한 이미징 사양 사이의 사양 비율이 값 1로부터 현저히 예를 들면 적어도 10% 또는 적어도 30% 또는 적어도 50% 만큼 벗어나도록 선택될 수 있다. 특히, 예를 들면 조건:

[0040] $\max(S_k(FP_i)/S_k(FP_j),\ S_k(FP_j)/S_k(FP_i))\geq \alpha$

[0041] 은 참일 수 있고, 여기서 $\alpha\geq 1.5$이다. 특히, $\alpha\geq 2$ 또는 심지어 $\alpha\geq 5$가 참일 수 있다.

[0042] 사용 사례 데이터 및/또는 사용 사례에 대한 이미징 사양 데이터의 적어도 하나의 서브셋이 외부적 데이터 획득에 의해 결정되고 이것이 투영 렌즈의 제어 유닛에 소통된다는 점으로 인하여 사용 사례에 대한 투영 렌즈의 이미징 양태의 특별히 정확한 적응이 양호한 실시예에서 가능하다. 개별적으로 이용될 수 있거나 또는 복수개의 대처의 조합으로 이용될 수 있는 외부적 데이터 획득에 대한 다양한 가능성이 있다. 하나의 가능성은 사용자

인터페이스를 통해 사용자에 의해 인테로게이트될 소망된 데이터에 대한 것이다. 이 목적을 위하여, 스크린 및 키보드 등을 갖는 대응하는 사용자 인터페이스가 투영 렌즈 또는 투영 노광 장치의 동작 유닛 상에 제공될 수 있다. 다르게는 또는 추가적으로, 투영 렌즈의 제어 유닛에 억세스 가능한 메모리로부터의 관련 데이터의 적어도 일부분을 검색하는 것이 또한 가능하다.

[0043] 저장된 데이터는 예를 들면 조명 시스템에 대한, 투영 렌즈에 대한 및/또는 레티클에 대한 정보를 포함할 수 있다. 예를 들면, 데이터 라인을 통하여, 투영 노광 장치의 조명 시스템에 대한 설정에 관한 정보가 검색될 수 있으며, 이미징 사양 데이터를 결정하는 경우에 이용될 수 있다. 레티클에 관한 정보는 예를 들면 스캐너(및 바 코드)를 이용하여 레티클 ID의 형태로 판독 입력될 수 있다. 다음으로, 레티클 ID와 관련된 상세한 정보가 투영 렌즈의 제어 유닛에 억세스 가능한 데이터베이스로부터 검색될 수 있다. 다르게는, 예를 들면 모든 관련 정보를 포함하고 판독 가능한 RFID 칩이 레티클에 대해 제공될 수 있다.

[0044] 외부적 데이터 획득에 다르게 또는 추가로, 내부적 데이터 획득이 투영 렌즈에 대한 측정 또는 투영 렌즈에서의 측정에 의해 영향을 받을 수 있다. 이 경우, 예를 들면, 사용 사례 데이터를 결정하는 것은 오브젝트 평면으로부터 투영 렌즈의 이미지 평면의 방향으로 통과하는 투영 방사선의 적어도 하나의 특성을 나타내는 투영 방사선 데이터를 자동화된 방식으로 결정하는 것을 포함한다. 이는 패턴 데이터의 및/또는 조명 설정 데이터의 적어도 일부를 투영 방사선 데이터를 이용하여 취득하는 가능성을 활용한다. 적절한 경우, 투영 렌즈를 사용 사례에 적응시키는데 필요한 전체 데이터가 투영 렌즈에 대한 측정 가능한 영향을 기초로 하는 자동화된 데이터 획득에 의해 구현될 수 있어서, 추가 정보가 사용자에 의해 제공될 필요가 없다.

[0045] 일부 실시예에서, 투영 방사선 데이터의 결정은 하나 이상의 필드 포인트에서의 투영 방사선의 파면의 측정을 포함한다. 파면 측정은 무엇보다도 투영 렌즈의 이미징 품질에 근본적으로 중요한 파면의 특성이 이에 따라 직접 결정될 수 있다는 이점을 갖는다. 파면 측정을 위한 적합한 시스템이 이미 많은 투영 노광 장치에서의 다른 목적을 위해 존재하며, 따라서 이들이 본 발명의 실시예의 맥락에서 내부적 데이터 획득을 위하여 이용될 수 있다.

[0046] 특허 명세서 US 7,333,216 A1 및 US 6,650,399 A1은 방법을 수행하는 경우에 원칙적으로 이용될 수 있는 파면 측정 시스템의 예를 도시한다. 파면 측정 시스템의 구성 및 기능에 관한 상기 문헌들의 개재된 내용은 본 발명의 내용에 포함된다.

[0047] 파면 측정에 대한 대안 또는 추가안으로서, 투영 방사선 데이터의 결정이 또한 투영 빔 경로에서의 오브젝트 평면과 이미지 평면 사이에 놓인 적어도 하나의 기준면에서의 투영 방사선의 방사 세기의 2차원적 분포를 나타내는 세기 분포 데이터의 결정을 포함한다.

[0048] 투영 렌즈의 빔 경로 내에 정렬된 광학 요소의 적어도 하나의 광학면이 기준면으로서 이용되는 것이 가능하다. 기준면은 따라서 투영 렌즈의 빔 경로 내에 정렬된 예를 들면 렌즈 요소(굴절 광학 요소) 또는 미러(반사 광학 요소)와 같은 광학 요소의 광학면일 수 있다. 광학 요소가 미러이고 광학면이 미러면인 경우, 유도된 미러 가열이 미러면의 가역적 변화 및 결과적인 파면 변화를 유도하므로, 세기 분포 데이터로부터, 특히 간결한 방식으로 이에 따라 초래된 파면 변화에 대한 결론을 내는 것이 가능하다. 스톱의 표면에 의해 또는 마스크(레티클) 또는 노광될 기판(웨이퍼)상의 표면에 의해 기준면이 형성되도록 하는 것이 가능하다. 적절하다면, 기준면은 또한 액침에 또는 액침 내에 위치될 수 있다.

[0049] 무엇보다도 필드 평면 내에 직접 위치시키는 것이 측정에 의해 결정될 수 있으므로, 액침의 영역에서의 직접 측정이 유리할 수 있으며, 따라서 레티클의 코어 구조 및/또는 주변 구조의 분포에 대한 매우 우수한 결론이 가능하다. 액침을 간격을 두고 교환함에 의해, 적절하다면 열 전도 방정식을 완전히 해석하지 않고 세기 분포를 추정하지 않는 것이 가능하다.

[0050] 투영 방사선 내의 방사 세기 분포의 측정이 가능하다. 일부 실시예에서, 세기 분표 데이터를 결정하기 위하여 기준면에서의 2차원 온도 분포가 공간 분해 방식으로 측정된다는 사실로 인하여 세기 분포 데이터의 간접 결정이 달성된다.

[0051] 이 경우, 기준면에 입사하는 투영 방사선이 그곳에 세기에 비례하고 적합한 온도-감지 측정 시스템에 의해 검출될 수 있는 가열을 초래하는 것으로 가정된다. 하나 또는 복수개의 열 이미징 카메라(적외선 카메라)를 이용함에 의해 또는 하나 또는 복수개의 다른 온도 센서를 이용함에 의해 2차원 온도 분포가 획득될 수 있다. 적절하다면, 보다 정확한 측정값을 취득하기 위하여 측정값의 외삽법 및/또는 보간법 및/또는 측정값과 예측 모델의 대조를 수행하는 것이 가능하다. 대안적으로 또는 추가적으로, 기준면에서의 2차원 온도 분포로부터 세기 분포

데이터를 결정하는 경우, 투영 방사선에서의 세기 분포를 결정하는 경우의 정확성을 개선하기 위하여 열 전도 방정식을 해석함에 의해 열 전도 효과를 고려하는 것이 또한 가능하다.

