

(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(51) Int. Cl.⁷
H01L 21/027

(11) 공개번호 특2001-0034412
(43) 공개일자 2001년04월25일

(21) 출원번호 10-2000-7008180
(22) 출원일자 2000년07월27일
 번역문제출일자 2000년07월27일
(86) 국제출원번호 PCT/JP1999/02608 (87) 국제공개번호 WO 1999/60361
(86) 국제출원출원일자 1999년05월19일 (87) 국제공개일자 1999년11월25일
(81) 지정국 AP ARIPO특허 : 가나 감비아 케냐 레소토 말라위 수단 시에라리온
 스와질랜드 우간다 짐바브웨
EA 유라시아특허 : 아르메니아 아제르바이잔 벨라루스 키르기즈 카자흐
 스탄 몰도바 러시아 타지키스탄 투르크메니스탄
EP 유럽특허 : 오스트리아 벨기에 스위스 사이프러스 독일 덴마크 스
 페인 핀란드 프랑스 영국 그리스 아일랜드 이탈리아 룩셈부르크 모
 나코 네덜란드 포르투칼 스웨덴
OA OAPI특허 : 부르키나파소 베냉 중앙아프리카 콩고 코트디브와르 카
 메룬 가봉 기네 기네비쓰 말리 모리타니 니제르 세네갈 차드 토고
 국내특허 : 알바니아 아르메니아 오스트리아 오스트레일리아 아제르바
 이잔 보스니아-헤르체고비나 바베이도스 불가리아 브라질 벨라루스
 캐나다 스위스 중국 쿠바 체코 독일 덴마크 에스토니아 스페인 핀
 란드 영국 그루지야 가나 감비아 크로아티아 헝가리 인도네시아 이
 스라엘 아이슬란드 일본 캐냐 키르기즈 대한민국 카자흐스탄 세인트
 루시아 스리랑카 라이베리아 레소토 리투아니아 룩셈부르크 라트비아
 몰도바 마다가스카르 마케도니아 몽고 말라위 멕시코 노르웨이 뉴질
 랜드 폴란드 포르투칼 루마니아 러시아 수단 스웨덴 싱가포르 슬로
 베니아 슬로바키아 시에라리온 타지키스탄 투르크메니스탄 터키 트
 리니다드토바고 우크라이나 우간다 미국 우즈베키스탄 베트남 유고슬
 라비아 짐바브웨

(30) 우선권주장 98-153915 1998년05월19일 일본(JP)
(71) 출원인 가부시키가이샤 니콘 오노 시게오
 일본 도쿄도 지요다구 마루노우찌 3-2-3
(72) 발명자 다께우찌히또시
 일본도오꼬도지요다꾸마루노우찌3쵸메2방3고가부시키가이샤니콘나이
(74) 대리인 특허법인코리아나 박해선, 특허법인코리아나 조영원

심사청구 : 없음

(54) 수차측정장치와 측정방법 및 이 장치를 구비한투영노광장치와 이 방법을 이용한 디바이스 제조방법. 노광방법

요약

피검광학계(PL)를 통과한 광속을 소정면(IP) 상에 집광시키는 집광렌즈(L)와, 광속의 일부를 통과시키기 위한 개구조리개(AP)와, 소정면(IP)상에서의 상기 개구조리개를 통과한 광속의 일부의 집광위치(P)의 위치 편차를 검출하는 집광위치 검출부(DET)와, 상기 개구조리개를 상기 광속의 광축과 교차하는 방향으로 이동시키는 이동부(M)와, 상기 집광위치 검출부(DET)로부터의 출력신호에 기초하여 상기 피검광학계(PL)의 수차를 산출하는 연산처리부(PC)를 가진다.

대표도

도1

색인어

수차측정장치

명세서

기술분야

본 발명은, 피검광학계, 특히 반도체 디바이스 또는 액정표시소자를 제조할 때 사용되는 투영노광장치 등에 구비되는 투영광학계의 파면수차(波面收差), 광학성능을 측정하는 파면수차 측정장치 그리고 측정 방법 및 이 장치를 구비한 투영노광장치 그리고 이 방법을 이용한 디바이스 제조방법에 관한 것이다. 또한, 본 출원은 일본국 특허출원 평10-153915에 기초한 것으로서, 이 내용은 인용문으로서 여기에 편입한 것이다.

배경기술

종래, 피검광학계의 파면수차를 측정하는 경우에는, 간섭광학계를 사용하는 방법이 있다. 간섭광학계에 의한 방법은, 측정대상인 피검광학계를 간섭광학계에 넣어 측정하는 것으로, 트와이만·그린형 간섭계, 피조간섭계 등이 알려져 있다. 예를 들어, 트와이만·그린형 간섭계는, 레이저광원에서 나온 광속을 하프미러로 2 분할하고, 일방의 광속은 피검광학계를 투과시키고, 타방의 광속은 참조광으로 한다. 그리고, 피검광학계를 투과한 광과 참조광을 간섭시켜, 그 간섭무늬에서 피검광학계의 수차를 측정하는 것이다.

또한, 피검광학계에서 나온 광의 파면을 측정하는 방법으로서, Shack Hartmann (이하, 샤크·하트만이라고 함) 방식이라고 하는 렌즈 어레이를 사용한 방법이 알려져 있다 (파리티 Vol.05, No.10, 1990-10의 p37~39). 이 샤크·하트만 방식에 의한 파면측정은 천체(天體)로부터의 파면의 흔들림을 측정한 것으로서, 도 9에 나타낸 바와 같이, 먼저 피검광학계 (TL) (여기에서는 망원경을 나타냄)를 투과한 파면 (이하, 피검파면이라고 함)을 콜리메이트 렌즈 (CL)에 의하여 평행광으로 한다. 그리고, 미소한 렌즈 (L')를 2 차원으로 배열한 렌즈 (이하, 2 차원렌즈 어레이라고 함)에 입사시킨다. 여기에서, 피검파면이 이상적인 파면으로부터 편차를 갖고 있으면, 이 편자는 집광위치 검출부 (DET) 상에서 이상적인 파면의 집광위치와 피검파면의 집광위치의 편차로서 나타난다. 이로써, 2 차원 렌즈 어레이의 각 렌즈의 집광점의 위치 편차에 기초하여 파면을 측정하는 것이다.

그러나, 상기 종래 기술에서는, 이하의 문제가 발생한다. 간섭계방식에서는 파면수차를 측정하기 위한 전용 간섭광학계장치가 필요하다. 이 장치는 파장 오더의 간섭을 측정하기 위하여 진동 등의 영향을 받기 쉬우므로, 진동방지대 등도 필요하다. 그래서, 장치가 대형화되고 공간사용 효율이 나빠 문제가 된다.

샤크·하트만방식에 의한 파면측정은, 전술한 바와 같이, 원래 천체에서 나온 파면의 흔들림을 측정하는 것을 주목적으로 하므로, 반도체디바이스 등을 제조하기 위한 투영노광장치에 사용되는 렌즈의 파면수차를 측정할 수 있는 것이 아니었다.

샤크·하트만방식에 의한 파면측정에서는, 고정밀도로 2 차원 렌즈 어레이를 사용하나, 이 렌즈 어레이의 각 정밀도에 편차가 존재하면 집광위치의 검출정밀도도 저하되므로, 파면을 고정밀도로 측정할 수 없을 가능성이 있다.

발명의 상세한 설명

본 발명은, 상기 문제를 감안하여 이루어진 것으로, 소형이면서 제조가 용이하고, 파면수차를 고정밀도로 간편하게 측정할 수 있는 수차측정장치와 측정방법 및 이 장치를 구비한 투영노광장치 그리고 이 방법을 이용한 디바이스 제조방법, 노광방법을 제공하는 것을 목적으로 한다.

상기 목적을 달성하기 위하여, 청구항 제1항에 기재된 발명은, 피검광학계 (PL)를 통과한 광속을 소정면 (IP) 상에 집광시키는 집광렌즈 (L) 와,

상기 개구 조리개 (iris)를 상기 광속의 광축 (AX)과 교차되는 방향으로 이동시키는 이동부 (M) 와,

상기 소정면 상에 있어서의 상기 개구 조리개를 통과한 광속의 일부 집광위치 (P)의 위치 편차를 검출하는 집광위치 검출부 (DET) 와,

상기 집광위치 검출부에서 나온 출력신호에 기초하여 상기 피검광학계의 수차를 산출하는 연산처리부 (PC)를 갖는 것을 특징으로 하는 수차측정장치를 제공한다.

청구항 제2항에 기재된 발명은, 상기 집광렌즈는 상기 광속의 일부를 집광하고, 상기 이동부는 상기 집광렌즈와 상기 개구 조리개를 일체로 하여 상기 광속의 광축과 교차되는 방향으로 이동시키는 것을 특징으로 한다.

청구항 제3항에 기재된 발명은, 마스크 (R)에 형성된 소정의 회로패턴의 이미지를 기판 (WH) 상에 전사하는 투영광학계 (PL)의 수차를 측정하는 수차측정장치에 있어서,

상기 투영광학계에 수차측정용의 광을 사출하는 수차측정 광학계 (PH) 와,

상기 투영광학계를 통과한 수차측정용의 광을 집광하는 복수의 렌즈소자 (L') 와,

상기 복수의 렌즈소자로 집광된 광의 위치를 각각 검출하는 집광위치 검출부 (DET) 와,

상기 집광위치 검출부로 검출된 상기 광의 위치에 기초하여, 상기 투영광학계의 수차를 측정하는 측정부 (PC)를 갖는 것을 특징으로 하는 수차측정장치를 제공한다. 여기에서, 수차측정 광학계는, 후술하게 되는 레티클 또는 스테이지의 핀홀 또는 광을 확산시켜 투과부재 등을 말한다.

청구항 제4항에 기재된 발명은, 상기 수차측정 광학계는, 상기 소정의 회로패턴이 형성된 마스크 (R) 와 거의 동일한 위치에 배치되고, 핀홀패턴을 구비하는 수차측정용 마스크와, 상기 수차측정용 마스크를 조명하는 조명광학계 (1 내지 10) 를 구비하는 것을 특징으로 한다.

청구항 제5항에 기재된 발명은, 상기 조명광학계는, 상기 소정의 회로패턴을 조명하는 조명광학계 (1 내지 10) 인 것을 특징으로 한다.

