



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2009-0096352
(43) 공개일자 2009년09월10일

(51) Int. Cl.

H01L 21/027 (2006.01)

(21) 출원번호 10-2009-0019070

(22) 출원일자 2009년03월06일

심사청구일자 2009년03월06일

(30) 우선권주장

JP-P-2008-058219 2008년03월07일 일본(JP)

(71) 출원인

캐논 가부시끼가이샤

일본 도쿄도 오오따꾸 시모마루코 3쵸메 30방 2고

(72) 발명자

야마모토 가즈키

일본국 도쿄도 오오따꾸 시모마루코 3쵸메 30방

2고 캐논 가부시끼가이샤나미

(74) 대리인

신중훈, 임옥순

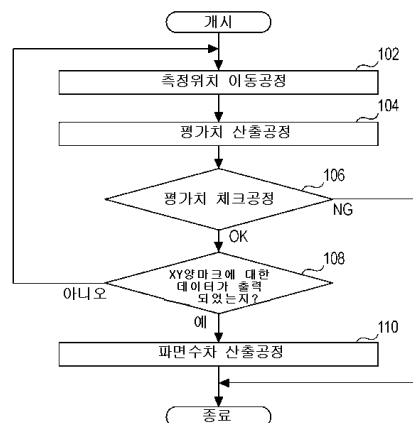
전체 청구항 수 : 총 12 항

(54) 파면 수차 측정장치, 파면 수차 측정방법, 노광장치 및 디바이스 제조방법

(57) 요약

광학계의 파면 수차를 측정하는 파면 수차 측정장치는, 광학계의 물체면에 배치되고, 복수의 개구를 가진 제1마스크와; 광원으로부터의 광을 이용해서 제1마스크의 복수의 개구를 조명하는 조명 광학계와; 광학계의 상면에 배치되고, 광학계의 수차를 가지는 광을 투과시키는 개구, 및 핀홀 또는 슬릿을 가진 제2마스크를 가진다. 상기 장치는, 광학계, 및 제2마스크의 핀홀 또는 슬릿을 투과한 광과, 광학계와 제2마스크의 개구를 투과한 광에 의해서 발생한 간섭무늬를 촬상하고, 화상의 화상데이터를 이용해서 간섭무늬상태를 평가하는 평가치를 산출하며, 상기 산출된 평가치에 근거해서 피검 광학계의 파면 수차를 산출하는지의 여부를 판단하고, 화상데이터로부터 상기 광학계의 파면 수차를 산출한다.

대표도 - 도4



특허청구의 범위

청구항 1

광학계의 파면 수차를 측정하는 파면 수차 측정장치로서,
 상기 광학계의 물체면에 배치되고, 복수의 개구가 형성된 제1마스크와;
 광원으로부터의 광을 이용해서 상기 제1마스크의 복수의 개구를 조명하는 조명 광학계와;
 상기 광학계의 상면에 배치되고, 상기 광학계의 수차를 가지는 광을 투과시키는 개구, 및 핀홀 또는 슬릿이 형성된 제2마스크와;
 상기 광학계, 및 상기 제2마스크의 상기 핀홀 또는 슬릿을 투과한 광과, 상기 광학계 및 상기 제2마스크의 상기 개구를 투과한 광에 의해서 발생한 간섭무늬를 촬상하는 촬상수단과;
 상기 화상의 화상데이터를 이용해서 상기 간섭무늬상태를 평가하는 평가치를 산출하는 평가치 산출수단과;
 상기 산출된 평가치에 근거해서 상기 광학계의 파면 수차를 산출하는지의 여부를 판단하는 판단수단과;
 상기 판단수단의 판단결과에 따라서, 상기 화상데이터로부터 상기 광학계의 파면 수차를 산출하는 파면 수차 산출수단
 을 가지는 것을 특징으로 하는 파면 수차 측정장치.

청구항 2

제1항에 있어서,
 상기 평가치 산출수단은, 상기 화상데이터의 소정의 국소 부내에 있어서의 광량의 최대치 I_{max} 와 최소치 I_{min} 로부터 산출되는 시감도 값 $V = (I_{max} - I_{min}) / (I_{max} + I_{min})$ 를 평가치로서 산출하는 것을 특징으로 하는 파면 수차 측정장치.

청구항 3

제2항에 있어서,
 상기 평가치 산출수단은, 상기 화상데이터의 소정의 국소부 마다 복수의 영역에서 산출한 복수의 시감도 값을 이용하는 것을 특징으로 하는 파면 수차 측정장치.

청구항 4

제3항에 있어서,
 상기 복수의 영역의 각각에 대해서, 상기 시감도 값을 산출하기 위해 이용되는 영역과, 상기 시감도 값을 산출하기 위한 처리 방향을 설정하는 것을 특징으로 하는 파면 수차 측정장치.

청구항 5

피검 광학계의 파면 수차를 측정하는 파면 수차 측정장치로서,
 상기 광학계의 물체면에 배치되고, 복수의 개구가 설치된 제1마스크와;
 광원으로부터의 광을 이용해서 상기 제1마스크의 복수의 개구를 조명하는 조명 광학계와;
 상기 광학계의 상면에 배치되고, 상기 광학계의 수차를 가지는 광을 투과시키는 개구 및, 핀홀 또는 슬릿이 설치된 제2마스크와;
 상기 제1마스크와 상기 제2마스크의 적어도 한 쪽을 이동시키는 이동수단과;
 상기 제1마스크와 상기 제2마스크의 적어도 한 쪽이 이동한 복수의 위치에 서, 상기 광학계, 및 상기 제2마스크의 상기 핀홀 또는 슬릿을 투과한 광과, 상기 광학계, 및 상기 제2마스크의 상기 개구를 투과한 광에 의해 발생한 간섭무늬를 촬상하는 촬상수단과;

상기 화상의 화상데이터를 이용해서 상기 간섭무늬상태를 평가하는 평가치를 산출하는 평가치 산출수단과;
상기 산출된 평가치에 따라서, 상기 화상데이터로부터 상기 광학계의 파면 수차를 산출하는 파면 수차 산출수단
을 가지는 것을 특징으로 하는 파면 수차 측정장치.

청구항 6

광학계의 파면 수차를 측정하는 파면 수차 측정방법으로서,
복수의 개구가 설치된 제1마스크를 상기 광학계의 물체면에 배치하는 공정과;
상기 광학계의 수차를 가지는 광을 투과시키는 개구, 및 핀홀 또는 슬릿이 설치된 제2마스크를 상기 광학계의 상면에 배치하는 공정과;
상기 배치된 제1마스크의 복수의 개구를 조명하는 공정과;
상기 광학계, 및 상기 제2마스크의 상기 핀홀 또는 슬릿을 투과한 광과, 상기 광학계, 및 상기 제2마스크의 상기 개구를 투과한 광에 의해 발생한 간섭무늬를 촬상하는 촬상 공정과;
상기 화상의 화상데이터를 이용해서 상기 간섭무늬의 상태를 평가하는 평가치를 산출하는 공정과;
상기 산출된 평가치에 근거해서 상기 광학계의 파면 수차를 산출하는지의 여부를 판단하는 공정과;
상기 판단결과에 따라서, 상기 화상데이터로부터 상기 광학계의 파면 수차를 산출하는 공정
을 가지는 것을 특징으로 하는 파면 수차 측정방법.

청구항 7

광학계의 파면 수차를 측정하는 파면 수차 측정방법으로서,
복수의 개구가 설치된 제1마스크를 상기 광학계의 물체면에 배치하는 공정과;
상기 광학계의 수차를 가지는 광을 투과시키는 개구, 및 핀홀 또는 슬릿이 설치된 제2마스크를 상기 광학계의 상면에 배치하는 공정과;
상기 제1마스크의 복수의 개구를 조명하는 공정과;
상기 제1마스크와 상기 제2마스크의 적어도 한 쪽을 이동시키는 공정과;
상기 제1마스크와 상기 제2마스크의 적어도 한 쪽이 이동한 복수의 위치에서 상기 광학계, 및 상기 제2마스크의 상기 핀홀 또는 슬릿을 투과한 광과, 상기 광학계 및 상기 제2마스크의 상기 개구를 투과한 광에 의해 발생한 간섭무늬를 촬상하는 공정과;
상기 화상의 화상데이터를 이용해서 상기 간섭무늬의 상태를 평가하는 평가치를 산출하는 공정과;
상기 산출된 평가치에 따라서, 상기 화상데이터로부터 상기 광학계의 파면 수차를 산출하는 공정
을 가지는 것을 특징으로 하는 파면 수차 측정방법.

청구항 8

제6항에 있어서,
상기 평가치를 산출하는 공정은, 상기 화상데이터의 소정 국소 부내에 있어서의 광량의 최대치 I_{max} 와 최소치 I_{min} 로부터 산출되는 시감도 값 $V = (I_{max} - I_{min}) / (I_{max} + I_{min})$ 를 평가치로서 산출하는 것을 특징으로 하는 파면 수차 측정방법.

청구항 9

제8항에 있어서,
상기 평가치를 산출하는 공정은, 상기 화상데이터의 소정 국소부 마다 복수의 영역에서 산출한 복수의 시감도

값을 이용하는 것을 특징으로 하는 파면 수차 측정방법.

청구항 10

제9항에 있어서,

상기 복수의 영역의 각각에 대해서, 상기 시감도 값을 산출하기 위해 이용되는 영역과, 상기 시감도 값을 산출하기 위한 처리 방향을 설정하는 것을 특징으로 하는 파면 수차 측정방법.

청구항 11

광원으로부터 방출되는 광을 이용해서 기관을 노광하는 노광장치로서,

마스크를 조명하는 조명 광학계;

상기 마스크의 패턴의 상을 상기 기관에 투영하는 투영광학계; 및

제1항에 기재된 파면 수차 측정장치를 구비하고,

상기 파면 수차 측정장치는, 상기 투영광학계의 파면 수차를 측정하는 것을 특징으로 하는 노광장치.

청구항 12

제11항에 기재된 노광장치를 이용해서 기관을 노광하는 공정; 및,

상기 기관을 현상하는 공정

을 구비한 것을 특징으로 하는 디바이스 제조방법.

명세서

발명의 상세한 설명

기술 분야

<1> 본 발명은 파면 수차 측정장치, 파면 수차 측정방법, 노광장치 및 디바이스 제조방법에 관한 것이다.

배경 기술

<2> IC, LSI 등의 반도체 디바이스, CCD센서 등의 촬상 디바이스, 액정 패널 등의 표시 디바이스 및 자기 헤드 등의 기타 디바이스를 포토리소그래피 공정으로 제조할 때에, 원판인 마스크(레티클)에 형성된 패턴을 피노광체에 전사하기 위해서 투영 노광장치가 이용된다. 투영 노광장치는, 레티클 상의 패턴을 소정의 배율로 정확하게 피노광체에 전사하는 것이 요구되기 때문에, 결상 성능이 좋고, 수차를 억제한 투영광학계를 이용하는 것이 중요하다.

<3> 근년, 반도체 디바이스에 대한 증가하는 미세화의 요구에 수반해서, 전사 패턴은, 광학계의 수차에 대해서 보다 더 민감하게 되고 있다. 이 때문에, 고정밀도로 투영광학계의 예를 들면, 파면 수차 등의 광학성능을 측정하는 수요가 존재한다. 또, 생산성이나 경제성을 높이는 관점에서는 측정의 간소화, 신속화 및 코스트 삭감 등도 중요하다.

<4> 마스크의 패턴을 기관인 웨이퍼에 실제로 프린트하고, 그 프린트된 레지스트 상을 예를 들면 주사형 전자현미경(SEM)에 의해 관찰해서 검사하는 종래의 방법은, 노광, 현상 등을 포함하여 검사를 하는데 시간이 걸렸다. 또, 레지스트 도포나 화상의 현상시에 발생하는 오차 때문에 검사의 재현성이 열화하고 있었다.

<5> 상기한 과제를 해결하기 위해서, 종래, 예를 들면, 이상적인 구면파를 형성하기 위한 핀홀을 가지는 점회절 간섭계(Point Diffraction Interferometer: PDI) 및 셰어링 간섭을 이용하는 셰어링 간섭계(Shearing Interferometer)로서 알려진 측정장치가 제안되어 있다.