[0052] 일 실시예에서, 제1 세기 분포 데이터가 투영 렌즈의 동공 평면에 또는 인접한 곳에 놓인 제1 기준면에서 결정되며, 조명 설정 데이터는 제1 세기 분포 데이터를 이용하여 결정된다. 이 방법 변형은 투영 렌즈의 동공 평면 부근의 또는 그 내의 세기 분포가 그에 대해 광학적으로 공액인 조명 시스템의 동공 평면 내의 세기 분포에 의해 실질적으로 결정되어, 투영 렌즈의 동공 평면 내의 세기 분포를 충분한 정확성으로 결정함에 의해, 조명 설정(예를 들면, 이중극 조명, 4중극 조명, 종래 기술의 조명 등)에 대한 결론을 내는 것이 가능하다는 사실을 이용한다. 동공의 영역 내의 세기 분포 상의 조명된 패턴의 투영 렌즈로의 영향은 제1 근사화에는 무시될 수 있다. 그러나, 적합하다면 이 영향은 결정에 있어서 고려될 수 있다. 적합하다면 패턴 데이터가 또한 유도될 수 있다.

[0053] 바람직하게는, 제2 세기 분포 데이터가 투영 렌즈의 필드 평면에 인접한 곳에 또는 그 내에 놓인 제2 기준면에서 결정되고, 패턴 데이터가 제2 세기 분포 데이터를 이용하여 결정된다. 이 측정은 패턴의 및 그 내부에 분포된 구조의 이미지가 투영 렌즈의 필드 평면 및 필드 평면의 인근에 형성되어, 이미지는 적어도 거의 디포커스 형태로 여전히 존재될 수 있다. 결과적으로, 예를 들면 제2 세기 분포 데이터를 기초로 코어 영역 구조 및 주변 구조이 측방향 분포에 대한 정보를 취득하는 것이 가능하다.

[0054] 예를 들면, 서브어퍼츄어 비(SAR)가 광학 요소의 또는 빔 경로 내의 광학면의 위치를 정량화하기 위하여 이용될 수 있다.

[0055] 하나의 설명된 정의에 따르면, 투영 빔 경로 내의 광학 요소의 광학면의 서브어퍼츄어 비(SAR)가 SAR:=DSA/DCA에 따라 서브어퍼츄어 직경(DSA)과 광학적으로 자유인 직경(DCA) 사이의 몫으로서 규정된다. 서브어퍼츄어 직경(DSA)가 주어진 필드 포인트로부터 기인하는 빔의 광선으로 조명되는 광학 요소의 부분 구역의 최대 직경에 의해 주어진다. 광학적으로 자유인 직경(DCA)는 광학 요소의 기준축 주위의 최소 원의 직경이며, 여기서 원은 오브젝트 필드로부터 오는 모든 광선에 의해 조명되는 광학 요소의 구역의 영역을 포함한다.

[0056] 필드 평면(예를 들면, 오브젝트 평면 또는 이미지 평면)에서, SAR=0이 이에 따라 참이다. 동공 평면에서, SAR=1은 참이다. "근접장"면은 따라서 0에 가까운 서브어퍼츄어 비를 가지며, "근접동공"면은 1에 가까운 서브어퍼츄어 비를 갖는다.

[0057] 바람직하게는, 근접동공에 배치된 기준면의 경우, 서브어퍼츄어 비는 0.5와 1 사이, 특히 0.7과 1 사이의 범위이다. 근접장에 배치된 기준면의 경우, 서브어퍼츄어 비는 바람직하게는 0과 0.5 사이, 특히 0과 0.3 사이의 범위에 있다.

[0058] 제1 세기 분포 데이터가 제1 기준면에서 결정되고 또한 제2 세기 분포 데이터가 제2 기준면에서 결정되고, 사용 사례 데이터가 세기 분포 데이터의 이들 유형 모두를 이용하여 결정되는 경우 이미징-관련 사용 사례 데이터에 관한 특별히 정확한 정보가 일반적으로 취득 가능하다.

[0059] 양호한 변형에서, 사용 사례 분류 데이터가 투영 노광 장치의 제어 유닛에 억세스 가능한 메모리 내에 저장된다는 사실로 인하여 세기 분포 데이터의 고속 및 충분히 정확한 평가가 발생하고, 상기 데이터는 조명 영역 내의 조명 설정 및 마스크 구조의 다양한 조합에 대하여 오브젝트 평면과 이미지 평면 사이에 놓인 적어도 하나의 기준면에 대한 대응하는 세기 분포 데이터를 함유한다.

[0060] 패턴 인식 방법 및/또는 특징 추출 방법은 예를 들면 투영 방사 데이터로부터 패턴 데이터 및/또는 조명 설정 데이터를 결정하는 경우에 이용될 수 있다. 이 방법들은 측정된 세기 분포 데이터와 사용 사례 분류 데이터를 비교하는 경우에 특정 사용 사례에 대한 기초 정보를 신속하고 신뢰성 있게 결정하기 위하여 유리하게 채용될 수 있다.

[0061] 광학 표면에서의 2차원적 온도 분포로부터 세기 분포 데이터를 결정하는 경우, 적절하다면 시불변 열 전도 방정식을 풀어서 열전도 효과를 고려하는 것이 가능하다.

[0062] 특정 사용 사례의 요구에 투영 렌즈를 적용한 결과로서, 투영 렌즈가 이러한 사용 사례에 대해 최적으로 설정되더라도 상이한 패턴 및/또는 상이한 조명 설정의 경우에 더이상 충분한 이미징 성능을 가지지 않는 상황이 발생할 수 있다. 이러한 이유로, 그 중에서, 일부 경우에, 제1 투영 노광의 제1 사용 사례 데이터가 직접 또는 간접으로 연속하는 제2 투영 노광의 제2 사용 사례 데이터와 비교되고, 비교가 사용 사례 비교 데이터의 생성을 유도하는 것이 제공된다. 사용 사례 비교 데이터를 기초로, 투영 렌즈가 각 사용 사례에 대해 바르게 설정되는

지 여부를 모니터하는 것이 가능하다.

[0063] 특히, 사용 사례 비교 데이터에 의존하는 방식으로 사용 사례의 변화를 나타내는 사용 사례 변화 신호를 생성하는 것이 가능하다. 상기 변화는 예를 들면 상이한 조명 설정이 동일 마스크 구조에 대해 채용되는 경우, 상이한 패턴이 동일 조명 설정으로 조명되는 경우 및/또는 조명 설정 및 패턴 둘다 하나의 투영 노광에서 다음 투영 노광으로 변경되는 경우에 존재할 수 있다. 사용 사례 변화가 코어 영역 구조로 표시되는 경우, 신규 사용 사례에 대한 투영 렌즈의 최적 적응을 또한 보장하기 위하여 적시에 투영 렌즈에 대해 재조정이 수행될 수 있다.