청구항 제6항에 기재된 발명은, 피검광학계 (PL) 를 통과한 광속을 집광렌즈 (L) 에 의하여 소정면 (IP) 상에 집광시키는 집광공정과,

상기 광속의 일부를 개구 조리개 (AP) 에 의하여 통과시키는 공정과,

상기 개구 조리개를 상기 광속의 광축 (AX) 과 교차되는 방향으로 이동시키는 이동공정과,

상기 소정면 상에 있어서의 상기 개구 조리개를 통과한 광속의 일부의 집광위치 (P) 의 위치 편차를 집광위치 검출부 (DET) 에 의하여 검출하는 집광위치 검출공정과,

상기 집광위치 검출공정에서 얻어진 출력신호에 기초하여 상기 피검광학계의 수차를 산출하는 연산처리 공정으로 이루어지는 것을 특징으로 하는 수차측정방법을 제공한다.

청구항 제7항에 기재된 발명은, 상기 집광공정에서는 상기 광속의 일부를 집광하고, 상기 이동공정에서는 상기 집광렌즈와 상기 개구 조리개를 일체로 하여 상기 광속의 광축과 교차되는 방향으로 이동시키는 것을 특징으로 한다.

청구항 제8항에 기재된 발명은, 마스크 (R) 에 형성된 소정의 회로패턴의 이미지를 기판 (WH) 상에 형성하는 투영광학계 (PL) 의 수차를 측정하는 수차측정방법에 있어서,

상기 투영광학계를 통과한 수차측정용의 광을 복수의 렌즈소자 (L') 로 집광하고,

상기 복수의 렌즈소자로 집광된 광의 위치를 각각 검출하고,

검출된 상기 위치에 기초하여, 상기 투영광학계의 수차를 측정하는 것을 특징으로 하는 수차측정방법을 제공한다.

청구항 제9항에 기재된 발명은, 상기 수차측정용의 광은, 상기 마스크가 배치된 위치와 거의 동일한 위치에 배치된 수차측정용 마스크 상의 핀홀패턴 (PH) 에서 나온 광인 것을 특징으로 한다.

청구항 제10항에 기재된 발명은, 소정의 회로 패턴을 조명하는 조명광학계 (1 내지 10) 와,

조명된 이 회로패턴의 이미지를 기판 (WH) 상에 형성하는 투영광학계 (PL) 와,

이 투영광학계의 수차를 측정하기 위한 청구항 제1항에 기재된 수차측정장치를 갖는 것을 특징으로 하는 투영노광장치를 제공한다.

청구항 제11항에 기재된 발명은, 소정의 회로패턴을 갖는 마스크 (R) 를 조명하는 조명광학계 (1 내지 10) 와,

상기 마스크를 지지하는 스테이지 (11) 와,

조명된 이 회로패턴의 이미지를 기판 상에 형성하는 투영광학계 (PL) 와,

이 투영광학계의 수차를 측정하기 위한 청구항 제1항에 기재된 파면수차 측정장치를 갖고,

상기 스테이지 또는 상기 마스크는 상기 투영광학계에 대하여 수차측정용의 광을 발생시키는 발생부재 (PH) 를 구비하는 것을 특징으로 하는 투영노광장치를 제공한다.

청구항 제12항에 기재된 발명은, 상기 발생부재는, 상기 조명광학계에서 나온 광을 구면파로 변환시키는 핀홀패턴 (PH) 인 것을 특징으로 한다.

청구항 제13항에 기재된 발명은, 상기 발생부재는, 상기 조명광학계에서 나온 광을 확산시켜 투과시키는 투과부재인 것을 특징으로 한다.

청구항 제14항에 기재된 발명은, 마스크 (R) 에 형성된 회로패턴의 이미지를 기판 (WH) 상에 전사하는 투영광학계 (PL) 를 구비하는 투영노광장치에 있어서,

상기 투영광학계에 수차측정용의 광을 사출하는 수차측정 광학계 (PH) 와,

상기 투영광학계를 통과한 상기 수차측정용의 광을 집광하기 위한 복수의 렌즈소자 (L') 와,

상기 복수의 렌즈소자로 집광된 광의 위치를 각각 검출하기 위한 집광위치 검출부 (DET) 를 구비하는 것을 특징으로 하는 투영노광장치를 제공한다.

청구항 제15항에 기재된 발명은, 상기 수차측정 광학계는, 상기 소정의 회로패턴이 형성된 마스크 (R) 와 거의 동일한 위치에 배치되고, 핀홀패턴 (PH) 을 구비한 수차측정용 마스크와, 상기 수차측정용 마스크를 조명하는 조명광학계 (1 내지 10) 를 구비하는 것을 특징으로 한다.

청구항 제16항에 기재된 발명은, 상기 집광위치 검출부에서 나온 검출결과에 기초하여 상기 투영광학계를 구성하는 적어도 하나의 광학부재의 위치를 제어하는 제어부 (LC) 를 갖는 것을 특징으로 한다.

청구항 제17항에 기재된 발명은, 상기 기판을 유지하는 기판 스테이지부 (13) 를 갖고, 상기 복수의 렌즈소자 및 상기 집광위치 검출부의 적어도 일방은, 상기 기판 스테이지부에 탈착가능하게 형성되어 있는 것을 특징으로 한다.

청구항 제18항에 기재된 발명은, 소정의 회로패턴의 이미지를 투영광학계 (PL) 를 사용하여 기판 (WH) 에 전사하는 공정을 포함하는 디바이스 제조방법으로서,

청구항 제6항에 기재된 수차측정방법을 사용하여 상기 투영광학계의 수차를 측정하는 공정을 포함하는 것을 특징으로 하는 디바이스 제조방법을 제공한다.

청구항 제19항에 기재된 발명은, 소정의 패턴회로의 이미지를 투영광학계 (PL) 를 사용하여 기판에 전사하는 공정을 포함하는 디바이스 제조방법으로서,

청구항 제8항에 기재된 수차측정방법을 사용하여 상기 투영광학계의 수차를 측정하는 공정을 포함하는 것을 특징으로 하는 디바이스 제조방법을 제공한다.

청구항 제20항에 기재된 발명은, 상기 소정의 회로패턴을 청구항 제11항에 기재된 투영노광장치에 의하여 상기 기판 상에 투영노광하는 것을 특징으로 하는 노광방법을 제공한다.

청구항 제21항에 기재된 발명은, 소정의 패턴회로의 이미지를 투영광학계 (PL) 를 사용하여 기판 (WH) 에 전사하는 노광방법에 있어서,

상기 기판에 상기 회로패턴을 전사하기 전에,

상기 투영광학계에 수차측정용의 광을 입사하고,

상기 투영광학계를 통과한 수차측정용의 광을 복수의 렌즈소자 (L') 로 집광하고,

상기 복수의 렌즈소자로 집광된 광의 위치를 각각 검출하고,

검출된 상기 광의 위치에 기초하여, 상기 투영광학계의 수차를 측정하고, 측정된 수차에 기초하여, 상기 투영광학계의 수차를 보정하는 것을 특징으로 하는 노광방법을 제공한다.

청구항 제22항에 기재된 발명은, 상기 수차는 상기 투영광학계의 파면수차인 것을 특징으로 한다.

청구항 제23항에 기재된 발명은, 마스크 (R) 에 형성된 패턴의 이미지를 기판 (WH) 상에 전사하는 투영광학계 (PL) 를 구비한 노광장치에 있어서, 청구항 제3항에 기재된 수차측정장치를 탈착가능하게 유지하는 유지기구를 구비하는 것을 특징으로 한다.

청구항 제24항에 기재된 발명은, 상기 유지기구는, 상기 수차측정 광학계를 유지하는 제 1 유지부재 (11) 와,

상기 복수의 렌즈소자, 상기 집광위치 검출부 및 상기 측정부를 구비한 측정유니트 (UT') 를 유지하는 제 2 유지부재 (12, 13) 를 갖는 것을 특징으로 한다.

청구항 제25항에 기재된 발명은, 상기 제 1 유지부재는, 상기 마스크를 유지하는 마스크 스테이지 (11) 이고,

상기 제 2 유지부재는, 상기 기판을 유지하는 기판 스테이지 (13) 인 것을 특징으로 한다.

청구항 제26항에 기재된 발명은, 상기 수차측정 광학계는, 수차측정용의 핀홀패턴 (PH) 이 형성된 측정용 마스크 (R) 인 것을 특징으로 한다.

청구항 제27항에 기재된 발명은, 마스크 (R) 에 형성된 패턴의 이미지를 기판 (WH) 상에 전사하는 투영광학계 (PL) 의 수차를 측정하는 수차측정장치에 있어서,

상기 마스크를 유지하는 마스크 스테이지 (11), 상기 투영광학계 및 상기 기판을 유지하는 기판 스테이지 (13) 를 구비하는 노광장치에 탈착가능하게 형성된 측정유니트 (UT') 를 갖고,

상기 측정유니트는, 상기 투영광학계를 통과한 수차측정용의 광을 집광하는 복수의 렌즈소자 (L') 와, 상기 렌즈소자로 집광된 광의 위치를 각각 검출하는 집광위치 검출부 (DET) 와, 상기 집광위치 검출부로 검출된 상기 광의 위치에 기초하여, 상기 투영광학계의 수차를 측정하는 측정부 (PC) 를 구비하는 것을 특징으로 하는 수차측정장치를 제공한다.

청구항 제28항에 기재된 발명은, 상기 투영광학계에 수차측정용의 광을 사출하는 수차측정 광학계 (PH) 를 갖고,

상기 측정유니트는, 상기 기판 스테이지에 탈착가능하게 유지되고,

상기 수차측정 광학계는, 상기 마스크 스테이지에 형성되는 것을 특징으로 한다.

청구항 제29항에 기재된 발명은, 마스크 (R) 에 형성된 패턴의 이미지를 기판 (WH) 상에 전사하는 노광장치가 구비된 투영광학계 (PL) 의 수차측정방법에 있어서,

상기 마스크와 거의 동일한 위치에, 수차측정용의 광을 상기 투영광학계에 사출하는 수차측정 광학계 (PH) 를 배치하고, 상기 기판을 유지하는 기판 스테이지 (13) 에, 상기 투영광학계를 통과한 수차측정용의 광을 집광하는 복수의 렌즈소자 (L') 와, 상기 렌즈소자로 집광된 광의 위치를 각각 검출하는 집광위치 검출부 (DET) 와, 상기 집광위치 검출부에서 검출된 상기 광의 위치에 기초하여, 상기 투영광학계의 수차를 측정하는 측정부 (PC) 를 구비하는 측정유니트 (UT') 를 장착한 것을 특징으로 하는 수차측정방법을 제공한다.