<6> 예를 들면, 일본 특개 2000-146705호 공보 및 일본 특개 2000-097666호 공보에는, 이상 원주파 또는 이상 타원파를 형성하기 위한 슬릿을 가지는 선회절 간섭계 (Line Diffraction Interferometer: LDI)를 이용한 파면 수차 측정장치가 제안되어 있다.

- <7> 공지의 상기 LDI 방식의 파면 수차 측정장치에 있어서는, 피검 광학계인 투영광학계의 하부에 배치된 플레이트 상에, 창-슬릿 부재형태의 측정마크를 배치한다.
- <8> 이 측정마크는, 이상 파면을 형성하기 위한 슬릿 형상과, 피검 광학계의 수차 정보를 가지는 파면을 투과시키는 창형상으로 이루어지고, 플레이트의 직하에 2차원의 광검출기를 배치한다.
- <9> 피검 광학계의 파면 수차 측정은, 창-슬릿 부재에 의해서 발생하는 2개의 파면의 간섭무늬를 2차원의 광검출기에 의해서 촬상하고, 촬상한 간섭무늬의 화상에 화상처리를 실시하는 것에 의해서 실시한다. 상기 화상처리에서는, 상기 촬상한 간섭무늬의 화상데이터를 수광면 상의 좌표로부터 투영광학계의 동공면 상의 좌표로 변환하는 화상변환처리와, 화상 변환 후의 간섭무늬의 화상데이터로부터 파면 수차 정보를 추출하는 파면 수차 산출처리를 실시한다.
- <10> 예를 들면, 상기 각 부재가 최적인 측정위치로부터의 이탈이나, 수광면에서의 먼지의 부착 등의 원인에 의해 화상데이터로서 촬상한 간섭무늬의 발생 상태가 만족스럽지 않은 경우에는, 상기 화상처리를 실행했을 때에, 잘못된 처리 결과를 산출하거나, 또는 측정 에러가 발생할 확률이 높아진다.
- <11> 종래기술에 있어서는, 상기 요인에 의한 측정 성능의 열화를 방지하기 위해서, 간섭무늬 화상을 목시(目視)에 의해서 확인하면서 각 부재의 위치를 최적화하고 있었다. 또, 촬상한 간섭무늬의 화상데이터에 대해서, 화상처리로 산출한 위상 분포(또는, 계측치)를 목시에 의해서 확인하는 것에 의해서, 줄무늬 해석 처리의 실행이 가능한 상태에서 간섭무늬가 발생하고 있었는지의 판단을 실시하고 있었다.

발명의 내용

해결 하고자하는 과제

- <12> 그러나, 설계치 또는 목시에 의해서 측정 부재를 최적 위치로 조정하는 기술, 또는 화상처리로 산출한 위상 분포(또는 계측치)를 목시에 의해 확인하는 기술로는, 양호한 상태의 간섭무늬를 안정적으로 얻을 수 없기 때문에, 측정 정밀도를 열화시키고 측정 시간을 연장시킨다.
- <13> 상기한 논의는, 공지의 LDI 방식의 파면 수차 측정장치에 한정하지 않고, PDI 방식이나 세아링 간섭 방식 등의, 피검 광학계의 광학성능을 2차원 정보에 의해서 측정하는 방식의 광학성능 측정장치의 모두에 대해서도 성립된다.
- <14> 본 발명의 목적은, 광학계의 파면 수차를 산출하기 위한 화상처리를 실시하기 전에, 촬상한 화상데이터의 간섭무늬상태를 체크하는 것에 의해서, 고정밀도로 광학계의 파면 수차를 측정할 수 있는 파면 수차 측정장치를 제공하는 것이다.

과제 해결수단

- <15> 본 발명의 제1측면에 따르면, 광학계의 파면 수차를 측정하는 파면 수차 측정장치가 제공된다. 상기 파면 수차 측정장치는, 광학계의 물체면에 배치되고, 복수의 개구가 설치된 제1마스크와; 광원으로부터의 광을 이용해서 상기 제1마스크의 복수의 개구를 조명하는 조명 광학계와; 상기 광학계의 상면에 배치되고, 상기 광학계의 수차를 가지는 광을 투과시키는 개구, 및 핀홀 또는 슬릿이 설치된 제2마스크와; 상기 광학계, 및 상기 제2마스크의 상기 핀홀 또는 슬릿을 투과한 광과, 상기 광학계 및 상기 제2마스크의 상기 개구를 투과한 광에 의해서 발생한 간섭무늬를 촬상하는 촬상수단과; 상기 화상의 화상데이터를 이용해서 상기 간섭화상 상태를 평가하는 평가치를 산출하는 평가치 산출수단과; 상기 산출된 평가치에 근거해서 상기 광학계의 파면 수차를 산출하는지 아닌지를 판단하는 판단수단과; 상기 판단수단의 판단결과에 따라서, 상기 화상데이터로부터 상기 광학계의 파면 수차를 산출하는 파면 수차 산출수단을 포함한다.
- <16> 본 발명의 제2측면에 따르면, 광학계의 파면 수차를 측정하는 파면 수차 측정방법이 제공된다. 상기 파면 수차 측정방법은, 복수의 개구가 설치된 제1마스크를 상기 광학계의 물체면에 배치하는 공정과, 상기 광학계의 수차를 가지는 광을 투과시키는 개구와, 핀홀 또는 슬릿이 설치된 제2마스크를 상기 광학계의 상면에 배치하는 공정과, 상기 배치된 제1마스크의 복수의 개구를 조명하는 공정과, 상기 광학계, 및 상기 제2마스크의 상기 핀홀 또는 상기 슬릿을 투과한 광과, 상기 광학계 및 상기 제2마스크의 상기 개구를 통과한 광에 의해 발생한 간섭무늬를 촬상하는 공정과, 상기 화상의 화상데이터를 이용해서 상기 간섭무늬의 상태를 평가하는 평가치를 산출하는 공정과, 상기 산출된 평가치에 근거해서 상기 광학계의 파면 수차를 산출하는지 아닌 지를 판단하는 공정

과, 상기 판단결과에 따라서, 상기 화상데이터로부터 상기 광학계의 파면 수차를 산출하는 공정을 가진다.

<17> 본 발명의 다른 특징은, 유첨도면을 참조한 다음의 전형적인 실시예의 설명으로부터 명확해질 것이다.

발명의 실시를 위한 구체적인 내용

- <18> 이하, 도면을 참조하여 본 발명의 여러 실시예에 대해 설명한다. 이들 실시예에서 설명한 부품의 상대적인 배치, 수식 및 수치는, 그렇지 않다는 취지를 구체적으로 기술하지 않으면, 본 발명의 범위를 한정하지 않는 것이다.
- <19> 이하, 도 1의 블록도를 참조하여, 본 발명의 전형적인 실시예인 LDI 방식의 파면 수차 측정장치 및 이 파면 수차 측정장치를 가지는 노광장치(10)를 설명한다.
- <20> 노광장치(10)는, 예를 들면, 스텝-앤드-스캔 방식이나 스텝-앤드-리프트 방식에 따라서 원판인 마스크(21)에 형성된 회로 패턴을 피노광체의 기관인 웨이퍼(42)에 노광하는 투영 노광장치이다.
- <21> 노광장치(10)는, 서브 미크론이나 쿼터 미크론 이하의 리소그래피 공정에 적합하고, 이하, 본 실시예에서는, 스텝-앤드-스캔 방식의 노광장치("스캐너"라고도 칭함)를 예로 해서 설명한다. 여기서, "스텝-앤드-스캔 방식"이란, 마스크(21)에 대해서 웨이퍼(42)를 연속적으로 스캔하면서 마스크(21)의 회로 패턴을 웨이퍼(42)에 노광해서 전사하는 노광방법이다.
- <22> 또, 1 쇼트의 노광 종료 후, 기관 스테이지인 웨이퍼 스테이지(41)를 스텝 이동해서 다음의 쇼트 노광 영역으로 이동하는 노광방법도 있다. 또, "스텝-앤드-리프트 방식"이란, 웨이퍼(42)의 일괄 노광마다 웨이퍼(42)를 스텝 이동하여 다음의 쇼트 노광 영역으로 이동하는 노광방법이다.
- <23> 본 실시예에 따른 노광장치(10)는, 본 실시예에 따른 파면 수차 측정부(50a), (50b)를 가진다. 상기 노광장치(10)는 또, 조명장치(11), 마스크(21)를 이동하는 원판 스테이지인 마스크 스테이지(22), 투영 광학계(31), 및 웨이퍼(42)를 이동하는 웨이퍼 스테이지(41)를 가진다.
- <24> 조명장치(11)는, 광원인 광원부(12), 루우팅 광학계(routing optical system)(13) 및 조명 광학계(14)를 가진다. 조명 광학계(14)는, 광원부(12)로부터의 광을 이용해서, 제1마스크(60)의 개구를 조명한다. 광원부(12)는, 예를 들면, 광원으로서, 파장 약 193nm의 ArF 엑시머 레이저 및 파장 약 248nm의 KrF 엑시머 레이저 등을 사용한다. 그러나 사용되는 레이저의 종류는 엑시머 레이저로 한정되지 않고, 사용되는 레이저의 개수도 특정의 개수로 한정되지 않는다.
- <25> 또, 광원부(12)로서 레이저를 사용하는 경우, 조명 광학계(14)는, 레이저광원으로부터의 평행 광속을 소정의 빔 형상으로 정형하는 광속 정형 광학계와, 코히런트한 레이저광속을 인코히런트화하는 인코히런트화 광학계를 이용하는 것이 적합하다. 또, 광원부(12)로서 사용 가능한 광원은 레이저로 한정되는 것이 아니고, 1개 또는 복수개의 수는 램프나 크세논램프 등의 램프도 사용 가능하다.
- <26> 조명장치(11)는, 마스크(21)를 조명하는 광학계이며, 렌즈, 미러, 옵티컬 안티그레이더, σ 조리개 등을 포함한다.
- <27> 루우팅 광학계(13)은, 광원부(12)로부터의 광속을 조명 광학계(14)와 얼라인먼트 광학계(15)로 도광한다. 조명 광학계(14)는, 마스크(21)를 조명하는 광학계이며, 예를 들면, 콘덴서 렌즈, 파리의 눈렌즈, 개구조리개, 콘덴서 렌즈, 슬릿, 결상 광학계의 순서로 여러 광학 소자가 배열된 구성으로 되고 있다. 얼라인먼트 광학계(15)는, 얼라인먼트 스킵프를 구성하고, 통상의 노광시는 광로외에 배치되어 있다.
- <28> 도 1에 있어서는, 얼라인먼트 조명 광학계(15)를 구동하는 구동 기구는 생략하고 있다. 얼라인먼트 스킵프는, 마스크(21)와 웨이퍼(42)의 얼라인먼트를 위해, 투영광학계(31)를 통하여 웨이퍼 상에 얼라인먼트 마크를 결상하도록, 마스크(21)상에 도시하지 않은 얼라인먼트 마크를 결상한다.
- <29> 원판인 마스크(레티클)(21)은, 예를 들면, 석영체이며, 그 아래에는 전사되어야 할 회로 패턴(또는 상)이 형성되어 있으며, 상기 마스크(21)는 원판 스테이지인 마스크 스테이지(레티클 스테이지)(22)에 의해 지지 및 구동된다.
- <30> 마스크(21)로부터 발생한 회절광은, 투영광학계(31)를 통과해서 웨이퍼(42) 상에 투영되고, 마스크(21)와 웨이퍼(42)는, 광학적으로 공역의 위치 관계로 위치결정되어 있다.
- <31> 본 실시예의 노광장치(10)는 스캐너이기 때문에, 마스크(21)와 웨이퍼(42)를 축소 배율비의 속도비로 스캔 하

면서, 마스크(21)의 패턴을 웨이퍼(42)상에 전사한다. 스텝-앤드-리피트 방식의 노광장치("스테퍼"라고도 칭함)의 경우는, 마스크(21)와 웨이퍼(42)를 정지시킨 상태에서 노광을 한다.