[0064] 본 발명은 또한 투영 노광 방법을 수행하도록 구성되는 투영 노광 장치에 관한 것이다. 투영 노광 장치는 투영 렌즈의 이미징 양태를 특정 사용 사례에 적응하기 위한 시스템을 포함하며, 여기서 시스템은 사용 사례에 특정한 사용 사례 데이터를 결정하기 위한 유닛, 사용 사례 데이터를 이용하여 이미징 사양 데이터를 결정하기 위한 유닛, 및 투영 렌즈에 할당되는 제어 유닛을 포함하되, 이 제어 유닛은 투영 렌즈의 제어 가능한 광학 성분이 투영 렌즈의 이미징 양태를 사용 사례에 적응하기 위하여 이미징 사양 데이터에 의존하는 방식으로 제어 유닛에 의해 제어 가능하도록 구성된다.

[0065] 유리한 구성이 구체적 실시예를 기초로 아래에 더욱 설명된다.

[0066] 상술한 특징 및 추가 특징이 청구 범위만이 아니라 상세한 설명 및 도면으로부터도 명백하며, 각 경우에 개별 특징이 자체로 또는 복수개로서 본 발명의 실시예 및 다른 분야에서의 서브 조합의 형태로 구현될 수 있으며, 유리하며 본질적으로 보호 가능한 실시예를 구성한다. 본 발명의 예시적 실시예가 도면으로 도시되고, 이하에 상세히 설명된다.

## *도면의 간단한 설명*

[0067] 도 1은 도 1a에서 본 발명의 일 실시예에 따른 EUV 마이크로리소그래피 투영 노광 장치의 구성 성분을 도시하고, 도 1b에서 다른 실시예에 따른 투영 렌즈를 상세히 도시한다.

도 2 및 도 3은 투영 노광 장치의 동작 동안의 단계들의 가능한 순서를 표시하는 흐름도를 도시한다.

도 4 내지 도 6은 근접장 광학 요소 및 근접동공 광학 요소에 대한 온도 분포 측정으로부터 코어 영역 구조 및 주변 구조의 위치 및 배향에 대한 정보 및 조명 설정에 대한 정보를 결정하기 위한 예시적 실시예를 도시한다.

## *발명을 실시하기 위한 구체적인 내용*

[0068] 도 1은 도 1a에서 반사 마스크(M)의 패턴의 적어도 하나의 이미지를 갖는, 투영 렌즈(PO)의 이미지 평면(IS)의 영역에 배치된 감방사선 기판(W)을 노광하기 위한 EUV 마이크로리소그래피 투영 노광 장치(WSC)의 구성 성분을 도시하되, 상기 패턴은 투영 렌즈의 오브젝트 평면(OS)의 영역내에 배치된다. 도 1b는 특정 상세에서 상이하게 구비된 변형에서의 투영 렌즈의 상세를 도시한다.

[0069] 투영 노광 장치는 주 방사 소스(RS)의 방사로 동작된다. 조명 시스템(ILL)은 주 방사 소스의 방사를 수신하고 패턴으로 향하는 조명 방사선을 정형하는 역할을 한다. 투영 렌즈(PO)는 패턴의 구조를 감광 기판(W)에 이미징하는 역할을 한다.

[0070] 주 방사 소스(RS)는 그중에서도 레이저 플라즈마 소스 또는 가스 방전 소스 또는 싱크로트론 기반 방사 소스일 수 있다. 그러한 방사 소스는 극단 자외선 범위(EUV 범위), 특히 5nm와 15nm 사이의 파장을 갖는 방사선 RAD를 생성한다. 조명 시스템 및 투영 렌즈가 이러한 파장 범위에서 동작할 수 있도록, 이들은 EUV 방사선에 반사성인 성분으로 구성된다.

[0071] 방사 소스(RS)로부터 출현하는 방사선(RAD)은 콜렉터(C)를 이용하여 수집되고 조명 시스템(ILL)으로 가이드된다. 조명 시스템은 믹싱 유닛(MIX), 텔레스코프 광학 유닛(TO) 및 필드 포밍 미러(FFM)을 포함한다. 조명 시스템은 방사선을 정형하고 따라서 투영 렌즈(PO)의 오브젝트 평면(OS) 또는 이의 부근에 위치된 조명 필드를 조명한다. 이 경우, 조명 필드의 형태 및 크기는 오브젝트 평면(OS)에서의 효율적으로 사용된 오브젝트 필드(OF)의 형태 및 크기를 결정한다. 조명 필드는 일반적으로 폭과 높이 사이의 높은 종횡비를 갖는 슬롯의 형상이다.

[0072] 장치의 동작 동안, 반사 마스크(M)는 오브젝트 평면(OS) 내에 배치된다. 여기서 투영 렌즈(PO)는 6개의 미러(M1 내지 M6)을 가지며, 마스크의 패턴을 감소된스케일의 이미지 평면에 이미지화하며, 노광될 기판, 예를 들면 반도체 웨이퍼가 상기 이미지 평면에 배치된다.

[0073] 믹싱 유닛(MIX)은 실질적으로 2개의 패싯 미러(FAC1, FAC2)로 구성된다. 제1 패싯 미러(FAC1)는 오브젝트 평면(OS)에 대해 광학적으로 공액인 조명 시스템의 면에 정렬된다. 그러므로, 필드 패싯 미러로도 지정된다. 제2 패싯 미러(FAC2)는 투영 렌즈의 동공 평면에 대해 광학적으로 공액인 조명 시스템의 동공 평면에 정렬된다. 그러므로, 동공 패싯 미러로도 지정된다.

[0074] 동공 패싯 미러(FAC2) 및 빔 경로에서 하류에 배치되고 그레이징 입사(grazing incidence)로 동작되는 필드 포밍 미러(FFM) 및 텔레스코프 광학 유닛(TO)을 포함하는 이미징 광학 조립체의 도움으로, 제1 패싯 미러(FAC1)의 개별 미러링 패싯(개별 미러)가 오브젝트 필드에 이미지화된다.

[0075] 필드 패싯 미러(FAC1)에서의 공간(로컬) 조명 세기 분포는 오브젝트 필드에서의 로컬 조명 세기 분포를 결정한다. 동공 패싯 미러(FAC2)에서의 공간(로컬) 조명 세기 분포는 오브젝트 필드(OF)에서의 조명 각도 세기 분포를 결정한다.

[0076] 마스크(M)(레티클)를 유지 및 조작하는 유닛(RST)이 마스크 상에 정렬된 패턴(PAT)이 투영 렌즈(PO)의 오브젝트 평면(OS) 내에 놓이도록 정렬되며, 여기서 상기 오브젝트 평면은 또한 레티클면으로서 지정된다. 마스크는 스캔 드라이브(SCM)의 도움으로 투영 렌즈의 기준축(AX)(z-방향)에 수직인 스캐닝 방향(y-방향)으로의 스캐너 동작을 위하여 이 평면에서 이동 가능하다.

[0077] 노광될 기판(W)은 스캐닝 방향(y-방향)에서 기준축(AX)에 수직인 마스크(M)와 동기식으로 기판을 이동하기 위하여 스캐너 드라이브(SCW)를 포함하는 유닛(WST)에 의해 유지된다. 투영 렌즈(PO)의 디자인에 의존하여, 마스크 및 기판의 이러한 움직임은 서로 평행하게 또는 역평행하게 영향을 받을 수 있다.

[0078] "웨이퍼 스테이지"로 지정되는 유닛(WST) 및 "레티클 스테이지"로 지정되는 유닛(RST)이 스캐닝 제어 유닛을 이용하여 제어되는 스캐너 유닛의 일부이며, 실시예의 경우에 이는 투영 노광 장치의 중앙 제어 유닛(CU)에 일체화된다.