청구항 제30항에 기재된 발명은, 상기 투영광학계에 수차측정용의 광을 검출한 후, 상기 수차측정용 광학계를 떼어내고,

상기 투영광학계의 수차를 측정한 후, 상기 측정유니트를 상기 기판 스테이지에서 떼어내는 것을 특징으

로 한다.

청구항 제31항에 기재된 발명은, 소정의 회로패턴의 이미지를 투영광학계 (PL) 를 사용하여 기판 (WH) 에 전사하는 노광방법에 있어서,

상기 기판에 상기 회로패턴을 전사하기 전에, 청구항 제29항에 기재된 수차측정방법을 사용하여, 상기 투영광학계의 수차를 측정하는 것을 특징으로 한다.

청구항 제32항에 기재된 발명은, 소정의 회로패턴의 이미지를 투영광학계 (PL) 를 사용하여 기판 (WH) 에 전사하는 공정을 포함하는 디바이스 제조방법에 있어서,

상기 기판에 상기 회로패턴을 전사하기 전에, 청구항 제29항에 기재된 수차측정방법을 사용하여, 상기 투영광학계의 수차를 측정하는 공정을 포함하는 것을 특징으로 한다.

도면의 간단한 설명

도 1 은, 본 발명의 제 1 실시형태에 관련되는 파면수차 측정장치를 사용한 투영광학장치의 구성을 나타내는 도면,

도 2 는, 도 1 에 나타낸 투영광학장치의 스테이지 균방의 확대도,

도 3 은, 본 발명의 실시형태에 관련되는 파면수차 측정장치의 구성을 나타내는 도면,

도 4a, 4b 는, 본 발명의 실시형태에 관련되는 파면수차 측정장치의 변형예의 구성을 나타내는 도면,

도 5a, 5b, 5c 는, 측정위치에 의하여 집광점 (P) 의 위치가 변화하는 모습을 나타내는 도면,

도 6 은, 피검파면 (W) 과 파면의 경사 (W') 의 관계를 나타내는 개략도,

도 7 은, 본 발명의 제 2 실시형태에 관련되는 투영광학장치의 스테이지 균방의 구성을 나타내는 도면,

도 8 은, 본 발명의 제 3 실시형태에 관련되는 투영광학장치의 스테이지 균방의 구성을 나타내는 도면,

도 9 는, 종래의 파면수차 측정장치의 구성을 나타내는 도면이다.

실시예

이하에서 첨부 도면에 기초하여 본 발명의 실시형태를 설명하기로 한다.

(제 1 실시형태)

도 1 은, 후술하게 되는 파면수차 측정장치 유니트 (UT) 가 탈착될 수 있는 투영노광장치의 구성을 나타내는 도면이다. 이 투영노광장치에 의하여, 회로패턴이 형성된 반도체 디바이스가 제작된다. 이 투영노광장치의 개략을 설명하기로 한다. 레이저광원 (1) 에서 나온 광속 (LBO) 은, 빔 정형 광학계 (2) 에 의하여 빔 정형되고, 거의 평행인 레이저빔이 된 LB1 은, 간섭무늬를 평균화하는 간섭무늬 저감부 (4) 를 거쳐 플라이 아이 렌즈 (5) 에 입사된다. 간섭무늬 저감부는, 레티클 상에서의 조도 균일성을 높이는 것으로서, 그 원리는 본 출원인에 의한 일본 공개특허공보 소59-226317 호에 개시되어 있다. 플라이 아이 렌즈 (5) 를 사출한 레이저빔 (IL2) 은, 제 1 월레이렌즈 (7A) 를 통하여 시야 조리개 (8) 에 입사된다. 레이저빔 (IL2) 의 단면형상은 시야 조리개 (8) 에 의하여 정형된다. 시야 조리개 (8) 는 레티클 (R) 의 패턴형성면 및 웨이퍼 (WH) 의 노광면과 공액 위치에 배치되어 있다. 시야 조리개 (8) 에서 사출된 레이저빔 (IL2) 은, 제 2 월레이렌즈 (7B), 미러 (9), 콘덴서렌즈 (10) 를 거쳐 회로패턴이 형성된 레티클 (R)(마스크) 을 조명한다. 레티클 (R) 은 스테이지 (11) 상에 놓여지고, 주제어계 (16) 에서 나온 지령에 기초하여, 레티클 스테이지 제어부 (21) 가 레티클 스테이지 (11) 를 구동한다. 그리고, 조명된 레티클 (R) 의 패턴의 이미지가, 투영광학계 (PL) 에 의하여 기판인 웨이퍼 (WH) 상에 형성된다. 레티클 (R) 을 여러갓로 교환함으로써, 웨이퍼 (WH) 상에 여러갓 패턴이 순차적으로 형성되어 반도체 디바이스가 작성된다. 웨이퍼 (WH) 는 웨이퍼 스테이지 (13) 상의 웨이퍼 훌더 (12) 에 진공착되어 있다. 또한, 웨이퍼 스테이지 제어부 (22) 는 이 스테이지 (13) 를 고정밀도로 위치 결정하면서 구동 제어한다. 또한, 입출력장치 (24) 는 투영노광장치 본체와 오퍼레이터와의 맨 머신 인터페이스 (man machine interface) 이다. 도 2 는, 본 투영광학장치의 스테이지 균방을 확대한 도면이다. 파면 수차 측정장치의 유니트 (UT) 를 스테이지 (13) 상에 웨이퍼 훌더 (12) 를 통하여 놓는다. 유니트 (UT) 를 웨이퍼 훌더 (12) 에 놓을 때, 투영렌즈 (PL) 와 웨이퍼 훌더 (12) 와의 간격을 넓히기 위하여 스테이지 (13) 를 -Z 방향으로 구동시킨다. 다음으로, 유니트 (UT)(여기에서는 유니트 (UT) 중의 콜리메이트 렌즈 (CL) 가 투영렌즈 (PL) 에 대향하도록, 스테이지 제어부 (22) 로 스테이지 (13) 를 X, Y 방향으로 구동시킨다. 또한, 여기에서는 파면수차를 측정하는 피검광학계로서 투영렌즈 (PL) 를 사용하고 있다. 여기에서는, 파면수차를 측정하는 피검광학계로서 투영렌즈 (PL) 를 사용하고 있다. 이렇게, 유니트 (UT) 를 투영렌즈 (PL) 에 대향시킨 상태에서, 투영렌즈 (PL) 의 파면수차를 측정한다.

도 3 은 본 발명의 제 1 실시형태에 관련되는 파면수차 측정장치 유니트 (UT) 의 구성을 개략적으로 나타낸 도면이다. 투영렌즈 (PL) 의 파면수차를 본 발명의 파면수차 측정장치 유니트 (UT) 를 사용하여 측정하는 구체적인 구성을 설명하기로 한다. 또한, 파면수차 측정유니트 (UT) 는 전술한 바와 같이 스테이지 (13) 상의 웨이퍼 훌더 (12) 에 놓는다. 투영렌즈 (PL) 의 파면을 측정할 때, 파면수차 계측용의 광으로서, 파면이 구면파의 광을 투영렌즈 (PL) 에 입사시킨다. 이 구면파의 광은, 레티클 (R) 이 배치된 위치 (투영광학계의 물체면) 에 핀홀패턴을 구비한 마스크를 배치하고, 이 마스크를 레이저빔 (IL2) 으로 조명함으로써 핀홀패턴에서 발생시킬 수 있다. 이 마스크가 수차측정용 광학계를 구성한다. 그리고, 핀홀패턴을 대신하여, 점광원을 사용할 수도 있다. 또한, 마스크를 조명

하는 레이저빔으로서, 본 실시형태에서는 노광광원을 사용하고 있는데, 다른 광원 및 조명광학계를 별도로 형성할 수도 있다. 이 구면파의 광은, 투영렌즈 (PL) 를 입사시키고, 투영렌즈 (PL) 에서 사출된다. 투영렌즈 (PL) 에서 사출된 광은, 콜리메이트 렌즈 (CL) 로 평행광으로 한다. 그리고, 집광렌즈 (L) 로 이 평행광을 집광하고, 렌즈 (L) 의 배후에 배치된 개구 조리개인 애퍼처 (AP) 로 일부만을 통과시킨다. 애퍼처 (AP) 를 통과시킨 일부의 광속은 2 차원 CCD 과 같은 집광위치 검출부 (DET) 의 활상면 (IP) 상에 집광점 (P) 으로서 집광된다. 집광점 (P) 의 검출은, 2 차원 CCD 에 한정되지 않고, 1 차원 CCD 를 사용하여 주사하는 것, 또는 1 차원 CCD 를 회전하는 것, 그리고 단독 광센서를 사용하여 2 차원 주사함으로써 검출할 수도 있다. 여기에서, 투영렌즈 (PL) 에 수차가 존재하는 경우에는, 투영렌즈 (PL) 에 수차가 없는 경우와 비교하여, 집광점 (P) 의 위치가 상이하다. 즉, 투영렌즈 (PL) 에 수차가 없는 이상적인 집광점에 대하여, 투영렌즈 (PL) 에 수차가 존재할 때의 집광점 위치가 CCD 면상에서 가로로 편차를 보인다. 그리고, 이동부 (M) 는, 콜리메이트 렌즈 (CL), 집광렌즈 (L) 와 집광위치 검출부 (DET) 의 상호 위치관계를 유지한 상태에서, 피검파면 전체를 주사하도록 애퍼처 (AP) 를 이동시킨다. 이러한 경우에, 집광렌즈 (L), 애퍼처 (AP) 및 검출부 (DET) 는 일체의 유니트 (UT) 내에 수납되어 있는 것이 바람직하다. 또한, 투영렌즈 (PL) 를 투과한 광의 집광위치, 즉 활상면 (IP) 은 웨이퍼 (WH) 의 면과 공액한다. 나아가, 파면수차 측정유니트는, 핀홀패턴이 형성된 마스크 또는 점광원과 렌즈 (L) 와 집광위치 검출부 (DET) 를 포함하는 구성을 말한다.