- <32> 투영광학계(31)은, 복수의 렌즈 소자만으로 구성되는 굴절광학계, 복수의 렌즈 소자와 미러를 가지는 광학계(즉, 카타디옵틱 광학계) 등으로 이루어진다. 투영광학계(31)은 또한, 예를 들면, 복수의 렌즈 소자와 적어도 한 개의 키노폼 등의 회절광학소자를 가지는 광학계, 또는 전체미러형의 광학계 등에 의해서도 구성될 수 있다.
- <33> 색수차의 보정이 필요한 경우에는, 서로 분산치(압배치)가 다른 유리재로 이루어진 복수의 렌즈 소자를 이용하고, 회절광학소자를 렌즈 소자와 역방향의 분산이 생기도록 구성한다.
- <34> 투영광학계(31)의 예를 들면, 파면 수차 등의 광학성능을, 본 실시예의 파면 수차 측정부(50a), (50b)가 측정한다.
- <35> 기관인 웨이퍼(42)는, 피처리체이며, 웨이퍼(42) 상에는 포토레지스트가 도포되어 있고, 웨이퍼(42)는 도시하지 않은 척을 개재해서 기관 스테이지인 웨이퍼 스테이지(41)에 재치된다.
- <36> 웨이퍼 스테이지(41)는, 웨이퍼(42)와 파면 수차 측정부(50b)의 일부를 지지한다. 웨이퍼 스테이지(41)는, 예를 들면, 당업계에서 주지된 어떠한 구성도 적용할 수 있으므로, 여기에서는 웨이퍼 스테이지(40)의 자세한 구조 및 동작의 설명은 생략한다.
- <37> 각각 이동수단인 마스크 스테이지 제어부(24) 및 웨이퍼 스테이지 제어부 (43)은, 제1마스크(60)와 제2마스크(70)의 적어도 한쪽을, 위치 맞춤을 실시하도록 이동시키는 수단이다. 또, 조명 광학계(14)를 이동하는 이동 스테이지를 부가로 설치해도 된다.
- <38> 웨이퍼 스테이지(41)는, 스테이지 제어부((43))의 지령에 의해 XY방향으로 웨이퍼(42)및 파면 수차 측정부(50b)의 제2마스크(70)를 이동한다.
- <39> 마스크(21)와 웨이퍼(42)는, 예를 들면, 서로 동기 주사되고, 웨이퍼 스테이지 (41)와 마스크 스테이지(22)의 각 위치는, 얼라인먼트 광학계(15)로 캘리브레이션 된 후, 마스크 스테이지 제어부(24)나 웨이퍼 스테이지 제어부((43)) 등에 의해 일정한 속도 비율로 구동된다.
- <40> 도 1에 나타내는 본 실시예의 파면 수차 측정부(50a), (50b)는 각각, 노광장치 (10)의 피검 광학계인 투영광학계(31)의 광학성능인 파면 수차를, 간섭무늬를 검출하는 것에 의해서 측정하는 LDI 방식 간섭계로 구성된다.
- <41> 파면 수차 측정장치는, 조명 광학계(14), 제1마스크(60), 제2마스크(70), 촬상수단(53), 통신용 케이블(54) 및 화상제어부(55)를 가진다. 촬상수단(53)은, 투영광학계(31) 및, 제2마스크(70)의 편환 또는 슬릿을 투과한 광과, 투영광학계 (31)및 제2마스크(70)의 개구를 투과한 광에 의해 발생한 간섭무늬를 촬상하고, 촬상한 화상을 화상데이터로서 출력하는 수단이다.
- <42> 촬상수단(53)은, 제1마스크(60)와 제2마스크(70)의 적어도 한쪽이 이동한 복수의 위치에서 간섭무늬를 촬상하고, 촬상한 화상을 화상데이터로서 출력하는 경우도 있다.
- <43> 화상제어부(55)는, 촬상수단(53)에 케이블(54)를 개재해서 접속되어 있으며, 제2마스크(70)에 의한 간섭무늬의 화상데이터를 화상처리하는 수단이다. 또, 화상제어부(55)는, 촬상수단(53)에 의해서 촬상된 간섭무늬의 화상데이터에 의거해서 간섭무늬의 상태를 평가하는 평가치를 산출하는 평가치 산출수단으로서도 기능한다. 또, 화상제어부(55)는, 이 산출된 평가치에 의거해서 피검 광학계인 투영광학계(31)의 파면 수차를 산출하는지의 여부를 판단하는 판단수단으로서도 기능한다. 또, 화상제어부(55)는, 이 판단결과에 따라서, 촬상수단(53)에 의해서 얻어진 화상데이터를 화상처리 하고, 투영광학계(31)의 파면 수차를 산출하는 파면 수차 산출수단으로서도 기능한다. 또는, 상기 화상처리부(55)에 의해 실행되는 상술한 각각의 수단은 별도의 처리수단(CPU 등)으로 구성되어도 된다.
- <44> 본 실시예의 파면 수차 측정부(50a), (50b)는, 상술한 구성에 의해, 피검 광학계인 투영광학계(31)의 파면 수차를 간섭무늬로서 검출한다.
- <45> 제1마스크(60)는, 피검 광학계인 투영광학계(31)의 물체면에 위치한 마스크 스테이지(22) 상에 배치되고, 조명 광학계(14)에 의해 조명되며, 예를 들면, 석영이나 형석 등으로 이루어진 투명기관의 어느 한 쪽에 크롬을 피복해서 제1마스크 (60)를 형성한다.

- <46> 조명 광학계(14)로부터의 광속을 마스크 스테이지(22) 상에 배치된 제1마스크 (60)에 집광한다. 집광광속은 투영광학계(31)의 레티클 측, 즉 물체측의 개구수 NA_i 와 같고, $\sigma = 1$ 의 조명이다.
- <47> 도 2의 개략 평면도를 참조하여, 제1마스크(60)의 구성을 설명한다. 제1마스크(60)는, 마크(X마크)(61)와 마크(Y마크)(62)를 가진다. 마크(61)은, 등위상의 파면을 가지는 회절광을 사출하는 구멍부분(개구)인 슬릿(61a)과, 조명 광학계(14)의 파면 수차를 가지는 광을 사출하는 창(개구)(61b)를 가진다. 마크(62)는, 등위상의 파면을 가지는 회절광을 사출하는 구멍부분(개구)인 슬릿(62a)과, 조명 광학계 (14)의 파면 수차를 가지는 광을 사출하는 창(개구)(62b)를 가진다. 마크(61)은, 0도 방위(Y방향)로 배치된 슬릿(61a)를 가지며, 마크(62)는, 90도 방위(X방향)로 배치된 슬릿 (62a)를 가진다. 마크(61)과 마크(62)는 폭이나 간격 등은 동일하고, 배치 방위만이 서로 다르다. 슬릿(61a), (62a)의 폭 Δr 는, 투영광학계(31)의 레티클 측, 즉 물체측의 개구수를 NA_i 로 하면, 다음의 수식(1)로 결정되는 값으로 된다.
- <48>
$$\Delta r < 0.5 \times \lambda / NA_i \quad (1)$$
- <49> 슬릿(61a), (62a)의 폭을 수식(1)을 만족하도록 설정함으로써, 슬릿(61a), (62a)로부터 회절하는 광은 NA_i 의 범위 내에서 등위상으로 간주할 수 있다.
- <50> 한편, 창(61b), (62b)의 폭 $\Delta r'$ 는 λ / NA_i 이상의 크기이다. 창(61b), (62b)의 폭은, 수식(1)의 값과 대략 동일한 정도로 해도 되지만, 창 (61b), (62b)의 각각을 통과한 광은, 후술 하는 바와 같이, 웨이퍼(42)측에서 수식 (1)을 만족하는 폭의 슬릿을 통과하기 때문에 레티클 측에서 등위상으로 할 필요는 없고, 따라서, 광량의 관점으로부터 비교적 큰 값으로 설정한다.
- <51> 도 1에 나타난 바와 같이, 제2마스크(70)은, 투영광학계(31)의 상면에 위치한 기판 스테이지인 웨이퍼 스테이지(41)에 배치되고, 투영광학계(31)의 수차를 가지는 광을 투과시키는 개구와, 편홀 또는 슬릿을 가진다. 또, 제2마스크(70)는 투영광학계(31)로부터 투영된 광을 수광한다.
- <52> 도 3의 개략 평면도를 참조해서, 제2마스크(70)의 구성을 이하 설명한다. 제2마스크 (70)은, 마크(X마크)(71)와 마크(Y마크)(72)를 가지며, 마크(71)은, 0도 방위(Y방향)로 배치되어 등위상의 파면을 가지는 회절광을 사출하는 구멍부분인 슬릿 (71a)를 가진다. 또, 마크(71)은, 투영광학계(31)의 파면 수차를 가지는 광을 사출하는 창(개구) (71b)를 가진다.
- <53> 마크(72)는, 90도 방위(X방향)로 배치되어 등위상의 파면을 가지는 회절광을 사출하는 구멍부분인 슬릿(72a)를 가진다. 또, 마크(72)는, 투영광학계(31)의 파면 수차를 가지는 광을 사출하는 창(72b)를 가지며, 마크(71)와 마크(72)의 슬릿과 창은 폭 및 간격은 동일하고 방위만 서로 다르다.
- <54> 슬릿(71a), (72a)의 폭 Δw 는, 투영광학계(31)의 웨이퍼(42)측, 즉, 상측의 개구수를 NA_o 로 하면, 다음의 수식(2)를 만족하는 값이 된다.
- <55>
$$\Delta w < 0.5 \times \lambda / NA_o \quad (2)$$
- <56> 수식(2)를 만족하도록 슬릿(71a), (72a)의 폭을 설정함으로써, 슬릿(71a), (72a)의 각각으로부터 회절하는 광은 NA_o 의 범위 내에서 등위상으로 간주할 수 있다. 창 (71b), (72b)의 폭 $\Delta w'$ 는, 측정하는 투영광학계(31)의 공간 주파수에 의해 결정한다.
- <57> 측정범위를 보다 고주파로 측정하고 싶은 경우는, 창의 폭을 큰 값으로 설정하고, 측정범위를 저주파로 하고 싶은 경우는, 창의 폭을 작은 값으로 설정한다. 투영광학계(31)의 동공에서의 공간 주파수를 f 로 하면, 다음의 수식(3)으로 주어진다.
- <58>
$$\Delta w' = 2 \times f \times \lambda / NA_o \quad (3)$$
- <59> 슬릿(71a), (72a)와, 창 (71b), (72b)의 각각의 길이 L_w 는 광량의 관점으로부터 길 수록 좋지만, 상기 길이 L_w 는 투영광학계(31)의 수차가 동일한 것으로 간주할 수 있는, 소위 아이소프라나틱 영역 내에 있는 것이 필요하다.
- <60> 이하의 설명에서는, 간략화하기 위해 마크(61), (71)을 일괄해서 X마크로 칭하고, 마크(62), (72)도 일괄해서 Y마크로 칭한다.
- <61> 촬상수단(53)은 CCD센서 등의 광전변환소자로 이루어지고, 통신케이블(54)는, 촬상수단(53)과 화상제어부(55)를 통신 가능하게 접속한다.