[0079] 투영 노광 장치(WSC)의 모든 광학 구성 성분은 진공화 가능한 하우징(H) 내에 실장된다. 투영 노광 장치는 진공하에 동작된다.

[0080] 유사한 기본 구조를 갖는 EUV 투영 노광 장치가 예를 들면 WO 2009/100856 A1 또는 WO 2010/049020 A1로부터 공지되고, 그 개시는 본 명세서의 내용에 참고로 포함된다.

[0081] 마스크(M)는 구조화되고 육안으로 볼때 대체로 평탄한 전면측을 갖는 마스크 기판(MS)를 갖는다. 예를 들면 몰리브덴 및 실리콘 또는 루테늄(ruthenium) 및 실리콘의 교대한 층을 포함하는, EUV 방사선에 대해 반사성인 다층 배치가 전면측 상에 위치된다. 마스크의 패턴(PAT)이 예를 들면 탄탈기 흡수재 재료로 구성될 수 있는 하나 또는 복수개의 구조화된 흡수재 층에 의해 형성된다. 도시된 포함된 동작 상태에서, 예를 들면 전면측의 표면 법선에 대해 0과는 상이한 각도에서 패턴 상에 경사지게 충돌하는 조명 시스템에 의해 제공되는 조명 방사선(ILR)이 패턴에 의해 변경되고 다음으로 투영 방사선(PR)으로서 투영 렌즈(PO)에 경사지게 방사되는 방식으로 전면측이 조명 시스템(ILL) 및 투영 렌즈(PO)과 마주한다.

[0082] 투영 노광 장치는 투영 렌즈(PO)의 이미징 양태를 특정 사용 사례 또는 사용자 사례에 적응하기 위한 시스템을 구비하며, 이 시스템은 투영 렌즈가 디자인에 의해 미리 지정된 일정 제한내에서 그 이미징 특성을 특정 사용 사례에 자동으로 적응하도록 하여, 특정 사용 사례에 대해 최적화되는 이미징 특성이 달성된다. 이러한 목적을 위하여, 사용 사례에 특정한 사용 사례 데이터를 결정하기 위한 유닛이 제공되고, 이는 특정 사용 사례에 대한 내부 및 외부 데이터 획득의 역할을 한다. 사용 사례 데이터의 도움으로, 사용 사례에 대해 편의적인 투영 렌즈의 이미징 양태를 규정하는 이미징 사양 데이터가 다음으로 대응하는 유닛에 의해 결정된다. 투영 렌즈는 투영 렌즈의 이미징 특성을 변경하고 이들을 사용 사례에 적응시키기 위하여, 투영 렌즈에 할당된 제어 유닛(CU)의 도움으로 이미징 사양 데이터를 기초로 구동될 수 있는 제어 가능한 광학 구성 성분을 구비한다(도 1b 참조).

[0083] 특정 사용 사례에 대한 정보는 원칙적으로 내부적 데이터 획득 및/또는 외부적 데이터 획득에 의해 결정될 수 있다. 내부적 데이터 획득은 적합한 측정 시스템의 도움으로 직접 또는 간접으로 투영 노광 장치의 구성 성분에 대해 결정될 수 있는 데이터를 실질적으로 이용한다. 예를 들면, 외부적 데이터 획득에 의해, 데이터는 사용자 인터페이스를 통해 사용자에 의해 인테로게이트될 수 있다. 조명 시스템, 투영 렌즈 및/또는 사용 사례에 대해 제공되는 레티클에 대한 정보를 포함하는 대응하는 메모리로부터 관련 데이터의 일부를 불러오는 것이 또한 가능하다.

[0084] 이들 시스템의 일부는 도 1에서의 투영 노광 장치의 예를 기초로 설명된다. 여기서 사용 사례에 대해 적응을 수행하기 위하여 가능하다면 투영 노광 장치에 대해 단지 하나 또는 둘 내지 세 개의 전술한 시스템이 투영 노광 장치에 대해 존재해야 함을 강조하는 것이 중요하다. 단일 예시적 실시예를 기초로 상이한 시스템이 설명되었지만, 당업자에게는 개별 유닛 또는 유닛 그룹이 다른 유닛에 대체하여 또는 이에 추가하여 선택적으로 제공될 수 있음이 명백하다.

[0085] 내부적 데이터 획득을 위한 시스템은 내부적 데이터 획득을 위한 유닛(IDA)을 가지며, 이에 하나 또는 복수개의 측정 및 획득 유닛이 연결될 수 있다. 파면 측정 시스템(WMS)이 마스크로부터 노광될 기판까지 투영 렌즈 내를 통과하는 투영 방사선의 파면의 측정을 수행하도록 디자인된다. 복수개의 필드 포인트에 대한 공간적 분해 측정이 양호하게는 제공된다. 예를 들면, US 7,333,216 A1 또는 US 6,650,399 A1에 설명된 유형의 파면 측정 시스템을 제공하기 위하여, 그에 대한 게시 내용은 본 상세한 설명의 내용에 참조로 포함된다.

[0086] 다르게는 또는 추가적으로는, 마스크의 패턴의 구조를 예를 들면 광학적으로 측정하고 또한 예를 들면 코어 영역 구조에 대한 특히 패턴 내의 로컬 위치의 정보 및 코어 영역 구조의 배향과 관련된 정보를 획득하도록 디자인된 레티클 측정 시스템(RMS)를 제공하는 것이 가능하다.

[0087] 온도 측정 시스템(MTS)이 제2 미러(M2)에 대한 조명된 영역 내의 로컬 미러 온도를 공간 분해 방식으로 획득하고 또한 이로부터 기준면의 역할을 하는 이 미러면에서의 2차원적 온도 분포를 결정하도록 디자인된다. 온도 측정 시스템은 다층 반사층에 인접한 미러 기판 내의 2차원 분포 내에 정렬된 예를 들면 다층의 온도 센서를 포함할 수 있다.

[0088] 다르게는 또는 추가적으로는, 미러면에서의 열 분포의 공간 분해 기록을 위한 적어도 하나의 열 이미징 카메라가 제공될 수 있다. 도시된 예의 경우에, 제6 미러(M6)의 오목 미러면에서의 열 분포가 열 이미징 카메라(MWBK6)를 이용하여 공간 분해 방식으로 획득되고, 제4 미러(M4)의 오목 미러면에서의 열분포가 열 이미징 카메라(MWBK4)를 이용하여 공간 분해 방식으로 획득된다.

[0089] 측정을 위해 이용되는 미러가 투영 렌즈의 동공 평면에 또는 부근에(다시 말하면, 근접동공) 장착된 미러인 경우, 선택된 조명 설정에 대한 관련 정보가 이로부터 유도될 수 있다. 근접장에 배치된 미러의 경우, 적절한 경우 패턴 내의 코어 영역 구조의 위치에 대한 정보를 유도하는 것이 가능하다.

[0090] 도 1a(및 도 1b)의 예의 경우에, 제1 미러(M1) 및 제4 미러(M4)가 각 경우에 필드 평면에 광학적으로 인접하여(다시 말하면, "근접장") 배치되고, 여기서 서브어퍼츄어 비(SAR)는 M1의 경우에 대략 0.3이고, M4의 경우에 대략 0.15 이다. 대조적으로, 제2 미러(M2) 및 제6 미러(M6)는 각각의 경우에 동공 평면에 광학적으로 인접하게, 즉, "근접동공"으로 배치되며, 여기서 서버어퍼츄어 비(SAR)는 M2의 경우에 대략 0.8, M6의 경우에 대략 0.9이다.