이와 같이, 이동부 (M) 에 의하여, 콜리메이트 렌즈 (CL), 집광렌즈 (L), 집광위치 검출부 (DET) 의 상호관계를 유지한 상태에서, 피검파면 전체를 주사하도록 애퍼처 (AP) 를 이동시킴으로써, 피검파면 전체에서 투영렌즈 (PL) 에 수차가 없는 이상적인 집광점과, 투영렌즈 (PL) 에 수차가 존재할 때의 집광점과의 CCD 면상에서의 가로로 편차가 나는 것을 검출할 수 있다.

또한, 제 1 실시형태에서는, 피검파면의 중앙부분 (광축 (AX) 근방의 광속) 을 집광할 때에는 집광렌즈 (L) 의 중심부분을 사용하고, 피검파면의 주변부분 (주변의 광속) 을 집광할 때에는 집광렌즈 (L) 의 주변 부분을 사용하고 있다. 이렇게, 집광렌즈 (L) 를 사용하는 부분이 상이하므로, 이 렌즈 (L) 가 수차를 갖는 경우, 이 수차가 측정결과에 영향을 줄 우려가 있다. 그래서, 집광렌즈 (L) 의 수차에 의한 영향을 저감시키기 위하여, 집광렌즈 (L) 와, 애퍼처 (AP) 와의 상호 위치관계를 유지한 상태에서, 콜리메이트 렌즈 (CL), 검출부 (DET) 에 대하여 이동시키는 것이 바람직하다. 단, 집광렌즈 (L) 로서, 도 4a 에 나타낸 바와 같이, 피검파면의 일부의 광속을 집광시키는 소구경 렌즈 (I) 를 사용하는 것이 더욱 바람직하다. 이러한 소구경 렌즈 (I) 를 사용하는 경우에는, 이 렌즈 (I) 를 피검파면 전체를 주사하도록 이동부 (M) 에 의하여 이동시킨다.

도 4b 에서는, 도 4a 의 변형예로서, 유니트 (UT) 내에 수납된 렌즈 (L), 애퍼처 (AP) 및 검출부 (DET) 가 상호의 위치관계를 유지한 채, 피검파면 전체를 주사하는 구조이다. 렌즈 (L), 애퍼처 (AP) 및 검출부 (DET) 에 의하여, 측정계 (S) 가 구성되고, 측정계 (S) 가 유니트 (UT) 내에서 이동부 (M) 에 의하여 이동한다. 이 구조에서는, 도 4a 의 검출부 (DET) 에 대하여 소형화할 수 있다.

다음으로, 집광위치 검출부 (DET) 에서 나온 출력신호에 기초하여, 피검광학계의 수차를 산출하는 순서에 대하여 설명하기로 한다. 파면수차 측정장치로서, 도 4b 에 나타낸 구조를 사용한 경우에 대하여 설명하기로 한다. 도 5a, 5b, 5c 는, 피검파면의 임의의 영역내의 3 점의 측정결과, 즉 측정계 (S) 를 3 점 이동시킨 경우의 각각의 검출부 (DET) 상의 집광점 (P) 의 변화 모양을 나타내고 있다. 여기에서, 활상면 (IP) 의 평면을 X-Y 평면으로 하고 있다. 피검파면이 이상적인 파면, 즉 무수자의 파면 (구면파) 이면, 측정계 (S) 를 피검파면 내의 어느 곳으로 이동시켜도 집광점 (P) 은 검출부 (DET) 의 중심 (0) 에 있다. 그러나, 실제의 피검파면은 수차, 즉 이상적인 파면에서의 편차 (파면의 경사) 를 갖고 있다. 따라서, 도 5a, 5b, 5c 에 나타낸 바와 같이, 각 집광점에 의하여 그 점에서의 이 편차가 검출부 (DET) 상의 집광점 (p) 의 위치 변화 (가로 편차) 가 되어 나타난다. 집광점 (p) 의 중심에서의 위치 편차는 측정점에 있어서의 피검파면의 미분 정보에 대응한 것으로서, 이동 때마다의 각 측정점에 있어서의 집광점 (P) 의 위치 편차에서 얻어지는 값을 피검파면 전체에 대하여 순차적으로 적분시키면 검파광학계의 수차를 산출할 수 있다. 이러한 산출순서의 개념을 도 6 에 나타낸다. 도 6 은 화살표 방향을 향하여, 순차적으로 측정계 (S) 를 이동시키고, 각 이동점에서 순차적으로 측정하는 모습을 나타내는 것이다. 전술한 바와 같이, 각 측정점에서의 파면 (W') 의 경사에 의한 집광점 (P) 의 편차량을, 순차적으로 연산처리장치 (PC) 를 사용하여 적분함으로써, 피검파면 (W) 을 산출할 수 있으므로, 피검광학계의 수차를 구할 수 있다.

도 4a 의 구조를 사용하여, 피검광학계의 수차를 측정하는 경우에는, 활상면 (IP) 상에 복수의 활상영역을 설정하고, 각 활상영역에 대하여 이동부 (M) 에 의하여 렌즈 (L) 및 애퍼처 (AP) 를 위치결정한다. 피검파면이 이상적인 파면일 때 렌즈 (L) 가 집광하는 활상영역의 중심에 대하여, 실제의 피검파면에서는 렌즈 (L) 가 집광하는 집광점의 위치의 변화가 검출된다. 이 위치의 변화량을 검출함으로써 수차를 측정할 수 있다. 또한, 피검파면 (W) 의 산출은 전술한 바와 동일하다.

이렇게, 투영광학계 (PL) 에 의한 결상면 중, 1 점에 있어서, 이상적인 파면의 각 집광점에 대한 피검파면의 각 집광점의 위치 편차를 측정함으로써, 투영렌즈 (PL) 의 수차로서 구면수차 또는 비점수차를 구할 수 있다.

또한, 유니트 (UT) 가 투영렌즈 (PL) 에 의한 결상면의 복수점으로 이동하도록 스테이지 제어부 (22) 로 스테이지 (13) 를 구동한다. 그리고, 투영렌즈 (PL) 의 결상면내에서의 복수점의 각각에 있어서, 유니트 (UT) 내의 렌즈 (L) 및 애퍼처 (AP), 또는 측정계 (S) 가 피검파면 전체를 주사하도록 이동부 (M) 를 제어한다. 이로써, 결상면 내에서의 복수점의 각각에 있어서, 이상적인 파면의 각 집광점에 대한 피검파면의 각 집광점의 위치 편차를 측정할 수 있고, 투영렌즈 (PL) 의 수차로서, 코마 (coma) 수차, 상면 (像面) 의 만곡, 디스토션 (distortion), 비점수차 (非点收差) 를 구할 수 있다.

또한 상기 제 1 실시형태에서는, 피검파면을 평행광으로 하기 위하여 콜리메이트 렌즈 (CL) 를 유니트 (UT) 에 편입하고 있는데, 콜리메이트 렌즈 (CL) 를 유니트 (UT) 와는 상이한 유니트에 형성할 수도 있

다. 나아가, 콜리메이트 렌즈 (CL) 를 사용하지 않고, 피검광학계 (PL) 를 투과한 구면파의 광을 그대로 본 장치로 측정할 수도 있는 것은 말할 것도 없다.

이렇게, 유니트 (UT) 를 스테이지 (13) 의 웨이퍼 훌더 (12) 상에 놓고, 유니트 (UT) 내의 렌즈 (L) 및 애퍼처 (AP), 또는 측정계 (S) 를 이동부 (M) 에 의하여 구동시킴으로써, 간편하게 투영광학계 (PL) 의 파면 수차를 측정할 수 있다. 투영광학계 (PL) 의 파면 수차를 측정한 후에는, 수차측정 광학계 (측정용 마스크) 를 스테이지에서 떼어냄과 동시에, 유니트 (UT) 를 스테이지 (13) 에서 떼어낸다. 스테이지 (13) 에서 유니트 (UT) 를 떼어냄으로써, 노광시에 사용할 때의 스테이지 (13) 가 경량화된다. 또한, 투영노광장치 상에서, 노광광원을 사용하여 측정할 수 있으므로 장치가 소형으로 된다. 나아가, 별도의 간섭계를 사용하여 측정하는 경우와 비교하여 공간적 장소를 필요로 하지 않고, 또한 렌즈로서 단일한 렌즈를 사용하므로 고정밀도로 수차를 측정할 수 있다. 부가적으로, 투영광학장치의 스테이지 (13) 상에 본 파면수차 측정유니트를 탑재시킨 상태에서, 이 측정결과에 기초하여 투영렌즈 (PL) 를 조정할 수 있다. 이때, 자동렌즈 조정수단 등과 조합하면, 파면수차의 측정결과를 이 자동렌즈 조정수단 등으로 피드백시켜, 렌즈 간격을 조정할 수 있다. 자동렌즈 조정수단은, 각 수차에 따라서, 투영렌즈 (PL) 를 구성하는 적어도 하나의 렌즈소자를 광축방향으로 미소하게 이동시키고, 렌즈소자의 간격을 변경하는 이동기구 또는 렌즈소자간의 공기의 압력을 조정하는 압력조정기구 등을 들 수 있다. 이로써, 자동적으로 투영광학계의 파면수차를 수정할 수 있고, 결상 특성을 향상시킬 수 있다.

(제 2 실시형태)

도 7 은, 제 2 실시형태에 관련되는 투영노광장치의 스테이지 근방의 개략적인 구성을 설명하는 도면이다. 본 실시형태에 있어서, 제 1 실시형태에 관련되는 투영노광장치의 구성과 동일한 부분에는 동일 부호를 붙이고, 또한 중복되는 부분의 구성도와 그 설명은 생략한다.