- <62> 화상제어부(55)는, 도시하지 않은 처리부(CPU등)와 메모리부(RAM 및 ROM 등)를 가진다. 처리부에서는, 활상수단(53)으로부터 입력된 간섭무늬 화상데이터를 근거로 수차 정보를 취득하기 위한 처리를 한다.
- <63> 메모리부에는, 처리에 필요한 정보(예를 들면, 오프셋 파라미터)나, 처리 결과(예를 들면, 파면 수차 데이터나 제르니케(Zernike) 각 항) 등의 데이터군이 격납된다.
- <64> 화상제어부(55)의 처리부에서 실시되는 위상정보 산출방법으로서, 예를 들면, 푸리에 변환법이나 전자 모아레법 등이 이용된다.
- <65> 푸리에 변환법은, 1매의 간섭무늬 화상을 2차원 푸리에 변환해서, 분리된 피검파면정보를 포함한 공간 주파수영역을 추출하고, 그것의 원점을 시프트한 후, 피검파면정보를 역푸리에 변환하는 것에 의해서 위상 정보를 추출하는 방법이다.
- <66> 또, 전자 모아레법에서는, 1매의 피측정 간섭무늬 화상과 적어도 3매의 참조 격자 화상을 작성한다. 상기 적어도 3매의 참조격자 화상은 캐리어 주파수를 가지지만, 서로로부터 시프트된 위상을 가진다.
- <67> 피측정 간섭무늬 화상과 상기 참조 격자 화상으로부터 작성한 적어도 3매의 모아레줄무늬에, 저역필터와 위상 시프트법을 조합한 처리를 가하는 것에 의해서 위상 정보를 추출한다.
- <68> 전자 모아레법을 사용하는 경우는, 활상한 간섭무늬의 화상에, 미리 화상제어부(55) 내의 메모리에 격납해 둔 참조 격자 화상을 곱해서 처리를 실행하는 것이 가능하다.
- <69> 화상제어부(55)내의 메모리에 격납된 투영광학계(31)의 수차 정보는, 주제어부(80)에 송신된다. 주제어부(80)은, 수신한 수차 정보로부터 수차 보정에 필요한 렌즈 구동량과 파장 조정량을 산출해서, 제어부(32)에 출력한다.
- <70> 제어부(32)는, 투영광학계(31)를 구성하는 복수렌즈에 대응하는 수개소에 설치된 렌즈 구동계를 제어하고, 광원부(12)로부터 발진되는 노광광의 파장을 제어한다. 이러한 제어에 의해, 투영광학계(31)의 수차를 소정량 이내로 억제한다.
- <71> 달리 설명하면, 제어부(32)는, 주제어부(80)으로부터 입력된 렌즈 구동량에 따라서, 투영광학계(31) 내부의 복수의 렌즈를 변위시킨다. 또, 주제어부(80)로부터 입력된 파장 조정량에 따라서, 광원부(12)로부터 발진되는 노광광의 파장을 변경시킨다.
- <72> 도 4의 플로차트를 참조하여, 본 제1실시예의 파면 수차 측정장치를 이용한 파면 수차 측정방법의 동작을 이하 설명한다. 본 제1실시예의 파면 수차 측정방법은, 이하의 공정으로 이루어진다.
- <73> 측정위치 이동공정은, 조명 광학계(14)와, 제1마스크(60)와, 제2마스크(70) 사이의 위치 맞춤을 실시하는 공정이다(스텝 102).
- <74> 평가치 산출 공정은, 활상한 간섭무늬의 화상데이터에 대해서 평가치(예를 들면, 시감도 값(visibility value))의 산출을 실시하는 공정이다(스텝 104).
- <75> 여기서, 시감도 값이라는 것은, 간섭무늬의 발생 상태를 판단하는 기준으로서의 지표이다. 시감도 값 V는, 간섭무늬 화상데이터의 임의 국소부내에 있어서의 광량의 최대치 I_{max}와 최소치 I_{min}를 이용해서, 다음의 수식(4)에 의해 산출된다.
- <76>
$$V = (I_{max} - I_{min}) / (I_{max} + I_{min}) \quad (4)$$
- <77> 평가치 체크 공정은, 산출한 시감도 값이 미리 설정된 임계치 보다 큰지 아닌지를 판단하는 공정이다(스텝 106).
- <78> 파면 수차 산출 공정은, 시감도 값이 미리 설정된 임계치 보다 큰 간섭무늬의 화상데이터로부터 파면 수차를 산출하는 공정이다(스텝 110).
- <79> 측정위치 이동공정(스텝 102)에서는, 이하와 같이 조명 광학계(14)와, 제1마스크(60)와, 제2마스크(70) 사이의 위치 맞춤을 실시한다. 우선, 광원부(12)로부터 출사한 광속이, 라우팅 광학계(13)에 의해 조명 광학계(14)로 돌려진 후, 상기 광속이 조명 광학계(14)내의 σ 조리개에 의해 제1마스크(60)내의 마크(61)에만 조사되도록, 조명 광학계(14)와 제1마스크(60)의 위치를 조정한다. 이때, 슬릿(61a)은 수식(1)을 만족하는 폭을 가지기 때문에, 슬릿(61a)로부터 사출 후의 광은 X방향으로 등위상의 파면을 가진 회절광이 되어, 투영광학계(31)의

광학동공 전면에 광이 조사된다.

- <80> 한편, 창(61b)를 통과한 광속은 조명 광학계(14)의 수차를 포함한 광속이 된다.
- <81> 다음에, 제1마스크(60)의 마크(61)로부터의 사출광이 투영광학계(31)에 의해서 제2마스크(70)내의 마크(71)에 결상되도록, 웨이퍼 스테이지(41)의 위치를 조정해서 제2마스크(70)를 이동한다. 따라서, 제1마스크(60)의 슬릿(61a)로부터의 광은 제2마스크(70)의 창 (71b)에, 그리고 창(61b)로부터의 광은 제2마스크(70)의 슬릿 (71 a)에 결상한다. 슬릿(71a)로부터 회절된 광속은 X방향으로 등위상인 파면을 가진다.
- <82> 한편, 창 (71b)를 투과하는 파면은, 슬릿(61a)에 의해 X방향으로 등위상인 파면으로 정형된 후, 투영광학계(31)을 투과하기 때문에, 투영광학계(31)의 파면 수차에 관한 정보를 가지고 있다.
- <83> 도 5의 도면을 참조해서, 슬릿(71a)와 창 (71b)로부터 사출한 광속을 설명한 다. 슬릿(71a)를 투과한 광은, X 방향의 이상 파면(701a)이며, 창 (71b)를 투과한 광은 피검파면(701b)이다.
- <84> 도 6을 참조하여, 촬상수단(53)에 의해 검출되고, 슬릿(71a)와 창(71b)로부터 사출한 광에 의해 형성되는 간섭 무늬의 일례를 설명한다. 슬릿(71a)와 창(71b)사이의 간격에 해당하는 양 만큼 중심이 어긋난 투영광학계(31)의 동공의 상이 2개 촬상되고, 이들 2개의 화상 사이의 중복 영역에 간섭무늬가 발생하고 있다.
- <85> 평가치 산출 공정(스텝 104)에서는, 측정위치 이동공정(스텝 102)에서 발생한 간섭무늬를 촬상수단(53)에 의해서 촬상하고, 화상데이터로서 촬상된 간섭무늬의 발생 상태를 판단하기 위한 평가치를 화상제어부(55)에 의해서 산출한다. 여기에서는, 평가치로서 시감도 값을 이용하고, 시감도 값의 산출에는, 예를 들면, 이하에서 말하는 2개의 방법 중 하나의 방법을 이용한다.
- <86> 도 7A를 참조하여, 제1의 시감도 값의 산출방법에 대해 설명한다. 도 7A에 촬상수단(53)에 의해 촬상되는 X마크 간섭무늬의 화상데이터의 일례를 나타냈다. 도 7A 중의 화상표 D는, 시감도를 산출하기 위한 처리 방향을 나타낸다. 이 경우는, X마크 간섭무늬에 대해서 처리를 실시하기 때문에, 처리 방향은 X방향이 된다.
- <87> 도 8은, 도 7A의 임의의 행(즉, Y방향의 임의의 위치)에서 측정한 X방향의 광량치를 나타낸 그래프이고, 도 8의 그래프에서, 횡축은 X위치, 세로축은 광량치를 나타낸다. 도 8에 점선의 프레임으로 나타낸 시감도 값의 산출폭A 내에 있어서, 광량의 최대치 I_{max}와 최소치 I_{min}로부터 시감도 값 V를 산출한다.
- <88> 평가치 산출수단인 화상제어부(55)는, 화상데이터의 소정의 국소 부내에 있어서의 광량의 최대치 I_{max}와 최소치 I_{min}로부터 산출되는 시감도 값 $V = (I_{max} - I_{min}) / (I_{max} + I_{min})$ (수식 4)를 평가치로서 이용한다. 시감도 값 산출폭A는, 측정장치의 설계치로부터 산출한 간섭무늬 피치보다 폭이 넓은 값을 미리 설정해 둔다. 이 시감도 값은, 시감도 값의 산출폭A의 위치를 처리 방향 D로 주사 시키는 것에 의해서, 전화소 위치에 대해서 산출할 수 있다. 상기 처리를 각 행에 대해서 실시한 후, 최종적으로는, 도 7A 중의 점선으로 나타낸 시감도 값의 계측 윈도우 W내(이 경우는, 간섭무늬의 발생 영역)의 전화소 위치에 있어서의 시감도 값을 평균해서 얻어진 값을 가지고 X마크 간섭무늬의 시감도 값으로 한다.
- <89> 도 9를 참조해서, 제2시감도 값의 산출방법에 대해서 이하 설명한다. 도 9에는, 마크(71)에의 입사광의 NA가 큰 경우(예를 들면, NA = 0.85)에 촬상되는 간섭무늬 화상데이터의 일례가 나타나고, 도 9에서와 같이, 간섭무늬의 피치가 장소마다 다른 것을 확인할 수 있다. 따라서, 상기 제1시감도 값 산출방법에서와 같이, 간섭무늬의 발생 영역 W의 전체면에 있어서 시감도 값의 산출폭A를 일정하게 설정하면, 정확하게 간섭무늬상태를 평가할 수 없다.
- <90> 고NA의 경우에 얻어진 간섭무늬 화상데이터에 대해서도 정확한 간섭무늬의 상태를 평가하기 위해서, 제2시감도 값의 산출방법에서는, 도 9 중의 점선프레임으로 나타낸 바와 같이, 시감도 값의 계측 윈도우를 간섭무늬의 발생 영역 내에 있어서의 복수의 국소부의 위치에 설정한다. 즉, 평가치 산출수단인 화상제어부(55)는, 화상데이터의 소정의 국소부 마다 산출한 복수의 영역에서의 복수의 상기 시감도 값을 이용한다. 또, 계측 윈도우마다 시감도 값의 산출폭과 처리 방향을 다르게 설정한 다. 즉, 복수의 영역에서 산출되는 복수의 시감도 값을, 파라미터(즉, 시감도 값의 계측의 사이즈와 형상인 윈도우 W, 시감도 값의 산출폭 A 및 시감도 값을 산출하기 위한 처리 방향 D)를 소정의 조건으로 설정하는 것에 의해 얻어진다. 예를 들면, 도 9중의 계측 윈도우 W1의 처리 방향 D1과 산출폭A1은, 계측 윈도우 W2의 처리 방향 D2와 산출폭A2와는 다르다(A1, A2는 도시하지 않음).
- <91> 또는, 계측 윈도우 W와 산출폭A를 거의 같은 크기로 설정하고, 이 경우, 시감도 값의 산출폭A의 위치를 처리 방향 D로 주사시키는 일 없이, 계측 윈도우내에 있어서의 광량의 최대치와 최소치로부터 시감도 값을 산출할

수도 있다.