[0091] 도 1b의 예에서, 2개의 근접 동공 미러(M2 및 M6)가 열 분포에 대해 모니터된다. 각 측정 결과의 비교 및 연산 계수에 의해 측정 에러는 감소될 수 있다. 일반적으로, 각각의 유형(근접장 및 근접공동)에 대해 각각이 단지 하나의 광학면이 계략학적으로 획득된다면 이로서 충분하다.

[0092] 조명 설정 세트에 대한 정보를 취득하기 위하여, 내부적 데이터 획득을 위한 시스템은 또한 오브젝트 필드(레티클에서) 내의 특히 로컬 조명 세기 분포를 결정하기 위하여 제1 패싯 미러(FAC1)(필드 패싯 미러) 및 제2 패싯 미러(FAC2)(동공 패싯 미러)의 미러 위치를 획득한다.

[0093] 외부적 데이터 획득을 위한 시스템은 외부적 데이터 획득을 위한 유닛(EDA)를 가지며, 이곳으로 하나 또는 복수개의 구성 성분이 차례로 연결될 수 있다. 컴퓨터 단말(CT)이 사용자에 의해 데이터를 입력하는 역할을 한다. 레티클 데이터 획득 장치(RBCS)는 레티클의 획득된 식별 데이터의 도움으로 레티클 데이터베이스로부터 레티클에 대한 특히 레티클에 가해진 패턴에 대한 관련 정보를 취득하기 위하여 예를 들면 레티클 바코드 스캐너 및/또는 RFID 수신기를 포함할 수 있다. 연결된 데이터베이스(D)는 저장된 사용 사례 데이터에 억세스를 허용한다.

[0094] 내부적 데이터 획득을 위한 유닛 IDA 및 외부적 데이터 획득을 위한 유닛 EDA가 투영 노광 장치의 제어 유닛(CU) 및 이에 연결된 중앙 데이터 메모리(DS)로 연결되고, 이들과 데이터를 교환할 수 있다.

[0095] 투영 렌즈는 제어 유닛(CU)의 제어 신호를 기초로 규정된 방식으로 투영 렌즈의 이미징 특성을 변경하는 것이 가능하도록 하는 복수개의 매니퓰레이터를 갖는 매니퓰레이션 시스템을 포함한다. 이 경우, 용어 "매니퓰레이터(manipulator)"는 그 중에서 광학 효과를 변경하기 위하여 개별 광학 요소 또는 광학 요소의 그룹에 대하여 -

대응하는 제어 신호를 기초로 하는 - 능동적으로 동작하도록 디자인된 광기계식 유닛을 나타낸다. 일반적으로, 매니퓰레이터는 도량학적으로 획득된 이미징 수차가 목표된 방식으로 감소될 수 있도록 설정된다. 매니퓰레이터는 또한 종종 예를 들면 마스크 또는 기판을 변위하거나 틸트하거나 및/또는 변형하기 위하여 제공된다. 매니퓰레이터는 예를 들면 기준축 또는 그에 수직을 따른 광학 요소의 중심 이탈(decentration)을 위하여 또는 광학 요소의 틸팅을 위하여 디자인된다. 이 경우, 매니퓰레이터는 광학 요소의 강성-본체 움직임을 초래하나. 열 매니퓰레이터의 도움으로 광학 요소를 국부적으로 또는 전체적으로 가열 또는 냉각하거나 또는 국부적으로 또는 전체적으로 광학 요소의 변형을 유도하는 것이 가능하다. 이 목적을 위하여, 매니퓰레이터는 하나 또는 복수개의 액츄에이팅 요소 또는 액츄에이터를 포함하며, 그의 현재의 액츄에이팅 값은 제어 시스템의 제어 신호를 기초로 변경 또는 조정될 수 있다.

[0096] 도 1b는 투영 렌즈(PO)의 미러(M1 내지 M6)에 할당되고 각 경우에 제어 유닛(CU)에 연결되는 매니퓰레이터(MAN1 내지 MAN6)의 시스템의 예를 도시한다. 각각의 매니퓰레이터(MAN1 내지 MAN6)는 관련 미러의 강성-본체 움직임 즉, 특히 틸팅, 기준축(AX)에 평행한 변위 및/또는 기준축(AX)에 수직인 변위를 허용한다. 제2 미러(M2)와 관련된 제2 매니퓰레이터(MAN2)(광학적으로 동공에 인접하고, SAR이 대략 0.8)는 제2 미러의 미러면이 1차원적으로 또는 2차원적으로 변형되도록 하는 복수개의 독립적으로 구동 가능한 액츄에이터를 갖는 변형 매니퓰레이터이다. 이는 예를 들면 열 매니퓰레이터(비균일 가열을 이용한 미러 변형) 또는 기계적 매니퓰레이터(기계적 작동을 이용한 미러 변형)을 포함할 수 있다.

[0097] 도 1b의 예시적 실시예에서, 내부적 데이터 획득을 위한 시스템은 현재 사용 사례에 대한 정보가 제1 미러(M1) 및 제2 미러(M2)에서의 투영 방사선의 2차원적 세기 분포로부터 결정되도록 제공된다. 제1 미러(M1)의 미러면은 오브젝트 평면(OS)에 상대적으로 부근에 광학적으로 정렬되고 "근접장 미러"라 지정된다. 대조적으로, 제2 미러(M2)의 미러면은 최근접 동공 평면에 또는 이에 매우 가까이 배치되며, 이 면은 오브젝트 평면(OS)에 대해 퓨리에-변환된 면이다. 따라서 제2 미러(M2)는 또한 "동공 미러"로 지정된다.

[0098] 근동공에 정렬된 제2 미러(M2)의 경우에, 서브어퍼츄어 비(SAR)는 0.7과 1 사이의 범위, 즉 대략 0.8이다. 근접장에 정렬된 제1 미러(M1)의 경우, 서브어퍼츄어 비는 0과 0.4 사이의 범위, 즉 대략 0.3이다.

[0099] 제1 열 이미징 카메라(MWBK1)는 제1 미러(M1)에 대하여 정렬되어, 그 2차원 이미지 필드가 제1 미러의 전체 조명된 영역을 획득하여, 제1 미러 상에 2차원적 온도 분포를 기록하는 것이 가능하게 된다. 제2 열 이미징 카메라(MWBK2)가 동공 미러의 전체 조명된 영역을 획득하기 위하여 제2 미러(M2)의 미러면에 대해 대응하여 정렬된다.

[0100] 이들 유닛에 의해 획득되는 근접장 미러 및 근접 동공 미러 상의 2차원 세기 분포를 기초로 마스크(M)의 패턴(PAT) 내의 코어 영역 구조 및 주변 구조의 측방향 분포에 대한 정보를 취득하는 것이 어떻게 가능한지가 이하에 설명된다.

[0101] 투영 노광 장치의 가능한 동작이 일반적으로 도 2 및 도 3에서의 흐름도와 결부하여 설명된다. 이 경우, 도 2는 신규 레티클의 포함 이전 또는 이후의 시작(ST)으로부터 렌즈 시작에 대한 준비(PREP)의 종료까지 일부 선택적 단계들을 도시한다. 도 3은 동작 동안 투영 렌즈를 최적화하기 위한 일부 선택적 추가 단계를 도시한다.