상기 제 1 실시형태에서는, 투영렌즈 (PL) 의 파면수차 측정을 노광장치 상에서 노광광원을 사용하여 행할 수 있다. 이때, 레티클 (R) 의 위치에 점광원, 즉 핀홀을 구비한 투영렌즈 수차측정용의 레티클을 사용하는 것이 바람직하다. 따라서, 노광광원에서 나온 레이저빔 (IL2) 은, 레티클 (R) 의 핀홀에 의하여 구면파로 이루어지는 광으로 변환된다. 여기에서, 투영렌즈 (PL) 의 파면수차의 측정정밀도를 향상시키기 위해서는, 핀홀 직경을 작게 하고, 핀홀에서 발생되는 구면파를 이상적인 구면파에 가깝게 하면 되나, 핀홀 직경이 작아지면 투과광원이 감소하고, 활상면에서 콘트라스트가 감소하므로 측정시간이 걸리게 된다. 또한, 투영렌즈의 파면수차를 측정할 때에는, 핀홀을 구비한 투영렌즈 수차측정용의 레티클을 사용하고, 통상의 패턴노광을 할 때에는 노광용 레티클을 사용하면, 수차측정 또는 패턴노광을 할 때마다, 레티클 스테이지에 레티클을 다시 놓고, 위치정합을 행하는 등의 필요가 있으므로, 스루풋의 저하를 초래할 우려가 있다.

본 실시형태에 관련되는 투영노광장치는, 상기 문제를 감안하여 이루어진 것으로, 도 7 에 나타낸 바와 같이, 예를 들어 레티클 스테이지 (11) 가 투영렌즈 파면수차 측정용의 핀홀 (PH) 을 갖고 있다.

회로패턴이 형성된 레티클 (R) 을 사용하여 반도체 디바이스를 제조하는 순서는, 상기 제 1 실시형태에서 기술한 순서와 동일하므로 그 설명은 생략하기로 한다. 다음으로, 투영렌즈 (PL) 의 파면수차를 측정하는 순서에 대하여 설명하기로 한다. 투영렌즈 (PL) 의 파면수차를 측정할 때에는, 레티클 스테이지 제어부 (21) 가 회로패턴이 형성된 레티클 (R) 을 놓은 상태의 레티클 스테이지 (11) 를 구동시켜, 핀홀 (PH) 을 광축 (AX) 상으로 이동시키고, 핀홀에서 나온 광의 점광원으로서 수차측정을 행한다. 먼저, 파면수차 측정장치의 유니트 (UT)(유니트의 구성은 상기 실시형태와 동일함) 가 스테이지 (13) 상에 웨이퍼 훌더 (12) 를 통하여 놓인다. 다음으로, 유니트 (UT) 내의 렌즈 (L) 및 애퍼처 (AP), 또는 측정계 (S) 가 집광렌즈 (L) 에서의 피검파면 전체를 주사하도록, 이동부 (M) 가 렌즈 (L) 및 애퍼처 (AP), 또는 측정계 (S) 를 구동한다. 전술한 바와 같이, 피검파면의 각 집광점의 위치 편차를 구하고, 연산처리장치 (PC) 에서 전술한 바와 같은 적분연산을 행한다. 여기에서, 투영렌즈 (PL) 를 투과한 광의 집광위치는 웨이퍼 (WH) 면과 공액한다. 그리고, 얹어진 투영렌즈 (PL) 의 파면수차 정보 (코마 수차, 비점 수차, 구면수차 등) 를 렌즈제어부 (LC) 로 피드백 시킨다. 렌즈제어부 (LC) 는, 파면수차 정보에 기초하여 투영렌즈 (PL) 를 구성하는 각 렌즈소자의 간격, 또는 그 간격의 공기 압력을 조정함으로써, 투영렌즈 (PL) 를 투과한 파면의 수차량을 소정 범위 내로 억제한다. 또한, 유니트 (UT) 는 웨이퍼 훌더 (12) 또는 스테이지 (13) 상에 직접적으로 탈착가능하게 형성되어 있을 수 있고, 또는 스테이지 (13) 에 편입되어 있는 구성, 나아가서는 스테이지 (13) 의 측면에 탈착가능하게 형성되는 있는 구성일 수도 있다.

또한, 본 실시형태에서는, 레티클 스테이지에 형성된 핀홀을 통과한 광을 광원으로 사용하였으나, 여기에 한정되는 것이 아니라, 레티클 스테이지에 광원 (1) 에서 나온 광을 확산시켜 투과시키는 영역, 이를 바레온스킨 상태로 형성되어 있는 영역을 형성하고, 이 레온스킨 영역을 투과한 광을 파면수차측정용의 광원으로도 할 수도 있다. 레온스킨 영역은, 불투명한 유리 형상의 확산판과 동일하게 투과광을 확산시키는 기능을 갖고 있고, 이 영역을 투과한 광은, 복수의 점광원에서 발해진 다수의 구면파로 이루어지는 거의 평행광으로 간주할 수 있다. 또한 핀홀 또는 레온스킨 영역은 레티클 스테이지에 형성되어 있는 경우에 한정되지 않고, 제 1 실시형태와 동일하게 레티클에 형성되어 있을 수도 있다.

전술한 바와 같이, 핀홀 직경을 작게 하면, 투과광량이 감소하므로 측정시간은 길어지나, 측정정밀도를 높일 수 있다. 반대로, 핀홀 직경을 크게 하면, 핀홀에서 발생하는 구면파의 형상이 이상적인 구면파에서 멀어지고 측정정밀도가 낮아지나, 투과광량이 증가하므로 측정시간은 짧게 할 수 있다. 그래서, 레티클 스테이지 (11) 또는 레티클 (R) 에 복수의 크기의 핀홀을 형성해 놓고, 목적하는 측정정밀도에 의하여 택일적으로 선택하여 사용하는 것이 바람직하다. 예를 들어, 투영노광장치의 세팅이 이미 완료되고, 회로패턴노광이 순차적으로 이루어지는 경우에는, 투영렌즈의 광학특성 (배율 또는 초점위치 등의 결상특성 또는 투과율의 변동) 등의 경시변화를 측정하는 것이 주목적으로 되므로, 투영렌즈를 소정 회수만큼 광이 투과했을 때 적당한 정밀도로, 그리고 단시간에 파면을 측정하는 것이 바람직하다. 또한, 투영렌즈 또는 투영렌즈를 구성하는 적어도 하나의 렌즈소자를 다른 렌즈로 교환하는 경우, 광원

파장을 변화시킨 경우 등에는, 시간을 들어 고정밀도의 파면측정을 행하는 것이 바람직하다. 이렇게 복수의 크기의 핀홀을 형성해 놓음으로써, 목적별로 최적 크기의 핀홀을 용이하게 선택할 수 있다. 또한 본 실시형태에서는, 레티클 스테이지를 조명하는 레이저빔으로서 노광광원을 사용하고 있는데, 다른 광원 및 다른 조명광학계를 별도로 형성할 수도 있다.

(제 3 실시형태)

도 8은, 제 3 실시형태에 관련되는 투영노광장치의 스테이지 근방의 개략적인 구성을 나타내는 도면이다. 본 실시형태에 있어서, 제 1 실시형태에 관련되는 투영노광장치의 구성과 동일한 부분에는 동일한 부호를 붙이고, 또한 중복되는 부분의 구성도와 그 설명은 생략한다.

회로패턴이 형성된 레티클 (R)을 사용하여 반도체 디바이스를 제조하는 순서는, 상기 제 1 실시형태에서 기재된 순서와 동일하므로 그 설명은 생략하기로 한다. 다음으로, 투영렌즈 (PL)의 파면수차를 측정하는 순서를 설명하기로 한다.

웨이퍼 스테이지 제어부 (22)는, 스테이지 (13)의 측면에 탈착기구 (D)를 통하여 탈착가능하게 형성된 수차측정유니트 (UT')에 투영렌즈 (PL)로부터 나온 투과파면이 입사하도록, 웨이퍼 스테이지 (13)를 구동 제어한다. 수차측정유니트 (UT')는, 투영광학계 (PL)를 통과한 핀홀 (PH)에서 발생한 구면파로 이루어지는 광을 집광하기 위한 복수의 렌즈소자 (L')을 2 차원으로 배열한 2 차원 렌즈 어레이와, 복수의 렌즈소자 (L')로 집광된 광의 위치를 각각 검출하기 위한 집광위치 검출부 (DET)로 구성되어 있다. 또한, 상기 제 1 실시형태와 마찬가지로 파면수차 측정유니트란, 핀홀 (PH)과 패턴이 형성된 마스크와 2 차원 렌즈 어레이 (L')와 집광위치 검출부 (DET)를 포함하는 구성을 말한다.

또한, 상기 실시형태에서 기술한 바와 같이, 핀홀에 한하지 않고, 레티클 스테이지 (11) 또는 레티클 (R)이, 핀홀과 레몬스킨 영역의 어느 하나를 갖고 있는 것이 바람직하다. 더욱 상세하게는, 크기가 상이한 복수의 핀홀을 구비하고 있고, 상기 제 2 실시형태와 마찬가지로 측정 목적에 따라서 적절히 핀홀을 선택할 수 있는 것이 바람직하다. 이렇게, 핀홀과 레몬스킨 영역의 어느 하나를 갖는 스테이지 또는 레티클이 수차측정 광학계를 구성한다.

투영광학계 (PL)를 투과한 광은, 콜리메이트 렌즈 (CL)로 평행광으로 변환된다. 그리고, 미소한 렌즈 (L')를 2 차원으로 배열한 2 차원 렌즈 어레이에 입사된다. 입사된 광의 피검파면이 이상적인 파면, 즉 투영렌즈에 수차가 없는 경우의 파면에서 편차를 갖고 있으면, 이 편차는 집광위치 검출부 (DET) 상에서 이상적인 파면의 집광위치에 대하여 피검파면의 집광위치가 위치 편차로서 나타난다. 연산처리부 (PC)는, 2 차원 렌즈 어레이의 개개의 렌즈 (L')의 집광점의 위치 편차에 기초하여 투영렌즈 (PL)의 파면수차를 연산한다.

이렇게, 투영렌즈 (PL)에 의한 결상면 중, 한 점에 있어서, 이상적인 파면의 각 집광점에 대한 파검파면의 각 측정점의 위치 편차를 측정함으로써, 투영렌즈 (PL)의 수차로서, 구면수차 또는 비점 수차를 구할 수 있다. 또한 유니트 (UT)가 투영렌즈 (PL)에 의한 결상면의 복수점으로 이동하도록 스테이지 제어부 (22)로 스테이지 (13)를 구동한다. 그리고, 투영렌즈 (PL)의 결상면 내에서의 복수점의 각각에 있어서, 이상적인 파면의 각 집광점에 대한 피검파면의 각 측정점의 위치 편차를 측정하고, 이를 각 측정결과에서, 투영렌즈 (PL)의 수차로서 코마 수차, 상면의 만곡, 디스토션, 비점 수차를 구할 수 있다.