- <92> 평가치 체크 공정(스텝 106)에서는, 스텝 104에 있어서 산출한 시감도 값을 미리 설정해 둔 임계치와 비교해서 상기 시감도 값이 상기 임계치 보다 큰지 어떤지를 체크한다. 평가치 산출 수단인 화상제어부(55)는, 평가치의 크기와 미리 설정해 둔 임계치의 크기를 비교한 결과, 평가치가 임계치보다 큰 경우는 파면 수차의 산출이 가능하다고 판단한다. 또, 평가치가 임계치보다 작은 경우는, 파면 수차의 산출이 불가능하다고 판단한다.
- <93> 시감도 값이 임계치보다 큰 경우(OK의 경우)는, 촬상한 화상데이터의 간섭무늬의 질은 양호하다고 판단하고, 측정 플로우를 다음의 스텝으로 진행한다.
- <94> 시감도 값이 임계치보다 작은 경우(NG의 경우)는, 촬상한 화상데이터의 간섭무늬의 질은 열악하여 측정 불가능이라고 판단하고, 파면 수차 측정 플로우를 종료한다.
- <95> 스텝 108에서는, XY양마크에 대해서, 화상제어부(55)에 간섭무늬 화상데이터가 출력되었는지의 여부를 판단한다. 이때, 아직 Y마크의 간섭무늬 화상데이터의 취득이 종료하고 있지 않았기 때문에, 측정 플로우는 스텝 102로 돌아와서, X마크의 위치로부터 Y마크의 위치로의 이동이 실행된다.
- <96> 스텝 102에서는, 조명 광학계(14)로부터의 조사 영역이, 제1마스크(60)내의 마크(62)가 되도록, 마스크 스테이지(22)를 이동한다. 또, 마크(62)로부터의 사출광이 투영광학계(31)에 의해서 제2마스크(70) 내의 마크(722)에 결상 되도록, 웨이퍼 스테이지(41)의 위치를 조정한다. 따라서, 제1마스크(60)의 슬릿(62a)으로부터의 사출광은 제2마스크(70)의 창(72b)에, 그리고, 제1마스크(60)의 창(62b)으로부터의 사출광은 제2마스크(70)의 슬릿(72a)에 결상하게 된다.
- <97> 스텝 104에서는, X마크의 측정에서와 같이, 발생한 간섭무늬를 촬상수단 (53)에 의해서 촬상하고, 간섭무늬 화상데이터의 시감도 값을 산출한다.
- <98> 도 7B에는, 촬상수단(53)에 의해 촬상되는 Y마크 간섭무늬 화상데이터의 일례를 나타냈다. 도 7B 중의 화살표 D'는, 시감도 값을 산출하기 위한 처리 방향을 나타낸다. 이 경우는, Y마크 간섭무늬에 대해서 처리를 실시하기 때문에, 처리 방향은 Y방향이 된다.
- <99> 이 경우의 시감도 값의 산출방법은, 도 8의 횡축을 Y방향으로 하는 것에 의해 X마크의 시감도 값의 산출방법과 같은 방법으로 실행할 수 있기 때문에, 산출방법의 자세한 설명은 여기에서 생략한다.
- <100> 스텝 106에서는, 상술한 X마크의 측정에서와 같이, 미리 설정한 임계치를 이용해서, 촬상한 Y마크 간섭무늬 화상데이터의 질이 OK인지 NG인지를 판단한다. 스텝 108에서는, XY양마크에 대해서, 화상제어부(55)에 각 간섭무늬 화상데이터가 출력되었는지의 여부를 판단한다. 이 경우에는, XY양마크 모두의 간섭무늬 화상데이터의 취득이 종료하고 있으므로, 측정 플로우는 다음의 스텝으로 진행된다.
- <101> 파면 수차 산출 공정(스텝 110)에서는, 상기 스텝에서 촬상한 X마크 간섭무늬 화상과 Y마크 간섭무늬 화상으로부터, 투영광학계(31)의 파면 수차를 산출한다. 도 10의 플로차트를 참조하여, 스텝 110을 상세하게 설명한다.
- <102> 스텝 110은, 3개의 서브공정, 즉 X방향 파면 수차 산출 공정(스텝 202), Y방향 파면 수차 산출 공정(스텝 204) 및 XY파면 합성 공정(스텝 206)으로 이루어진다. 스텝 202에서는, 이미 스텝 102에서 촬상이 끝난 X마크 간섭무늬 화상을 화상제어부(55) 내에서 처리하여, X방향으로 투영광학계의 수차 정보를 가지는 X방향 파면 수차를 산출한다.
- <103> 스텝 204에서는, 스텝 202에서와 같이, 이미 스텝 102에서 촬상이 끝난 Y마크 간섭무늬 화상을 화상제어부(55) 내에서 처리하여, Y방향으로 투영광학계의 수차 정보를 가지는 Y방향 파면 수차를 산출한다.
- <104> 스텝 206에서는, 스텝 202에서 산출한 X방향 파면 수차와 스텝 204에서 산출한 Y방향 파면 수차를 합성하여, 2차원 방향으로 투영광학계의 수차 정보를 가지는 투영계 파면 수차를 구한 후, 그 결과를 화상제어부(55) 내의 메모리에 보존한다. 예를들면, 이러한 합성방법은, 전체로서 여기에 참조에 의해 구체화되어 있는 일본공개특허공보 제2006-86344호(2006년 3월 30일), 미국공개특허공보 제 US2006/ 0061757A1(2006년 3월 23일) 및 미국특허공보 제 US7,403,291B2호(2008년 7월 22일)에 개시된, X방향의 파면 수차와 Y방향의 파면 수차를 이용해서(합성해서) 피검 광학계의 (2차원의) 파면 수차를 구하는(합성하는) 방법을 이용해서 실행할 수 있다.
- <105> 보존 형식은, 반드시 파면 수차일 필요는 없고, 상기 파면 수차를 제르니케 다항식으로 전개해서 산출한 제르니케 각 항(예를 들면, 제르니케 5~36항)의 값을 보존할 수도 있다.

- <106> 상술한 스텝 102 내지 스텝 110의 동작에 의해서, 본 실시예의 파면 수차 측정방법을 이용하면, 스텝 110을 반복해서 불필요한 실행하는 것을 피할 수 있고, 스텝 110에서 잘못된 측정 결과가 출력되는 것을 방지하는 것이 가능해진다. 상기 실시예에 있어서의 스텝 104에서는, 간섭무늬 영역 W (또는 W') 내에 있어서의 전화소의 시감도 값의 평균치를 가지고 간섭무늬 화상데이터의 시감도 값으로 했다.
- <107> 그러나, 간섭무늬 영역 전면에 걸쳐서 질 높은 간섭무늬가 발생될 필요가 있는 경우에는, 전화소의 시감도 값의 최소치를 간섭무늬 화상데이터의 시감도 값으로 설정할 수 있다.
- <108> 또, 본 실시예에 있어서의 제1 및 제2시감도 값의 산출방법과 관련해서 상술한 바와 같이, 시감도 값의 계측의 사이즈와 형상인 윈도우 W , 시감도 값의 산출폭 A 및 시감도 값을 산출하기 위한 처리 방향 D 를 소정의 조건으로 설정한다. 즉, 이들 변수는 본 실시예의 하드웨어 구성에 따르고, 정확한 간섭무늬 평가를 할 수 있도록 적절한 조건으로 설정한다.
- <109> 상술한 예로부터 알수 있는 바와 같이, 시감도 값을 어떻게 산출할지는, 각각의 측정 환경이나 필요로 하는 측정 정밀도에 따라 최적으로 선택할 수 있다.
- <110> 스텝 106에서, 화상데이터가 NG라고 판단된 후에, 파면 수차 측정 플로우를 종료했을 경우는, NG의 원인(예를 들면, 구동계가 측정위치로 움직이지 않는 것, 촬상 장치의 수광면의 먼지의 오염 등)을 조사해서 해소한 후에, 파면 수차 측정 플로우를 재개한다.
- <111> 본 제1실시예에 의하면, 피검 광학계의 파면 수차의 산출을 위한 화상처리를 실시하기 전에, 촬상한 화상데이터의 간섭화상 상태를 체크하는 것에 의해서, 고정밀도로 피검 광학계의 파면 수차를 측정할 수 있다.
- <112> 다음에, 도 1의 블록도로 나타낸 본 발명의 제2실시예의 파면 수차 측정장치에 대해 이하 설명한다. 이하에 나타내낸 바와 같이, 제2실시예의 파면 수차 측정장치는 제1실시예와는 파면 수차 측정의 동작이 다르다.
- <113> 화상제어부(55)는, 간섭화상의 발생 상태가 소정의 상태로 되는 소정의 위치로 기관 스테이지인 웨이퍼 스테이지(41)를 이동시키는 수단으로서도 기능하며, 웨이퍼 스테이지(41)의 이동에 의해서 관련 부재의 위치를 최적화시킨다.
- <114> 촬상수단(53)은, 상기 소정 위치에서 간섭무늬의 화상데이터를 촬상하는 수단이다. 파면 수차 산출수단인 화상제어부(55)는, 취득한 화상데이터에 대해서 화상처리를 실행해서 파면 수차를 산출하는 수단이다.
- <115> 다음에, 도 11의 플로우차트를 참조하여, 제2실시예의 파면 수차 측정방법의 동작에 대해 이하 설명한다. 본 제2실시예의 파면 수차 측정방법은, 이하의 공정으로 이루어진다. 측정위치 이동공정은, 조명 광학계(14)와, 제1마스크(60)와, 제2마스크(70) 사이의 위치 맞춤을 실시한다(스텝 302). 부재 위치 최적화 공정은, 마스크(70)으로부터의 광에 의한 간섭무늬의 발생 상태가 최선이 되도록 스테이지(마스크) 위치를 조정한다(스텝 304).
- <116> 화상데이터 취득 공정은, 최적화한 스테이지(마스크) 위치에 있어서의 간섭무늬의 화상데이터를 취득한다(스텝 306). 파면 수차 산출 공정은, 취득한 간섭무늬의 화상데이터로부터 파면 수차를 산출한다(스텝 310).
- <117> 이하, 도 11을 참조하면서 제2실시예에 의한 파면 수차 측정의 동작에 대해 설명한다. 측정위치 이동공정(스텝 302)은, 제1실시예에 있어서의 도 4의 스텝 102와 동일한 동작이기 때문에, 중복되는 설명을 생략한다. 부재 위치 최적화 공정(스텝 304)에서는, 간섭무늬의 발생 상태가 최선이 되도록 스테이지(마스크)의 위치를 조정한다.
- <118> 스텝 304의 상세한 플로우차트를 도 12에 나타낸다. 도 12에 나타낸 바와 같이, 스텝 304는, 부재 구동 방향 설정 공정(스텝 402), 평가 파형 작성 공정(스텝 404), 평가 파형 피크 검출 공정(스텝 406) 및 스텝 408로 이루어진다.
- <119> 스텝 402에서는, 웨이퍼 스테이지의 구동 방향(XYZ 방향중 한 방향), 구동 피치 및 구동 범위를 설정한다(예를 들면, 구동 방향: X방향, 구동 피치: 10nm, 구동범위: ± 100 nm).
- <120> 스텝 404에서는, 웨이퍼 스테이지를 일정한 방향으로 구동시키면서, 복수의 구동 위치에서 평가치를 산출하여, 평가 파형을 작성한다. 스텝 404는, 부재 구동 공정(스텝 502)과 평가치 산출 공정(스텝 504)으로 나누어진다.
- <121> 스텝 502에서, 지정한 구동 방향으로 1피치 만큼 웨이퍼 스테이지를 구동시킨다. 스텝 504에서는, 구동 후의 스테이지 위치에서 간섭무늬의 화상데이터를 촬상수단(53)에 의해서 촬상한다. 또, 제1실시예에 있어서의 도

4의 스텝 104에서와 같은 방법으로 시감도 값을 산출해서 화상제어부(55)내의 메모리에 보존한다. 스텝 506에서는, 스테이지 위치가 스텝 402에서 지정한 구동 범위를 넘어서 이동했는지의 여부를 판단한다. 이때, 스테이지 위치는 아직 지정한 구동 범위를 넘지 않았기 때문에, 측정 플로우는 스텝 204로 돌아온다. 이후, 스테이지 위치가 지정한구동 범위를 넘을 때까지 스텝 502 내지 506을 반복해서 실행한다.