[0102] 선택적 단계(S1)에서, 사용 사례 데이터가 컴퓨터 단말(CT)를 통해 오퍼레이터에 의해 입력된다. 사용 사례 데이터는 또한 데이터베이스(D)로부터 판독 출력될 수있으며, 저장된 사용 사례 데이터에 억세스할 수있다. 사용 사례 데이터가 컴퓨터 단말(CT)를 통해 입력되는 경우, 이들은 중앙 데이터 메모리(DS) 내에 저장될 수 있다.

[0103] 선택적 단계(S2)에서, 포함될 레티클 또는 포함된 레티클에 대한 레티클 식별이 바코드 스캐너 또는 RFID 수신기의 도움으로 레티클로부터 판독 입력되고, 대응하는 레티클 정보가 데이터베이스(D)로부터 판독 출력된다. 예를 들면, 코어 영역 구조의 위치 및 배향에 대한 정보가 여기에 저장될 수 있다. 정보가 이 루트에 의해 획득되는 경우, 중앙 데이터 메모리(DS) 내에 저장된다.

[0104] 레티클 측정 시스템(RMS)이 존재하고 이용되는 경우, 선택적 단계(S3)에서 예를 들면 코어 영역 구조 및 주변 구조의 위치 및 배향에 대한 정보가 패턴의 측정에 의해 레티클 측정 시스템의 도움으로 결정될 수 있다.

[0105] 선택적 단계 S4 및 S5에서, 조명 시스템에 대해 현재 설정된 조명 설정에 대한 정보가 제1 패싯 미러(FAC1) 및 제2 패싯 미러(FAC2)에서의 각각 대응하는 센서에 의해 획득될 수 있다. 대응하는 조명 설정 데이터가 데이터 메모리(DS) 내에 저장될 수 있다.

[0106] 외부적 데이터 획득의 전체 단계(S1 내지 S5)는 선택적이다. 이러한 목적을 위해 제공되는 하나 또는 복수개의

장치가 투영 노광 장치에 제공되어 이용된다. 다른 실시예는 외부적 데이터 획득을 위한 다른 시스템을 가지거나 또는 시스템을 가지지 않는다.

[0107] 이러한 상류의 데이터 획득은 시간(DAK1 COMP)에서의 지점에서 종료된다. 그때까지의 존재하는 정보를 기초로, 단계 S6에서의 제어 유닛(CU)은 사용 사례 데이터(UCD)를 계산하고 이들을 중앙 데이터 메모리(DS) 내에 저장한다. 상기 데이터를 기초로, 단계 S7에서의 제어 유닛(CU)은 잠정적 이미징 사양 데이터(ASD)를 계산하고, 이들을 중앙 데이터 메모리(DS)에 저장한다. 투영 노광 장치는 따라서 시간(PREP) 지점에서 렌즈 시작이 준비된다.

[0108] 레티클이 사전 지정된 위치에 포함되고, 조명 시스템이 동작에 들어가는 경우, 마스크의 패턴이 조명되고 패턴에 의해 개조된 방사선은 투영 방사선으로서 투영 렌즈를 통과하여 기판(W)으로 간다. 이 상에서, 현재 사용 사례에 대한 정보는 내부적 데이터 획득(도 3 참조)의 유닛의 도움으로 획득될 수 있다. 단계 S8에서, 제2 미러(M2)에서의 온도의 로컬 분포가 온도 측정 시스템(MTS)의 도움으로 결정된다. 다르게는 또는 추가적으로, 단계 S9에서, 열 이미징 카메라(MWBK)의 도움으로, 제6 미러(M6)의 오목 미러면 상의 로컬 열 분포가 결정될 수 있으며 대응하는 데이터가 생성될 수 있다. 다르게는 또는 추가적으로, 단계 S10에서, 파면 측정 시스템(WMS)이 예를 들면 복수개의 필드 포인트에 대한 투영 렌즈의 출사 동공에서의 투영 렌즈를 통과하는 투영 방사선의 파면을 측정하는데 이용될 수 있다. 단계 S8 내지 S10 각각은 선택적이며, 약어 "A/O"는 "AND/OR"를 상징한다. 이러한 방식으로 결정된 사용 사례에 대한 정보는 단계 S11에서 사용 사례 데이터(USD)의 업데이트(UPD)의 계산하기 위하여 제어 유닛(CU)에 의해 처리된다. 단계 S12에서, 상기 데이터는 추가 제어를 위한 사용을 위하여 중앙 데이터 메모리(S12) 내에 저장된다.

[0109] 단계 S13에서, 제어 유닛(CU)은 그 특수 속성이 이전 단계들에서의 외부적 및 내부적 데이터 획득에 의해 특징화되는 사용 사례에 대한 제어 데이터 및 사양(이미징 사양 데이터)을 계산한다. 대응하는 데이터가 중앙 데이터 메모리(DS) 내에 저장된 이후에(단계 S14), 제어 유닛은 이들 사용 사례 데이터를 기초로, 이에 적응되는 렌즈 모델(LM)을 결정한다(단계 S15). 상기 렌즈 모델의 제어 파라미터는 단계 S16에서 중앙 데이터 메모리(DS) 내에 저장된다. 단계 S17에서, 렌즈 모델은 다음으로 제어 유닛(CU)에 의해 활성화되고(CU ACT), 단계 S18에서 투영 노광 장치는 동작될 수 있고, 이후에 사용 사례 데이터를 이용하는 조명의 특정 레티클 및 특정 특성에 적응되는 렌즈 모델을 기초로 단계 S19에서의 트리거(TRIGG)될 수 있다.

[0110] 투영 노광 장치의 동작은 이러한 방식으로 결정된 이미징 사양 데이터에 따라 계속된다. 이 경우, 용어 "렌즈 모델"은 실질적으로 투영 노광 장치 제어 알고리즘을 나타낸다. 렌즈 모델은 측정(또는 투영)을 기초로 어떻게 매니퓰레이터가 재조절되어야 하는지를 계산하고, 대응하는 제어 명령을 매니퓰레이터 제어 유닛에 전달한다. 이미징 사양 데이터는 어떻게 "렌즈 모델"이 필요한 이미징 사양을 달성하기 위하여 투영 노광 장치를 제어해야 하는지를 결정한다.

[0111] 도 4 내지 도 6을 참조로, 예를 들면 일 실시예에서, 근접장 광학 요소 및 근접 동공 광학 요소에 대한 온도 분포 측정으로부터 조명 설정 결론에 대한, 코어 구조의 위치 및 배향에 대한 및 주변 구조의 위치 및 배향에 대한, 투영 렌즈가 현재 사용 사례에 정확하게 적응되는 것을 가능하게 하는, 정보를 취득하는 것이 가능한 것에 대해 설명이 될 것이다.

[0112] 이를 위해 획득될 사용 사례 데이터는 패턴 데이터 및 조명 설정 데이터로 구성된다. 패턴 데이터는 어떤 이미징 품질이 어떤 필드 포인트에서 필요한지에 대한 질문에 대하여 이미지될 레티클 또는 그의 패턴을 설명한다. 조밀한 라인이 이미지 되어야 하는 경우의 이미지 품질은 더 큰 간격을 갖는 덜 조밀한 라인의 이미지 되어야 하는 경우 보다 이미지 품질이 더 높아야 한다. 따라서, 패턴 데이터가 높은 이미징 품질이 필요한(코어 영역 구조 데이터) 영역에 대한 및 이미징 품질이 충분히 높지 않은(주변 구조 데이터) 영역에 대한 정보를 포함하는 것이 편리하다고 간주된다. 코어 영역 구조 데이터는 패턴의 코어 영역 구조의 라인의 배향을 나타내는 코어 영역 구조 배향 데이터 및 패턴 내의 코어 영역 구조의 라인의 위치를 나타내는 코어 영역 구조 위치 데이터를 포함한다. 대응되게, 주변 구조 데이터는 패턴 내에서 코어 영역 구조에 속하지 않는 패턴의 라인의 배향을 나타내는 소위 주변 구조 배향 데이터 및 패턴 내의 그러한 라인의 위치를 나타내는 주변 구조 위치 데이터를 포함한다.