그리고, 얻어진 투영렌즈 (PL)의 코마 수차, 상면의 만곡, 디스토션, 비점 수차 등의 파면수차 정보를 렌즈제어부 (LC)에 피드백시킨다. 렌즈제어부 (LC)는, 이 파면수차 정보에 기초하여 투영렌즈 (PL)를 구성하는 각 렌즈소자의 간격 또는 그 간격의 공기 압력을 조정함으로써, 투영렌즈 (PL)를 투과한 파면의 수차량을 소정 범위 내로 억제한다. 또한, 유니트 (UT')는 웨이퍼 헤더 (12) 또는 스테이지 (13) 상에 탈착가능하게 형성되어 있을 수 있고, 또는 스테이지 (13)에 편입되어 있는 구성, 나아가서는 스테이지 (13) 근방에 형성되어 있는 구성일 수도 있다.

또한, 상기 각 실시형태에서는, 집광위치 검출부 (DET)의 측정 분해능과, 이동부 (M) 또는 웨이퍼 스테이지 (13)의 위치제어 정밀도를 높임으로써, 투영렌즈 (PL)의 수차측정 정밀도를 향상시킬 수 있다. 예를 들어, 집광위치 검출부의 검출 분해능이 $10 \sim 20 \mu\text{m}$ 인 경우에는, $5 \text{ mm} \times 5 \text{ mm}$ 의 영역을 노광하는 투영노광장치에서는 웨이퍼 스테이지 (13)를 1 mm 피치로 제어하면 충분하다.

또한, 제 1 실시형태에 있어서, 애퍼처 (AP)의 개구면적을 가변적으로 할 수도 있다. 이때, 개구부를 좁히는 것이 분해능이 향상되므로, 측정정밀도가 높아진다.

각 실시형태는 필요에 따라서 조합할 수도 있다. 각 실시형태에서 파면수차 측정장치를 스테이지 (13)에 탈착할 수 있도록 구성하였다. 이때 이 탈착기구로는, 스테이지 (13)에 노치부를 형성하고, 그 노치부에 걸리는 계지부를 측정장치에 형성하여 탈착가능하게 할 수도 있다. 그리고, 측정장치를 스테이지 (13)에 탈착가능하게 했을 때, 측정장치 전체 대신에, 그 일부, 예를 들어 콜리메이트 렌즈 (CL), 렌즈 (L)를 탈착가능하게 하고, 검출부 (DET)를 스테이지 (13)에 고정시킬 수도 있다. 또한, 반대로 예를 들어 콜리메이트 렌즈 (CL), 렌즈 (L)를 스테이지 (13)에 고정시키고, 검출부 (DET)를 탈착가능하게 할 수도 있다.

각 실시형태에서는, 투영렌즈 (PL)의 파면수차를 노광장치에 편입시킨 상태에서 측정하였으나, 노광장치에 편입하기 전에 측정할 수도 있다. 파면수차를 측정하는 타이밍은, 웨이퍼 교환 때마다, 레티클 교환 때마다, 또는 미리 설정한 소정 시간마다 등 어느 한 것일 수도 있고, 그 이외의 타이밍일 수도 있다. 이 때의 측정정밀도를 선택할 수 있는 것은 전술한 바와 같다. 또한, 각 실시형태에서는, 수차를 측정하는 광원으로서 노광광원을 사용하였으나, 별도의 광원을 사용할 수도 있다. 노광광원으로는, g 선 (436 nm), i 선 (365 nm), KrF 액시머레이저 (248 nm), ArF 액시머레이저 (193 nm), F₂ 레이저 (157 nm) 또는, 금속 증기레이저 또는 YAG 레이저의 고조파를 사용할 수도 있다.

또한, 본 실시형태의 노광장치로서, 마스크와 기판을 동기 이동하여 마스크의 패턴을 노광하는 주사형의 노광장치 (USP 5,473,410), 또는 마스크와 기판을 정지시킨 상태에서 마스크의 패턴을 노광하고, 기판을 순차적으로 스텝 이동시키는 스텝·앤드·리피트형의 노광장치에 적용할 수 있다. 노광장치의 용도는, 반도체 제조용의 노광장치에 한정되지 않는다. 예를 들어, 각형(角型)의 유리플레이트에 액정 표시소자 패턴을 노광하는 액정용의 노광장치 또는 박막자기헤드를 제조하기 위한 노광장치에도 널리 적용할 수 있다.

피검광학계로서의 투영렌즈의 배율은, 축소계 뿐만 아니라, 등배 및 확대계의 어느 것일 수도 있다. 투영렌즈로는, 액시머레이저 등의 원자외선을 사용한 경우에는 초재(硝材)로서 석영 또는 형석 등의 원자외선을 투과시킨 재료를 사용하고, F₂ 레이저나 X 선을 이용한 경우에는 반사굴절계 또는 굴절계의 광학계로 할 수 있다 (레티클도 반사형 타입의 것을 사용함).

액시머레이저로서 원자외선을 사용하는 경우에는, 광원과 기판간의 광로를 불활성가스로 펴지한다. 이렇게, 원자외선을 사용하는 경우에는, 본 실시형태의 파면수차 측정장치의 유니트(UT) 내도 불활성가스로 펴지할 수 있다. 불활성가스로서, 헬륨, 네온, 알곤, 크립톤, 크세논, 라돈 등의 불활성가스를 사용할 수 있다. 노광광의 파장이 산소에 흡수되지 않는 파장(예를 들어, i 선 또는 KrF 등)의 경우에는, 화학적으로 청결한 드라이 에어(렌즈 흐림의 원인이 되는 물질, 예를 들어 클린룸내를 부유하는 암모늄이온 등이 제거된 공기, 또는 습도가 5% 이하인 공기)를 사용할 수도 있다.

이상과 같이, 본 실시형태의 노광장치 또는 수차측정장치는, 본원특허의 청구범위(claims)에 열거된 각 구성요소(element)를 포함하는 각종 서브 시스템을, 소정의 기계적 정밀도, 전기적 정밀도, 광학적 정밀도를 갖도록 조립하여 제조된다. 이를 각종 정밀도를 확보하기 위하여, 이 조립 전후에는, 각종 광학계에 대해서는 광학적 정밀도를 달성하기 위한 조정, 각종 기계계에 대해서는 기계적 정밀도를 달성하기 위한 조정, 각종 전기계에 대해서는 전기적 정밀도를 달성하기 위한 조정이 이루어진다. 각종 서브 시스템에서 노광장치에 대한 조립공정은, 각종 서브 시스템 상호의, 기계적 접속, 전기회로의 배선 접속, 기압회로의 배관접속 등이 포함된다. 이 각종 서브 시스템에서 노광장치에 대한 조립공정 전에 각 서브 시스템 개개의 조립공정이 있는 것은 말할 것도 없다. 각종 서브 시스템의 노광장치에 대한 조립공정이 종료되면, 종합 조정이 이루어지고 노광장치 전체로서의 각종 정밀도가 확보된다. 또한, 노광장치의 제조는 온도 및 청결도 등이 관리된 클린룸에서 이루어지는 것이 바람직하다. 또한, 반도체 디바이스는, 디바이스의 기능·성능설계를 행하는 스텝, 이 설계 스텝에 기초한 레티클을 제작하는 스텝, 실리콘재료에서 웨이퍼를 제작하는 스텝, 전술한 실시예 노광장치에 의하여 레티클의 패턴을 웨이퍼에 노광하는 스텝, 디바이스 조립 스텝(다이싱공정, 폰딩공정, 패키지공정을 포함함), 검사 스텝 등을 거쳐 제조된다.

산업상 이용 가능성

이상에서 설명한 바와 같이, 청구항 제1항에 기재된 발명에서는, 소정면 상에 있어서의 개구 조리개를 통과한 광속의 일부의 집광위치의 위치 편차를 검출하는 집광위치 검출부를 갖고, 개구 조리개를 광축과 교차하는 방향으로 이동시키고 있다. 따라서, 간섭계 또는 2 차원 렌즈 어레이를 사용하지 않고도, 소형이고 간편한 구성으로서, 피검광학계의 수차를 고정밀도로 측정할 수 있다.

청구항 제2항에 기재된 발명에서는, 집광렌즈는 상기 광속의 일부를 집광하고, 이동부는 집광렌즈와 개구 조리개를 일체로 하여 광속의 광축과 교차되는 방향으로 이동시키고 있다. 따라서, 집광렌즈는 소형의 렌즈일 수도 있으므로 제조가 용이하고, 비용도 저렴하게 할 수 있다. 나아가, 항상 소형의 집광렌즈의 전체 면을 사용하여 집광하므로, 이 집광렌즈 자체의 수차의 영향에 의한 측정 오차를 저감할 수 있다.

청구항 제3항에 기재된 발명에서는, 반도체 디바이스 등을 제조하기 위한 투영노광장치에 사용되는 렌즈의 파면수차를 간편하게 측정할 수 있다.

청구항 제4항에 기재된 발명에서는, 핀홀패턴을 투과하게 된 구면파를 사용하여 정확하고 신속한 수차측정을 행할 수 있다.

청구항 제5항에 기재된 발명에서는, 소정의 회로패턴을 갖는 레티클을 조명하는 조명광학계로부터의 광을 사용할 수 있다.

청구항 제6항에 기재된 발명에서는, 간섭계 또는 2 차원 렌즈 어레이를 사용하지 않고도, 소형이면서 간편한 구성으로 피검광학계의 수차를 고정밀도로 측정할 수 있다.

청구항 제7항에 기재된 발명에서는, 집광렌즈는 소형의 렌즈로 할 수 있으므로, 제조가 용이하고 비용도 저렴하게 할 수 있다. 나아가, 항상 소형의 집광렌즈의 전체 면을 사용하여 집광하므로, 이 집광렌즈 자체의 수차의 영향에 의한 측정 오차를 저감할 수 있다.

청구항 제8항에 기재된 발명에서는, 반도체 디바이스 등을 제조하기 위한 투영노광장치에 사용되는 투영광학계의 파면수차를 간편하게 측정할 수 있다.