- <122> 상기까지의 스텝에 의해서, -100nm , -90nm , $\dots$, $+90\text{nm}$, $+100\text{nm}$ 의 각 X방향 스테이지 위치에서 간섭무늬의 시감도 값을 산출한다.
- <123> 스텝 406에서는, 상기 산출한 각 스테이지 위치에서의 시감도 값을 근거로, 간섭무늬의 발생 상태가 최선이 되는 스테이지 위치를 구한다.
- <124> 도 13은, 상기 X방향의 스테이지 위치를 횡축에, 산출한 시감도 값을 세로축에 취했을 때의 시감도 값의 변화를 나타내는 그래프이다.
- <125> 화상제어부(55)는, 기관 스테이지인 웨이퍼 스테이지(41)을 일정 방향으로 구동시키면서, 복수의 구동 위치에서의 간섭화상 상태를 나타내는 평가치를 산출하는 것에 의해서 평가 파형을 작성한다.
- <126> 또, 평가 파형으로부터 상기 평가치의 피크 검출을 실시하는 것에 의해서 웨이퍼 스테이지(41)의 상기 소정의 위치를 구한다.
- <127> 제2마스크(70)의 위치가, 제1마스크(60)으로부터의 출사광의 결상 위치로부터 멀리 어긋날수록, 간섭무늬의 발생 영역이 작아지기 때문에, 시감도 값이 작아진다. 즉, 도 13에 나타난 시감도 값의 파형으로부터 알 수 있는 바와 같이, 상기 파형은, 웨이퍼 스테이지(41)의 최적 위치인 소정의 위치(제2마스크(70)가 제1마스크(60)의 결상 위치에 있는 상태)에서 시감도 값가 최대인 볼록형상의 파형이 된다.
- <128> 따라서, 얻어진 시감도 값의 파형에 대해서 피크 검출 처리(예를 들면, 중심 계산)를 실시하는 것에 의해서 웨이퍼 스테이지(41)의 X좌표의 최적 위치인 소정의 위치를 구하고, 구한 최적의 X좌표 위치로 웨이퍼 스테이지(41)을 구동시킨다.
- <129> 스텝 408에서는, XYZ전방향에서 스테이지의 구동을 종료했는지의 여부를 판단한다. 이때, X방향으로만 스테이지의 구동을 종료하였기 때문에, 측정 플로우는스텝 402로 돌아오고, 구동 방향을 Y방향으로 설정한다. 이후, 스텝 404와 스텝 406을, 상기 X방향으로의 구동시와 마찬가지로 실행해서, 웨이퍼 스테이지(41)의 Y좌표의 최적 위치를 구하고, 구한 최적의 Y좌표 위치로 웨이퍼 스테이지(41)을 구동시킨다. 또, Z방향에 대해서도 상기 스텝 402 내지 스텝 406을 실행하여, 웨이퍼 스테이지(41)의 Z좌표의 최적 위치를 구하고, 구한 최적의 Z좌표 위치로 웨이퍼 스테이지(41)을 구동시킨다.
- <130> 이때, XYZ전좌표에서의 웨이퍼 스테이지(41)의 최적의 위치가 구해지고, 웨이퍼 스테이지(41)의 최적 위치에서의 구동도 종료했으므로, 측정 플로우는 스텝 408을 빼고 다음의 공정으로 진행된다.
- <131> 화상데이터 취득 공정(스텝 306)에서는, 상기한 최적의 위치에서 X마크의 간섭무늬 화상을 촬상수단(53)에 의해 촬상해서, 화상제어부(55)의 메모리에 보존한다.
- <132> 스텝 308에서는, XY양마크에 대한, 간섭무늬 화상데이터가 화상제어부(55)에 출력되었는지의 여부를 판단한다. 이때, 아직 Y마크의 간섭무늬 화상데이터의 취득이 종료하고 있지 않았기 때문에, 측정 플로우는 스텝 302로 돌아와서, X마크의 위치로부터 Y마크의 위치로의 이동이 실행된다.
- <133> 스텝 302에서는, 도 4의 스텝 102에서와 같이, X마크의 위치로부터 Y마크의 위치로의 이동이 실행된다. 스텝 304에서는, X마크의 처리에서와 같은 방법으로 웨이퍼 스테이지(41)의 최적 위치를 구한다.
- <134> 스텝 306에서는, 구한 최적의 위치로 스테이지를 구동시킨 후, Y마크의 간섭무늬 화상을 촬상수단(53)에 의해 촬상해서, 화상제어부(55)의 메모리에 보존한다. 스텝 308에서는, XY양마크에 대한 간섭무늬 데이터가 화상제어부(55)에 출력되었는지의 여부를 판단한다. 이때, XY양마크 모두에 대한 간섭무늬 화상데이터의 취득을 종료하고 있으므로, 측정 플로우는 다음의 스텝으로 진행된다.
- <135> 파면 수차 산출 스텝 310에서는, 제1실시예의 스텝 110에서와 같이, 촬상수단 (53)에 의해 촬상한 X마크 간섭무늬 화상과 Y마크 간섭무늬 화상으로부터 투영광학계(31)의 파면 수차를 산출해서, 화상제어부(55)내의 메모리에 측정 결과를 보존한다. 보존 형식은 반드시 파면 수차일 필요는 없고, 상기 파면 수차를 제르니케 다항식으로 전개해서 산출한 제르니케 각 항(예를 들면, 제르니케 5~36항)의 값을 보존해도 된다.

- <136> 상술한, 스텝 302 내지 스텝 310의 동작에 의해서, 제2실시예의 파면 수차 측정방법에 의하면, 웨이퍼 스테이지(41)을 간섭무늬의 발생 상태가 최선이 되는 최적 위치인 소정의 위치로 구동시킬 수 있어서, 보다 고정밀도의 파면 수차 측정이 가능해진다.
- <137> 상기한 제2실시예에서는, 웨이퍼 스테이지(41)에 대해서만 스테이지 위치 최적화 공정의 동작을 설명했지만, 웨이퍼 스테이지(41)을 고정된 상태에서, 마스크 스테이지(22)에 대해서 같은 동작을 실행하는 것도 가능하다.
- <138> 본 발명의 제3실시예의 PDI 방식의 파면 수차 측정장치를 구비한 노광장치 (10)에 대해서 이하 설명한다. 본 제3실시예는, 제1실시예의 장치구성과 같지만, 도 1에 있어서의 제1마스크(60)가 도 14에 있어서의 제1마스크(60')로 대체되고, 도 1에서의 제2마스크(70)가 도 15에서의 제2마스크(70')로 대체된 것만이 다르다.
- <139> 도 14의 개략 평면도를 참조하여 제1마스크(60')의 구조를 설명한다. 제1마스크(60')은, 등위상의 파면을 가지는 회절광을 사출하는 구멍부분인 핀홀(61'a)과, 조명 광학계(14)의 파면 수차를 가지는 광을 사출하는 창(개구)(61'b)를 가진다. 핀홀(61'a)의 지름 Δr 은, 투영광학계(31)의 레티클측, 즉 물체측의 개구수를 NA_i 로 하면 수식(1)에 의해 결정되는 값으로 된다.
- <140> 핀홀(61'a)의 지름을 수식(1)을 만족하도록 설정함으로써, 핀홀로부터 회절하는 광은 NA_i 의 범위에서 등위상으로 간주할 수 있다. 한편, 창(61'b)의 폭 $\Delta r'$ 는 λ/NA_i 이상의 크기이다. 윈도우(61'b)의 폭은, 수식(1)의 값과 동일한 정도로 설정할 수 있지만, 창(61'b)를 통과한 광은, 후술하는 바와 같이, 웨이퍼 측에서 수식(1)을 만족하는 폭의 핀홀을 통과하기 때문에 레티클측에서 등위상으로 할 필요는 없으므로, 광량의 관점에서부터 비교적 큰 값으로 설정한다.
- <141> 도 15의 개략 평면도를 참조하여, 제2마스크(70')의 구성을 이하 설명한다.
- <142> 제2마스크(70')은, 등위상의 파면을 가지는 회절광을 사출하는 구멍부분인 핀홀(71'a)과, 투영광학계(31)의 파면 수차를 가지는 광을 사출하는 창(71'b)를 가진다.
- <143> 핀홀(71'a)의 지름 Δw 는 투영광학계(16)의 웨이퍼측, 즉 상측의 개구수를 NA_o 로 하면, 상기한 수식(2)를 만족하는 값을 가진다. 핀홀의 지름을 수식(2)를 만족하도록 설정하는 것에 의해서, 핀홀(71'a)로부터 회절하는 광은 NA_o 의 범위에서 등위상의 구면형상 파면을 가지는 것으로 볼 수 있다.
- <144> 창(71'b)의 폭 $\Delta w'$ 는 측정하고 싶은 투영광학계의 공간 주파수에 의해 결정한다. 측정범위를 보다 고주파까지 하고 싶은 경우는, 창폭은 보다 큰 값으로 설정되고, 측정범위를 저주파로 하고 싶은 경우는, 창폭을 작은 값으로 설정한다.
- <145> 투영광학계(31)의 동공에서의 공간 주파수를 f 로 하면, $\Delta w'$ 는 상기한 수식 (3)으로 주어진다. 여기서, 동공 반경에서 일주기에 발생하는 파면 수차의 주파수 f 를 1로 한다.
- <146> 제3실시예의 파면 수차 측정의 동작은, 제1실시예에서 도 4의 플로우차트에서와 동일하지만, 스텝 108이 불필요한 것과, 도 11의 스텝 110에서의 프로세스 플로우가 도 16의 스텝 110'에서의 프로세스로 대체된 것만이 다르다.
- <147> 다음에, 본 발명의 제3실시예의 PDI 방식의 파면 수차 측정장치를 이용한 파면 수차 측정의 동작에 대해서 설명한다. 측정위치 이동공정 스텝 102'에 있어서, 조명 광학계(14)와, 제1마스크(60')와, 제2마스크(70') 사이의 위치 맞춤을 실시한다.
- <148> 우선, 광원부(12)로부터 출사한 광속이, 루우팅 광학계(13)에 의해 조명 광학계(14)로 돌려진 후, 조명 광학계(14) 내의 σ - 조리개에 의해서 제1의 마스크 (60')내의 마크(61')에만 조사되도록, 조명 광학계(14)와 제1마스크(60')의 위치를 조정한다.
- <149> 이때, 핀홀(61'a)는 수식(1)을 만족하는 폭을 가지기 때문에, 핀홀(61'a)사출 후의 광은 구면형상으로 등위상의 파면을 가진 회절광이 된다. 따라서, 투영광학계(31)의 광학동공 전면에 광이 조사된다. 한편, 창(61'b)를 통과한 광속은 조명 광학계(14)의 수차를 가진다.
- <150> 다음에, 제2마스크(70')에 대해서는, 제1마스크(60')의 마크(61')로부터의 사출광이 투영광학계(31)에 의해서 제2마스크(70')내의 마크(71')에 결상되도록, 웨이퍼 스테이지(41)의 위치를 조정한다. 그 결과, 제1마스크(60')의 핀홀(61'a)는 제2마스크(70')의 창(71'b)에, 그리고 제1마스크(60')의 창(61'b)는 제2

마스크(70')의 핀홀(71'a)에 결상한다.