[0113] 이미징될 레티클에 대한 상세한 직접 정보가 존재하지 않거나 결정될 수 없는 경우, 일반적으로 조명 설정 데이터의 도움으로 이미징될 패턴의 본질적 특성을 추론하는 것이 가능하다. 조명 설정 데이터는 조명 설정에 대한, 특히 조명 시스템의 동공 평면 - 조명 동공으로 또한 지정됨 - 내의 조명 세기 분포에 대한 정보를 포함한다. 이들은 예를 들면 x-이중극, y-이중극, 4중극 또는 자유형태 동공 즉, 낮은 대칭성이 없는 조명 세기 분포를 포함하고, 예를 들면 비대칭성일 수 있다. 도 4 내지 도 6은 기본 원칙을 설명하기에 적합한 일부 예를

도시한다.

[0114] 도 4의 경우에, 조명 시스템 상에서, x-이중극이 설정되고, 이는 조명 동공의 중심에 대해 직경으로 대향하는 극(P1, P2) 사이의 연결 라인이 x-방향으로 진행하는 것을 특징으로 한다. 사용자는 일반적으로 의도가 라인이 y-방향으로 평행하게 진행하는, 즉 극의 연결 라인에 수직인(도 4b) 코어 영역 구조(CO)를 이미지하려는 의도인 경우, 그러한 조명 세기 분포를 설정한다. 비교를 위하여, 도 4c는 라인이 x-방향에 평행하게 진행하는 주변 구조(PE)를 도시한다. 대응하는 조명 세기 분포가 도 4d(코어 영역 구조) 및 도 4e에서 아래에 도시된다. 투영 렌즈의 동공(PUP)에서의 세기 분포가 조명 시스템의 동공 내의 세기 분포에 의해 결정되고(도 4a), 패턴의 구조에서의 회절에 대한 정보를 포함한다. x-방향으로 직경으로 대향하는(실선) 극이 코어 영역 구조(CO)에 대해 발생한다. 조명된 영역에서, 미러면의 로컬 가열이 설치되고, 이는 할당된 열 이미징 카메라의 도움으로 검출될 수 있다. 파선은 가열된 영역의 측방향 블러링(blurring)을 초래하는 시간 의존형 열 분포의 효과를 나타낸다. 코어 영역 구조의 라인에 대해 수직으로 배향되는 주변 구조의 라인이 y-방향의 회절을 생성하고, 대응하는 회절은 y-방향의 극의 분기(splitting)를 초래하며, 그 결과 양호한 가열의 4개의 영역이 투영 렌즈의 동공 내에서 발생한다. 이 경우에, 해칭 영역은 주변 구조에 대한 회절의 차수의 위치를 나타내고, 해칭이 없는 극은 작은 라인 폭에 대한 그의 변경을 나타낸다. 투영 렌즈의 동공(예를 들면, 제2 미러(M2)에서)에서의 조명 세기 분포에 대한 정보는 이미 코어 영역 구조 데이터 및 주변 구조 데이터에 대한 결론을 가능하게 한다.

[0115] 도 5는 x-이중극 조명 설정의 경우의 근접장에 위치된 광학 요소에서의 관련 열 분포와 결부된 상이한 코어 영역 및 주변 구조 및 그의 조합을 도시한다(도 5a). 각 경우에서의 코어 영역 구조(CO)는 극(P1, P2) 사이의 연결 라인에 수직으로 진행하고; 주변 구조는 이에 수직이다. 열 분포의 도시(5D, 5E, 5H, 5I)에 있어서, 밝은 경계를 갖는 영역(T2)은 인접 갈색 영역(T1) 보다 높은 온도에 있다. 코어 영역 구조(CO) 및 주변 구조(PE)가 x-방향에서 서로 인접한 이들 패턴의 경우(도 5f, 도 5g)에 있어서, 더욱 조밀한 코어 구조가 위치되는 측이 근접장 광학 요소에서의 열 분포를 기초로 할 때 눈에 띄인다는 것이 명백하다(도 5h, 도 5i). 결과적으로, 대응하는 배향 데이터에 추가로 코어 영역 구조 위치 데이터 및 주변 구조 위치 데이터가 온도 분포 획득 근접장의 도움으로 획득 가능하다.

[0116] 도 6은 코어 구조의 라인이 x방향으로 진행하고, 주변 구조의 라인이 y-방향으로 진행하는 경우에 대해 도 5에 대응한 도면을 도시한다. 그러한 구조가 조밀한 코어 영역 구조에 대해 두 빔 간섭을 이용하기 위하여 y-이중극 조명(도 6a)으로 편의상 조명된다. 여기에, 또한, 도 6f 내지 도 6i로부터 코어 영역 구조 및 주변 구조의 배향에 대한 정보 만이 아니라 마스크의 패턴 내의 그들의 상대적 위치에 대한 정보도 근접장 광학 요소에서의 열 분포의 획득을 이용하여 획득 가능함이 명백하다.

[0117] 열 이미징 카메라(MWBK1, MWBK2)의 도움으로 획득되는 세기 분포가 이미지 프로세싱 수단을 이용하여 대응하는 코어 영역 구조 데이터 및 주변 구조 데이터로 변환된다. 이 목적을 위하여, 평가 알고리즘에서 패턴 인식 및/또는 특징 추출의 방법을 이용하는 것이 가능하다. 획득된 세기 분포는 또한 평가 유닛의 메모리 내의 사용 사례 분류 데이터의 형태로 저장된 표준 세기 분포와 비교될 수 있다.

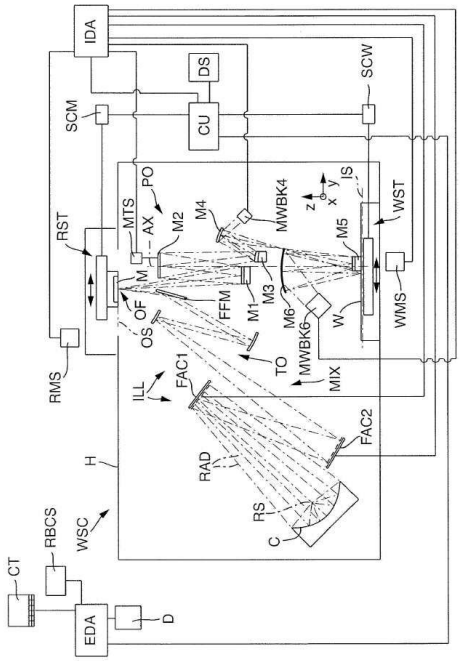
[0118] 이렇게 결정된 사용 사례 데이터로부터, 이미징 사양 데이터는 다음 단계에서 결정된다. 이는 코어 영역 구조가 이미지될 필요가 없는 필드 포인트에 적용 가능한 사양이 코어 영역 구조가 이미지되어야 하는 지점에 적용 가능한 사양 보다 덜 엄격한 사양(예를 들면, 크게 허용 가능한 제르니케의 형태)일 수 있다.