청구항 제9항에 기재된 발명에서는, 핀홀패턴을 투과하게 된 구면파를 사용하여 정확하고 신속한 수차측정을 행할 수 있다.

청구항 제10항에 기재된 발명에서는, 소정의 회로패턴의 이미지를 기판 상에 형성하는 투영광학계의 수차를, 간섭계 또는 2 차원 렌즈 어레이를 사용하지 않고도, 소형이면서 간편한 구성으로 피검광학계의 수차를 고정밀도로 측정할 수 있다.

청구항 제11항에 기재된 발명에서는, 수차측정용의 광을 발생시키는 발생부재를 사용함으로써, 정확하고 신속하게 투영광학계의 수차측정을 행할 수 있다.

청구항 제12항에 기재된 발명에서는, 핀홀을 통과하게 된 구면파에 의하여, 정확하고 신속하게 투영광학계의 수차측정을 행할 수 있다.

청구항 제13항에 기재된 발명에서는, 투과부재를 확산시켜 투과하게 된 다수의 구면파로 이루어지는 실질적인 평행광에 의하여, 정확하고 신속하게 투영광학계의 수차측정을 행할 수 있다.

청구항 제14항에 기재된 발명에서는, 반도체 디바이스 등을 제조하기 위한 투영노광장치에 사용되는 투영광학계의 파면수차를 간편하게 측정할 수 있다.

청구항 제15항에 기재된 발명에서는, 핀홀을 투과하게 된 구면파를 사용하여, 정확하고 신속한 수차측정을 행할 수 있다.

청구항 제16항에 기재된 발명에서는, 수차측정결과에 기초하여, 제어부에 의하여 투영광학계의 렌즈 간격 등을 조정함으로써, 투영광학계의 파면수차를 수정하여, 결상특성을 향상시킬 수 있다.

청구항 제17항에 기재된 발명에서는, 투영노광장치의, 예를 들어 웨이퍼 스테이지 상에 파면수차 측정장치를 설치하는 것만으로, 간편하게 투영광학계의 수차를 측정할 수 있다. 또한, 노광장치의 광원을 그대로 사용할 수 있으므로 장치도 소형화할 수 있다.

청구항 제18항에 기재된 발명에서는, 간접계 또는 2 차원 렌즈 어레이를 사용하지 않고도, 소형이고 간편한 구성으로 투영광학계의 수차를 고정밀도로 측정할 수 있으므로, 결상성능을 향상시킬 수 있고, 고해상의 디바이스를 제조할 수 있다.

청구항 제19항에 기재된 발명에서는, 반도체 디바이스 등을 제조하기 위한 투영노광장치에 사용되는 투영광학계의 파면수차를 간편하게 측정할 수 있으므로, 결상성능을 향상시킬 수 있고, 고해상의 디바이스를 제조할 수 있다.

청구항 제20항에 기재된 발명에서는, 수차측정용의 광을 발생시키는 발생부재를 사용함으로써, 정확하고 신속하게 투영광학계의 수차측정을 행할 수 있으므로, 스루풋이 향상된 노광을 행할 수 있다.

정구범위 21에 기재된 발명에서는, 투영광학계의 수차를 간편하게 측정하고, 측정결과에 기초하여 투영광학계의 수차를 보정할 수 있으므로, 결상성능의 양호한 노광방법을 제공할 수 있다.

정구범위 22에 기재된 발명에서는, 투영광학계의 파면수차를 간편하게 측정하고, 측정결과에 기초하여 투영광학계의 파면수차를 보정할 수 있으므로, 결상성능의 양호한 노광방법을 제공할 수 있다.

정구범위 23에 기재된 발명에서는, 반도체 디바이스 등을 제조하기 위한 노광장치에 있어서 수차측정장치를 탈착가능하게 유지할 수 있으므로, 수차측정 시에만 장착, 또는 수차측정장치를 교환하는 것이 용이하다.

청구항 제24항에 기재된 발명에서는, 수차측정 광학계와 측정유니트를 노광장치에 대하여 간편하게 탈착할 수 있다.

청구항 제25항에 기재된 발명에서는, 마스크를 마스크 스테이지에 대하여, 측정유니트를 기판 스테이지에 대하여 간편하게 탈착할 수 있다.

청구항 제26항에 기재된 발명에서는, 핀홀패턴을 갖는 마스크를 간편하게 탈착할 수 있으므로, 수차측정에 적절한 핀홀직경을 용이하게 선택할 수 있다.

청구항 제27항에 기재된 발명에서는, 투영노광장치의, 예를 들어 웨이퍼 스테이지 상에 파면수차 측정장치를 설치하는 것만으로, 간편하게 투영광학계의 수차를 측정할 수 있다. 또한, 노광장치의 광원을 그대로 사용할 수 있으므로 수차측정장치도 소형화할 수 있다.

청구항 제28항에 기재된 발명에서는, 마스크 스테이지에 형성된 수차측정 광학계에서 나온 광에 의하여, 정확하고 신속하게 투영광학계의 수차측정을 행할 수 있다. 또한, 측정유니트를 기판 스테이지에 대하여 간편하게 탈착할 수 있다.

청구항 제29항에 기재된 발명에서는, 수차측정 광학계에서 나온 광을 사용하여, 투영노광장치의 웨이퍼 스테이지에 측정유니트를 장착하는 것만으로, 간편하게 투영광학계의 수차를 측정할 수 있다. 또한, 노광장치의 광원을 그대로 사용할 수 있으므로 장치도 소형화할 수 있다.

청구항 제30항에 기재된 발명에서는, 측정유니트를 떼어냄으로써, 기판 스테이지의 경량화를 도모할 수 있다.

청구항 제31항에 기재된 발명에서는, 회로패턴을 전사하기 전에 투영광학계의 수차측정을 행하므로, 정확하게 패턴전사를 행할 수 있다.

청구항 제32항에 기재된 발명에서는, 회로패턴을 전사하기 전에 투영광학계의 수차측정을 행하므로, 정확하게 고정밀도의 디바이스를 제조할 수 있다.

(57) 청구의 범위

청구항 1

피검광학계를 통과한 광속을 소정면 상에 집광시키는 집광렌즈와,

상기 광속의 일부를 통과시키기 위한 개구 조리개와,

상기 개구 조리개를 상기 광속의 광축과 교차하는 방향으로 이동시키는 이동부와,

상기 소정면 상에서의 상기 개구 조리개를 통과한 광속의 일부의 집광위치의 위치 편차를 검출하는 집광 위치 검출부와,

상기 집광위치 검출부으로부터의 출력신호에 기초하여 상기 피검광학계의 수차를 산출하는 연산처리부, 를 갖는 것을 특징으로 하는 수차측정장치.

청구항 2

제 1 항에 있어서, 상기 집광렌즈는 상기 광속의 일부를 집광하고, 상기 이동부는 상기 집광렌즈와 상기 개구 조리개를 일체로 하여 상기 광속의 광축과 교차되는 방향으로 이동시키는 것을 특징으로 하는 수차 측정장치.

청구항 3

마스크에 형성된 소정의 회로패턴의 이미지를 기판 상에 전사하는 투영광학계의 수차를 측정하는 수차측 정장치에 있어서,

상기 투영광학계에 수차측정용의 광을 사출하는 수차측정 광학계와,

상기 투영광학계를 통과한 수차측정용의 광을 집광하는 복수의 렌즈소자와,

상기 복수의 렌즈소자로 집광된 광의 위치를 각각 검출하는 집광위치 검출부와,

상기 집광위치 검출부로 검출된 상기 광의 위치에 기초하여, 상기 투영광학계의 수차를 측정하는 측정부 를 갖는 것을 특징으로 하는 수차측정장치.

청구항 4

제 3 항에 있어서, 상기 수차측정 광학계는, 상기 소정의 회로패턴이 형성된 마스크와 거의 동일한 위치 에 배치되고, 핀홀패턴을 구비하는 수차측정용 마스크와, 상기 수차측정용 마스크를 조명하는 조명광학 계를 구비하는 것을 특징으로 하는 수차측정장치.

청구항 5

제 4 항에 있어서, 상기 조명광학계는, 상기 소정의 회로패턴을 조명하는 조명광학계인 것을 특징으로 하는 수차측정장치.

청구항 6

피검광학계를 통과한 광속을 집광렌즈에 의하여 소정면 상에 집광시키는 집광공정과,

상기 광속의 일부를 개구 조리개에 의하여 통과시키는 공정과,

상기 개구 조리개를 상기 광속의 광축과 교차되는 방향으로 이동시키는 이동공정과,

상기 소정면 상에서의 상기 개구 조리개를 통과한 광속의 일부의 집광위치의 위치 편차를 집광위치 검출 부에 의하여 검출하는 집광위치 검출공정과,

상기 집광위치 검출공정에서 얻어진 출력신호에 기초하여 상기 피검광학계의 수차를 산출하는 연산처리 공정,

으로 이루어지는 것을 특징으로 하는 수차측정방법.

청구항 7

제 6 항에 있어서, 상기 집광공정에서는 상기 광속의 일부를 집광하고, 상기 이동공정에서는 상기 집광 렌즈와 상기 개구 조리개를 일체로 하여 상기 광속의 광축과 교차하는 방향으로 이동시키는 것을 특징으 로 수차측정방법.

청구항 8

마스크에 형성된 소정의 회로패턴의 이미지를 기판 상에 형성하는 투영광학계의 수차를 측정하는 수차측 정방법에 있어서,

상기 투영광학계를 통과한 수차측정용의 광을 복수의 렌즈소자로 집광하고,

상기 복수의 렌즈소자로 집광된 광의 위치를 각각 검출하고,

검출된 상기 광의 위치에 기초하여, 상기 투영광학계의 수차를 측정하는 것을 특징으로 하는 수차측정방 법.

청구항 9

제 8 항에 있어서, 상기 수차측정용의 광은, 상기 마스크가 배치되는 위치와 거의 동일한 위치에 배치된 수차측정용 마스크 상의 핀홀패턴으로부터의 광인 것을 특징으로 하는 수차측정방법.

청구항 10

소정의 회로 패턴을 조명하는 조명광학계와,

조명된 이 회로패턴의 이미지를 기판 상에 형성하는 투영광학계와,

이 투영광학계의 수차를 측정하기 위한 제 1 항에 기재된 수차측정장치를 갖는 것을 특징으로 하는 투영노광장치.