- <151> 핀홀(71'a)로부터 회절되는 광속은 구면형상으로 등위상인 파면을 가진다. 한편, 창(71'b)를 투과하는 광의 파면은, 핀홀(61'a)에 의해 X방향으로 등위상인 파면으로 정형된 후, 투영광학계(31)를 투과하기 때문에, 투영광학계(31)의 파면 수차에 관한 정보를 가지고 있다.
- <152> 제3실시예에 있어서의 스텝 104' 및 스텝 106'의 동작은, 제1실시예에 있어서의 스텝 104 및 스텝 106과 동일하기 때문에, 여기서, 스텝 104' 및 106'에 대한 설명은 반복하지 않고, 스텝 110과 스텝 110' 사이의 상위에 대해서만 이하 설명한다.
- <153> 스텝 110'에서는, 스텝 110에서 실시한 3개의 서브 스텝(202), (204), (206)을 실행할 필요는 없다. 보다 구체적으로는, 제1실시예에서 이용한 마크(61)와 마크(71)에 의해 발생하는 간섭무늬 데이터로부터 얻어지는 파면은, 투영광학계(31)의 단일 방향만의 수차 정보를 가지기 때문에, 제1실시예에서는, 다른 2방향에서 각각 측정된 2개의 파면 수차를 합성하는 것에 의해서, 2차원의 파면 수차를 산출할 필요가 있었다.
- <154> 그러나, 본 제3실시예에서 이용되는 마크(61')와 마크(71')에 의해 발생하는 간섭무늬 데이터로부터 얻어지는 파면은, 투영광학계(31)의 2차원의 수차 정보를 가지고 있다. 따라서, 도 16에 나타난 바와 같이, 스텝 202'만을 실시하면 된다.
- <155> 파면 수차 측정 공정 스텝 202'에서는, 이미 촬상이 끝난 간섭무늬 화상을 화상제어부(55)에서 처리하여, 2차원 방향으로 투영광학계의 수차 정보를 가지는 투영계의 파면 수차를 산출한 후, 화상제어부(55) 내의 메모리에 산출 결과를 보존한다. 보존 형식은, 반드시 파면 수차일 필요는 없고, 상기 파면 수차를 제르니케 다항식으로 전개해서 산출한 제르니케 각 항(예를 들면, 제르니케 5~36항)의 값을 보존해도 된다.
- <156> 본 발명은 상술한 실시예로 한정되지 않고, 여러가지 변형 및 변경이 가능하다. 예를 들면, 상술한 실시예에서는, 도 4의 스텝 102의 동작은 파면 수차 측정장치를 노광장치 상에 탑재한 상태에서 실행하였다. 그러나, 스텝 102의 동작은 반드시 노광장치 상에서 실행할 필요는 없고, 스테이지 제어부(24), (43)이나 제어부(32)와 동등의 기능을 가진 파면 수차 측정 실시 전용의 파면 수차 측정장치에서 실행해도 된다.
- <157> 또, 도 4의 플로우차트에 나타난 각 스텝은, 반드시 기술한 순서대로 실행할 필요는 없다. 예를 들면, 제1실시예에서는, X마크 간섭무늬의 화상을 촬상하여 시감도 체크를 실시한 후, Y마크 간섭무늬를 촬상하여 시감도 체크를 실시했지만, XY양마크의 간섭무늬를 촬상한 후에, XY양마크의 간섭무늬 화상의 시감도 체크를 실시해도 된다.
- <158> 또, XY 각 마크에 대해서 촬상되는 간섭무늬 화상데이터의 수는 1매로 한정되지 않으며, 정밀도 향상의 관점으로부터 XY 각 마크에 대해서 복수매씩 촬상해도 된다. 이 경우는, 촬상한 복수매의 각 화상데이터에 대해서 시감도체크를 실시해도 된다.
- <159> 상기 실시예에서는, LDI 방식 및 PDI 방식의 파면 수차 측정장치에 대해서 설명하였지만, 본 발명은, 세어링 간섭방식 등의, 피검 광학계의 광학성능을 간섭무늬를 이용해서 측정하는 방식의 광학성능 측정장치 모두에 대해서도 적용가능하다.
- <160> 이하, 상술한 노광장치를 이용한 디바이스(반도체 IC소자, 액정표시소자 등)의 제조방법을 설명한다. 예를 들면, 디바이스는, 종래의 방법에 의해 기판을 준비하고, 상술한 실시예에서의 본 발명의 노광장치를 사용해서, 감광제가 도포된 기판(웨이퍼, 유리 기판 등)을 노광하는 공정에 의해 제조할 수 있다. 상기 노광된 기판을 현상하고, 종래의 방법을 이용해서 그 밖의 처리를 실시한다. 상기한 그 밖의 처리로서는, 예를 들면, 산화막 형성, 성막, 증착, 도핑, 평탄화, 에칭, 레지스트 박리, 다이싱, 본딩 및 패키징 등의 각 공정을 포함한다. 본 디바이스 제조방법에 의하면, 종래의 방법보다 고품위의 디바이스를 제조할 수 있다.
- <161> 본 발명을 전형적인 실시예를 참조하여 설명하였지만, 본 발명은 개시된 실시예로 한정되지 않는 것으로 이해하여야 한다. 다음의 청구의 범위는 이러한 모든 변형과, 등가의 구성 및 기능을 포함하도록 최광의로 해석되어야 한다.

도면의 간단한 설명

- <162> 도 1은, 본 발명의 실시예에 따른 파면 수차 측정장치를 구비한 노광장치의 블록도;
- <163> 도 2는, 본 발명의 제1실시예에서 사용되는 제1마스크의 개략 평면도;

- <164> 도 3은, 본 발명의 제1실시예에서 사용되는 제2마스크의 개략 평면도;

<165> 도 4는, 본 발명의 제1실시예에 따른 파면 수차 측정방법의 동작을 나타내는 플로우차트;

<166> 도 5는, 도 3에 나타내는 제2마스크내의 마크로부터 사출한 광의 도면;

<167> 도 6은, 도 1에 나타내는 촬상수단(53)이 검출하는 광의 간섭무늬의 일례를 나타내는 도면;

<168> 도 7A 및 도 7B은, 시감도 값을 산출하는 제1방법을 설명하기 위한 간섭무늬 화상의 예를 나타내는 도면;

<169> 도 8은, 시감도 값을 산출하는 제1방법을 설명하기 위한 간섭무늬 파형의 도면;

<170> 도 9는, 시감도 값을 산출하는 제2방법을 설명하기 위한 간섭무늬 화상의 도면;

<171> 도 10은, 본 발명의 제1실시예에 있어서의 도 4의 스텝 110의 동작을 나타내는 플로우차트;

<172> 도 11은, 본 발명의 제2실시예에 따른 파면 수차 측정방법의 동작을 나타내는 플로우차트;

<173> 도 12는, 본 발명의 제2실시예에 있어서의 도 11의 스텝 304의 동작을 나타내는 플로우차트;

<174> 도 13은, 본 발명의 제2실시예에 있어서의 시감도 값의 변화를 나타내는 그래프;

<175> 도 14는, 본 발명의 제3실시예에서 사용되는 제1마스크의 개략 평면도;

<176> 도 15는, 본 발명의 제3실시예에서 사용되는 제2마스크의 개략 평면도;

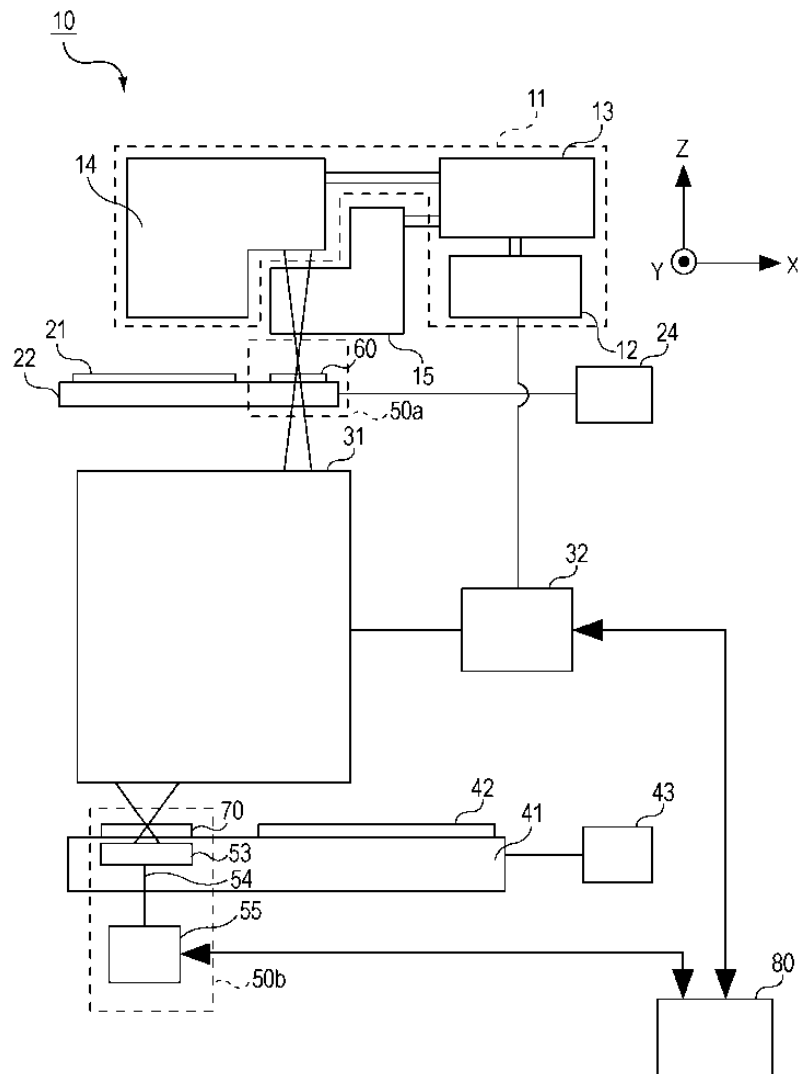
<177> 도 16은, 본 발명의 제3실시예에 있어서의 도 4의 스텝 110의 변형인 스텝 110'의 동작을 나타내는 플로우차트.

<178> <도면의 주요부분에 대한 부호의 설명>

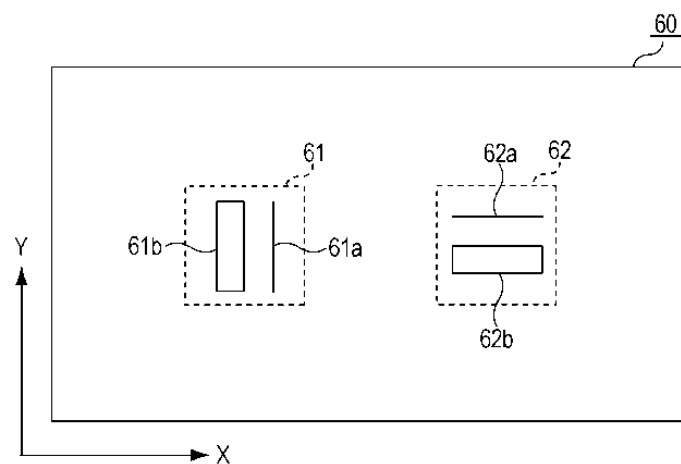
<179> 10: 노광장치	11: 조명장치
<180> 12: 광원부	13: 루우팅 광학계
<181> 14, 15: 조명 광학계	21: 마스크
<182> 22: 마스크 스테이지	31: 투영광학계
<183> 32: 제어부	41: 웨이퍼 스테이지
<184> 42: 웨이퍼	50a, 50b: 파면 수차 측정부
<185> 53: 촬상수단	55: 화상제어부
<186> 60, 60': 제1마스크	61, 61', 62, 71, 71', 72: 마크
<187> 61a, 61'a, 62a, 71a, 71'a, 72a: 슬릿	
<188> 61b, 61'b, 62b, 71b, 71'b, 72b: 창(개구)	
<189> 70, 70': 제2마스크	80: 주제어부