[0119] 코어 영역 구조가 이미지되는 필드 포인트에서도, 모든 제르니케가 작을 필요는 없다. 예를 들면, 코어 영역 구조의 이미지될 가장 조밀한 라인의 방향으로 배향되는 이들 제르니케(또는 $\cos 30^\circ \times Z_7 + \sin 30^\circ \times Z_8$과 같은 제르니케의 조합)가 작다면 충분할 것이다. 다른 제르니케 및 상기 제르니케(또는 $\cos 60^\circ \times Z_7 + \sin 60^\circ \times Z_8$과 같은)의 다른 배향은 실제로는 클 수 있다.

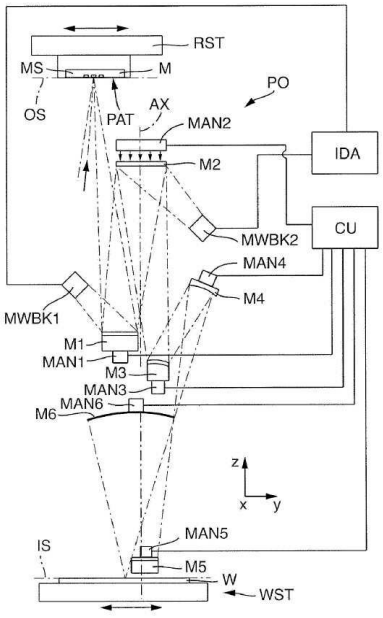
[0120] 양호한 실시예가 EUV 투영 노광 장치 및 방법을 기초로 설명되었다. 그러나, 사용 가능성은 이에 제한되지 않는다. 본 발명은 또한 예를 들면 260nm 보다 적은 파장에서의 특히, 대략 193nm에서의 심자외선 범위(DUV) 또는 진공 자외선 범위(VUV)로부터의 방사선을 사용하는 투영 노광 장치 및 방법의 경우에 이용될 수 있다. 조명 시스템 및 투영 렌즈는 굴절 광학 요소, 특히 렌즈 요소, 적절하다면 하나 또는 복수개의 미러의 조합을 포함할 수 있다. 문헌 WO 2004/019128 A2 및 WO 2005/111689 A2가 3개의 이미징 렌즈 부분 및 대응하는 2개의 중간 이미지를 가지며 제2 렌즈 부분에서 오목 미러가 동공 평면의 영역에 배치는 반사굴절 투영 렌즈를 포함하는 투영 노광 장치를 예로서 개시한다.

## 도면

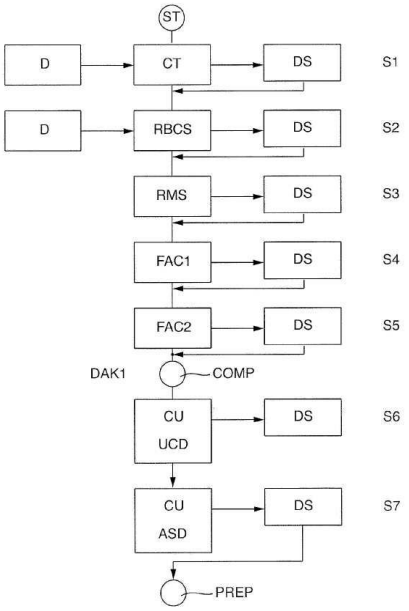
### 도면1a


IDA
DS
SCW
SCM
CU
PO
IS
WST
MTS
AX
M2
M4
MWBK4
M5
RST
M
M3
WMS
OF
FFM
M1
M6
W
OS
TO
MWBK6
RMS
FAC1
ILL
MIX
FAC2
H
RAD
RS
C
RBCS
WSC
CT
EDA
D

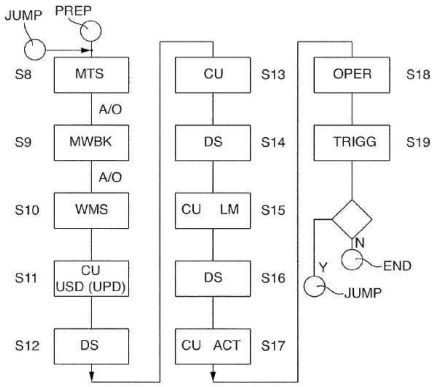
### 도면1b


RST
MS
M
OS
PO
PAT
AX
MAN2
IDA
M2
CU
MWBK2
MAN4
M4
MWBK1
M1
MAN1
M3
MAN3
MAN6
M6
z
x
y
MAN5
IS
M5
W
WST

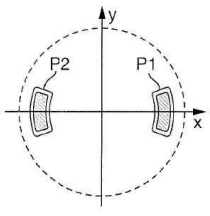
도면2



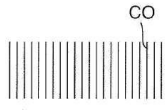

도면3



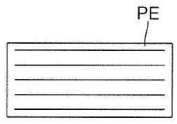

도면4a



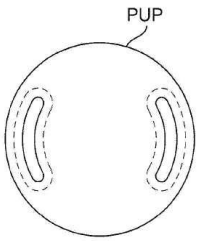

도면4b



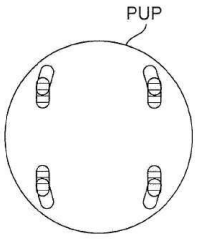
도면4c



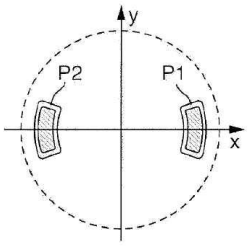

도면4d



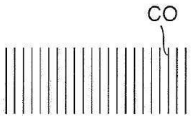

도면4e



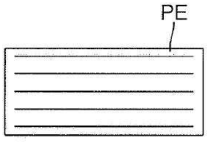

도면5a



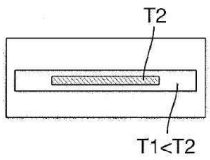

도면5b



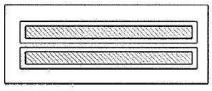

도면5c



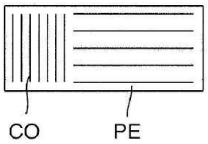
도면5d



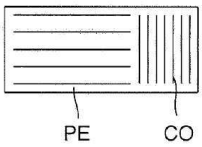

도면5e



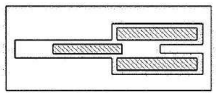
도면5f



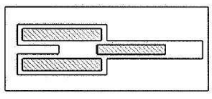

도면5g



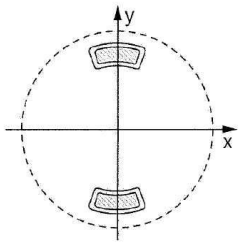

도면5h



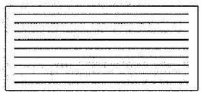
도면5i



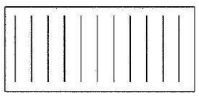
도면6a



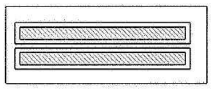

도면6b



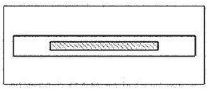
도면6c



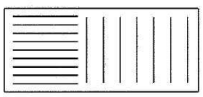
도면6d



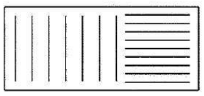
도면6e



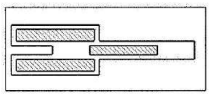
도면6f



도면6g



도면6h



도면6i