도면

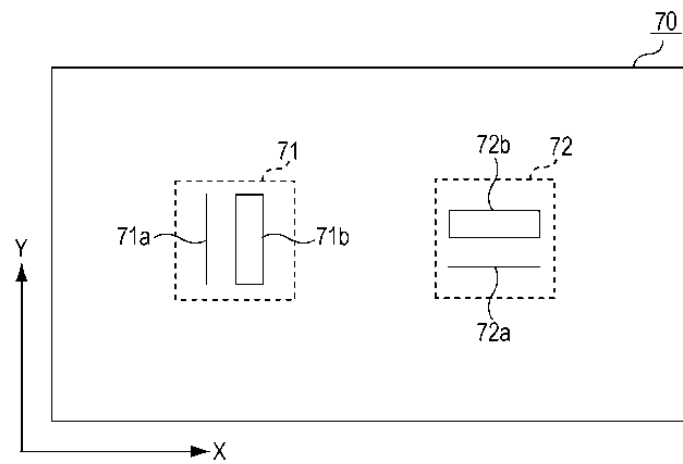
도면1



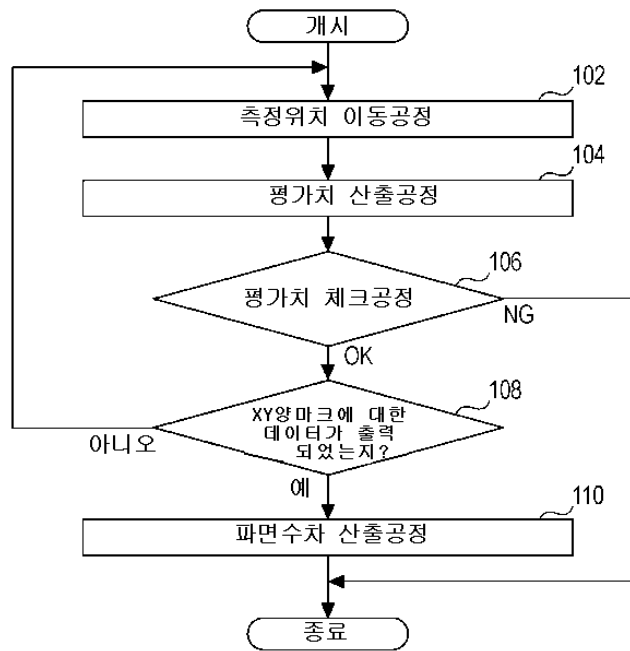
도면2



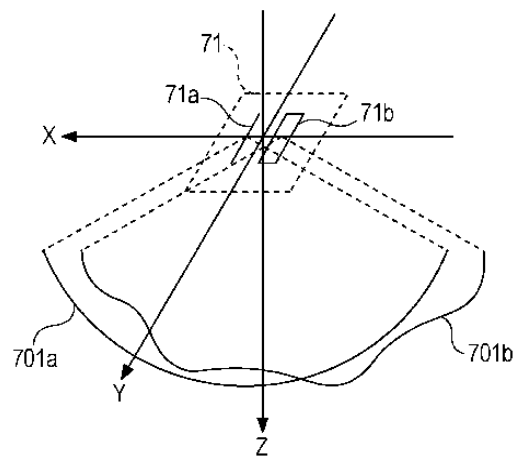
도면3



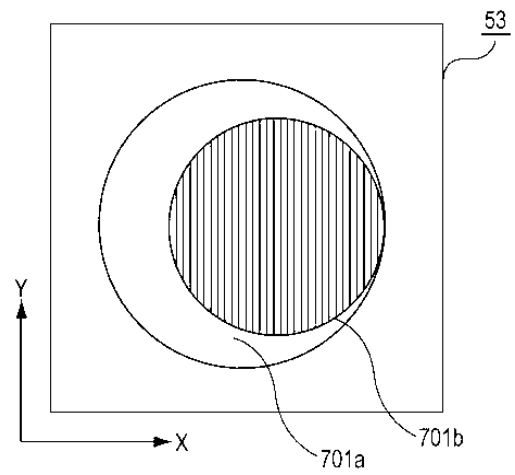
도면4



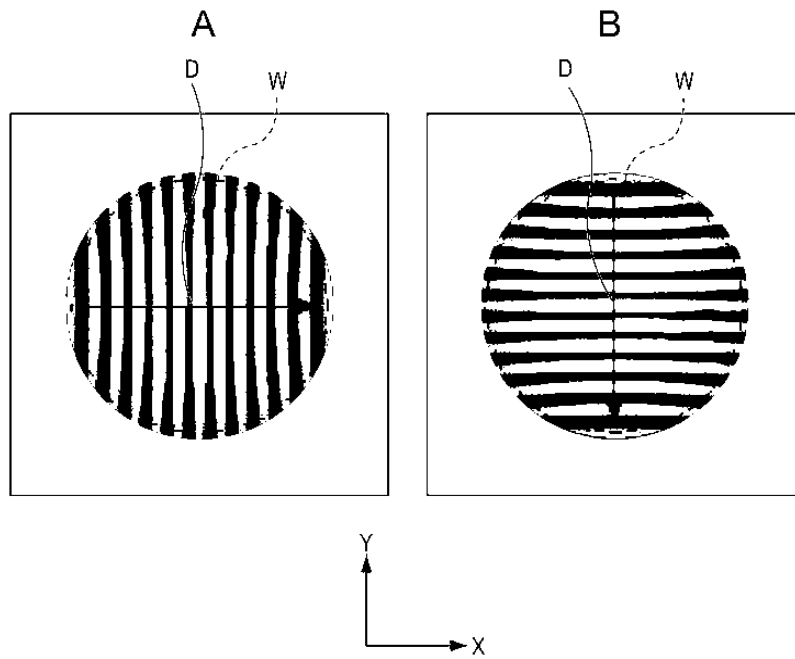
도면5



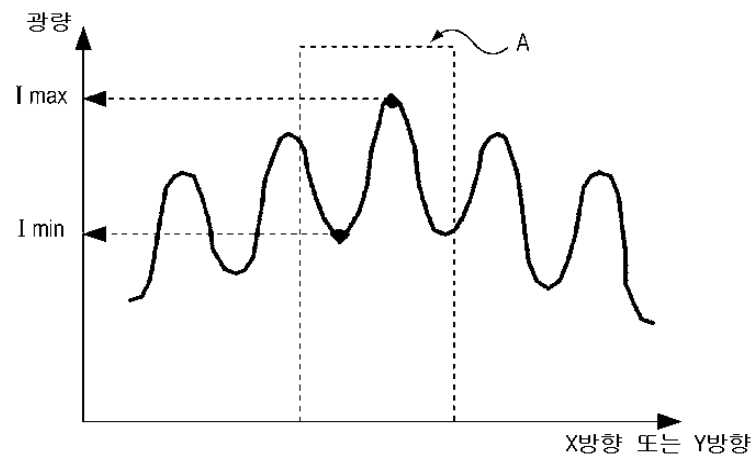
도면6



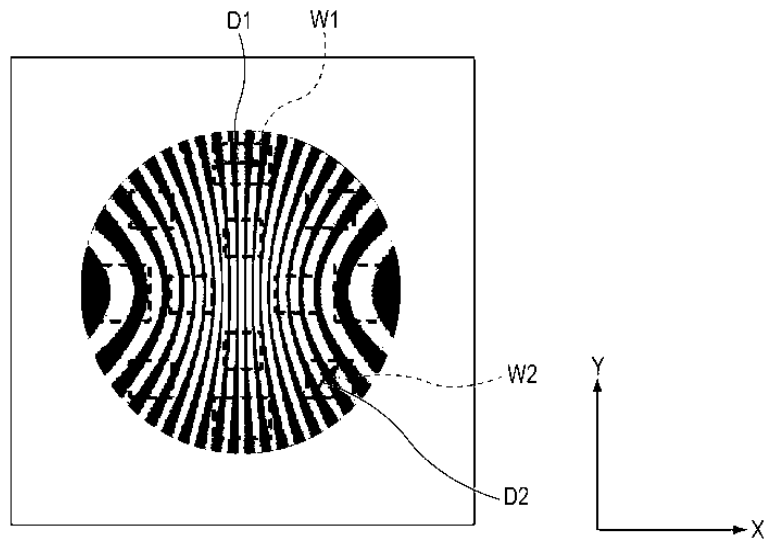
도면7



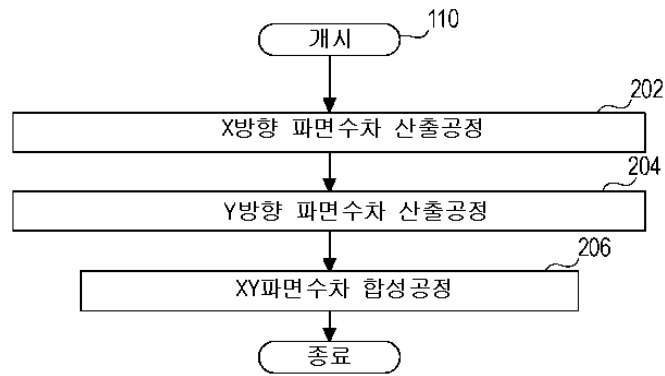
도면8



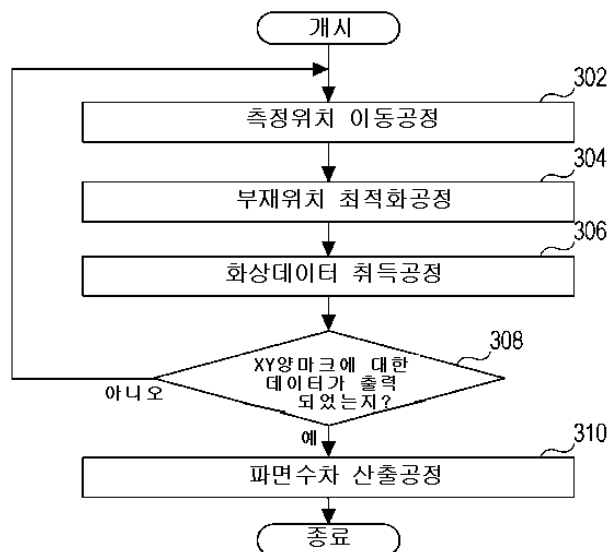
도면9



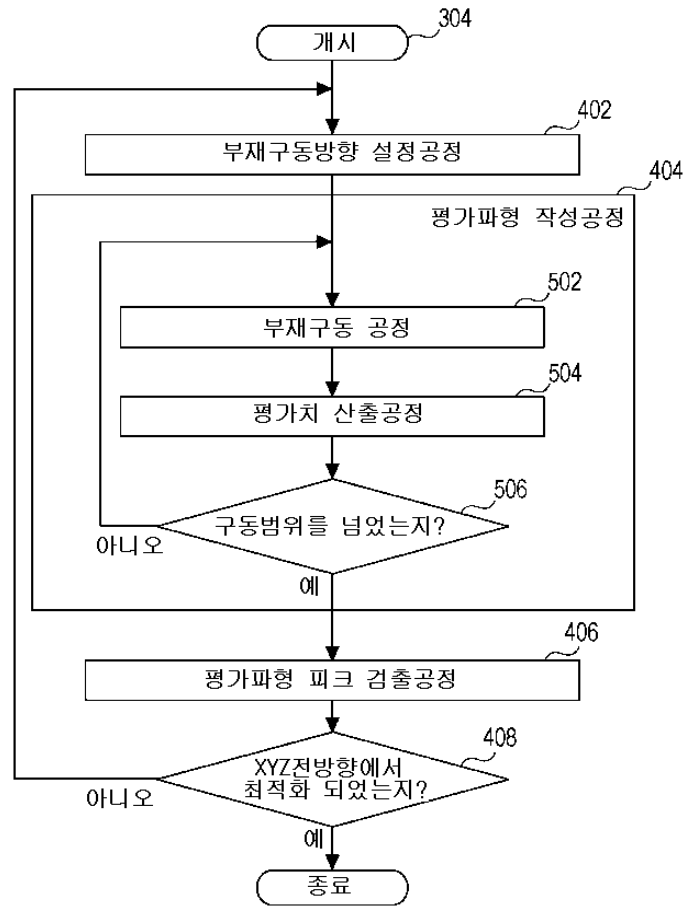
도면10



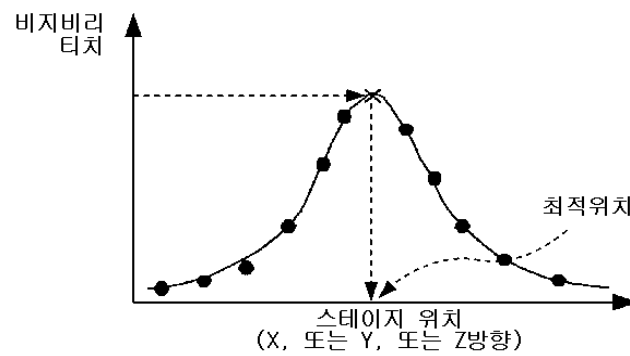
도면11



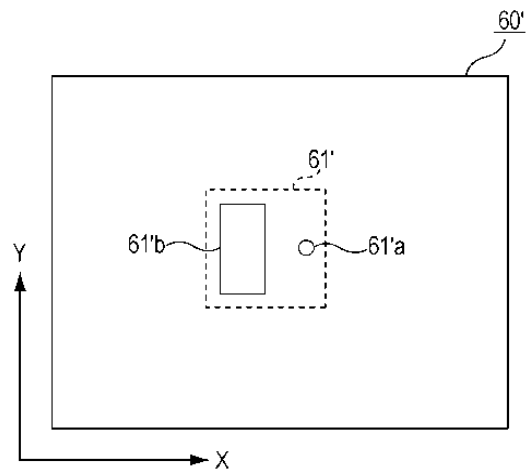
도면12



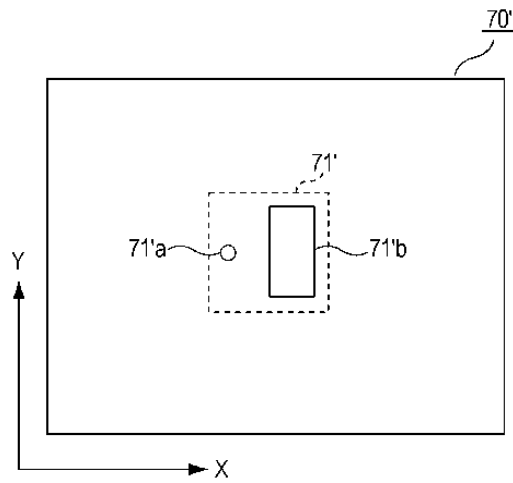
도면13



도면14



도면15



도면16