청구항 11

소정의 회로패턴을 갖는 마스크를 조명하는 조명광학계와,
상기 마스크를 지지하는 스테이지와,
조명된 이 회로패턴의 이미지를 기판 상에 형성하는 투영광학계와,
이 투영광학계의 수차를 측정하기 위한 제 1 항에 기재된 파면수차측정장치를 갖고,
상기 스테이지 또는 상기 마스크는 상기 투영광학계에 대하여 수차측정용의 광을 발생시키는 발생부재를 구비하고 있는 것을 특징으로 하는 투영노광장치.

청구항 12

제 11 항에 있어서, 상기 발생부재는, 상기 조명광학계로부터의 광을 구면파로 변환하는 핀홀패턴인 것을 특징으로 하는 투영노광장치.

청구항 13

제 11 항에 있어서, 상기 발생부재는, 상기 조명광학계로부터의 광을 확산시켜 투과시키는 투과부재인 것을 특징으로 하는 투영노광장치.

청구항 14

마스크에 형성된 회로패턴의 이미지를 기판 상에 전사하는 투영광학계를 구비하는 투영노광장치에 있어서,
상기 투영광학계에 수차측정용의 광을 사출하는 수차측정 광학계와,
상기 투영광학계를 통과한 상기 수차측정용의 광을 집광하기 위한 복수의 렌즈소자와,
상기 복수의 렌즈소자로 집광된 광의 위치를 각각 검출하기 위한 집광위치 검출부를 구비하는 것을 특징으로 하는 투영노광장치.

청구항 15

제 14 항에 있어서, 상기 수차측정 광학계는, 상기 소정의 회로패턴이 형성된 마스크와 거의 동일한 위치에 배치되고, 핀홀패턴을 구비한 수차측정용 마스크와, 상기 수차측정용 마스크를 조명하는 조명광학계를 구비하는 것을 특징으로 하는 투영노광장치.

청구항 16

제 14 항에 있어서, 상기 집광위치 검출부로부터의 검출결과에 기초하여, 상기 투영광학계를 구성하는 적어도 하나의 광학부재의 위치를 제어하는 제어부를 갖는 것을 특징으로 하는 투영노광장치.

청구항 17

제 14 항에 있어서, 상기 기판을 유지하는 기판 스테이지부를 갖고, 상기 복수의 렌즈소자 및 상기 집광위치 검출부 중 적어도 일방은, 상기 기판 스테이지부에 탈착가능하게 형성되어 있는 것을 특징으로 하는 투영노광장치.

청구항 18

소정의 회로패턴의 이미지를 투영광학계를 사용하여 기판에 전사하는 공정을 포함하는 디바이스 제조방법으로서,

제 6 항에 기재된 수차측정방법을 사용하여 상기 투영광학계의 수차를 측정하는 공정을 포함하는 것을 특징으로 하는 디바이스 제조방법.

청구항 19

소정의 패턴회로의 이미지를 투영광학계를 사용하여 기판에 전사하는 공정을 포함하는 디바이스 제조방법으로서,

제 8 항에 기재된 수차측정방법을 사용하여 상기 투영광학계의 수차를 측정하는 공정을 포함하는 것을 특징으로 하는 디바이스 제조방법.

청구항 20

상기 소정의 회로패턴을 제 11 항에 기재된 투영노광장치에 의하여 상기 기판 상에 투영노광하는 것을 특징으로 하는 노광방법.

청구항 21

소정의 패턴회로의 이미지를 투영광학계를 사용하여 기판에 전사하는 노광방법에 있어서,
상기 기판에 상기 회로패턴을 전사하기 전에,

상기 투영광학계에 수차측정용의 광을 입사하고,
 상기 투영광학계를 통과한 수차측정용의 광을 복수의 렌즈소자로 집광하고,
 상기 복수의 렌즈소자로 집광된 광의 위치를 각각 검출하고,
 검출된 상기 광의 위치에 기초하여, 상기 투영광학계의 수차를 측정하고,
 측정된 수차에 기초하여, 상기 투영광학계의 수차를 보정하는 것을 특징으로 하는 노광방법.

청구항 22

제 21 항에 있어서, 상기 수차는, 상기 투영광학계의 파면수차인 것을 특징으로 하는 노광방법.

청구항 23

마스크에 형성된 패턴의 이미지를 기판 상에 전사하는 투영광학계를 구비하는 노광장치에 있어서, 제 3 항에 기재된 수차측정장치를 탈착가능하게 유지하는 유지기구를 구비하는 것을 특징으로 하는 노광장치.

청구항 24

제 23 항에 있어서, 상기 유지기구는, 상기 수차측정 광학계를 유지하는 제 1 유지부재와,
 상기 복수의 렌즈소자, 상기 집광위치 검출부 및 상기 측정부를 구비한 측정유니트를 유지하는 제 2 유지부재를 갖는 것을 특징으로 하는 노광장치.

청구항 25

제 24 항에 있어서, 상기 제 1 유지부재는, 상기 마스크를 유지하는 마스크 스테이지이고,
 상기 제 2 유지부재는, 상기 기판을 유지하는 기판 스테이지인 것을 특징으로 하는 노광장치.

청구항 26

제 24 항에 있어서, 상기 수차측정 광학계는, 수차측정용의 핀홀패턴이 형성된 측정용 마스크인 것을 특징으로 하는 노광장치.

청구항 27

마스크에 형성된 패턴의 이미지를 기판 상에 전사하는 투영광학계의 수차를 측정하는 수차측정장치에 있어서,

상기 마스크를 유지하는 마스크 스테이지, 상기 투영광학계 및 상기 기판을 유지하는 기판 스테이지를 구비하는 노광장치에 탈착가능하게 형성되는 측정유니트를 갖고,

상기 측정유니트는, 상기 투영광학계를 통과한 수차측정용의 광을 집광하는 복수의 렌즈소자와, 상기 렌즈소자로 집광된 광의 위치를 각각 검출하는 집광위치 검출부와, 상기 집광위치 검출부로 검출된 상기 광의 위치에 기초하여, 상기 투영광학계의 수차를 측정하는 측정부를 구비하는 것을 특징으로 하는 수차측정장치.

청구항 28

제 27 항에 있어서, 상기 투영광학계에 수차측정용의 광을 사출하는 수차측정 광학계를 갖고,

상기 측정유니트는, 상기 기판 스테이지에 탈착가능하게 유지되고,

상기 수차측정 광학계는, 상기 마스크 스테이지에 형성되는 것을 특징으로 하는 수차측정장치.

청구항 29

마스크에 형성된 패턴의 이미지를 기판 상에 전사하는 노광장치가 구비되는 투영광학계의 수차측정방법에 있어서,

상기 마스크와 거의 동일한 위치에, 수차측정용의 광을 상기 투영광학계에 사출하는 수차측정 광학계를 배치하고, 상기 기판을 유지하는 기판 스테이지에, 상기 투영광학계를 통과한 수차측정용의 광을 집광하는 복수의 렌즈소자와, 상기 렌즈소자로 집광된 광의 위치를 각각 검출하는 집광위치 검출부와, 상기 집광위치 검출부로 검출된 상기 광의 위치에 기초하여, 상기 투영광학계의 수차를 측정하는 측정부를 구비하는 측정유니트를 장착하는 것을 특징으로 하는 수차측정방법.

청구항 30

제 29 항에 있어서, 상기 투영광학계에 수차측정용의 광을 사출한 후, 상기 수차측정 광학계를 떼어내고,

상기 투영광학계의 수차를 측정한 후, 상기 측정유니트를 상기 기판 스테이지에서 떼어내는 것을 특징으로 수차측정방법.

청구항 31

소정의 회로패턴의 이미지를 투영광학계를 사용하여 기판에 전사하는 노광방법에 있어서,

상기 기판에 상기 회로패턴을 전사하기 전에, 제 29 항에 기재된 수차측정방법을 사용하여, 상기 투영광

학계의 수차를 측정하는 것을 특징으로 하는 노광방법.

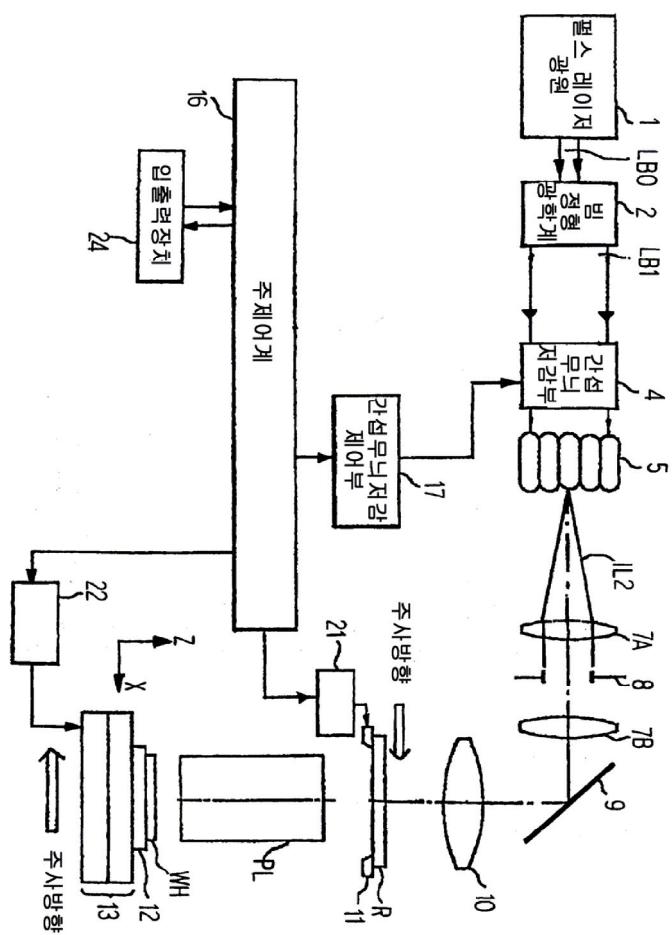
청구항 32

소정의 회로패턴의 이미지를 투영광학계를 사용하여 기판에 전사하는 공정을 포함하는 디바이스 제조방법에 있어서,

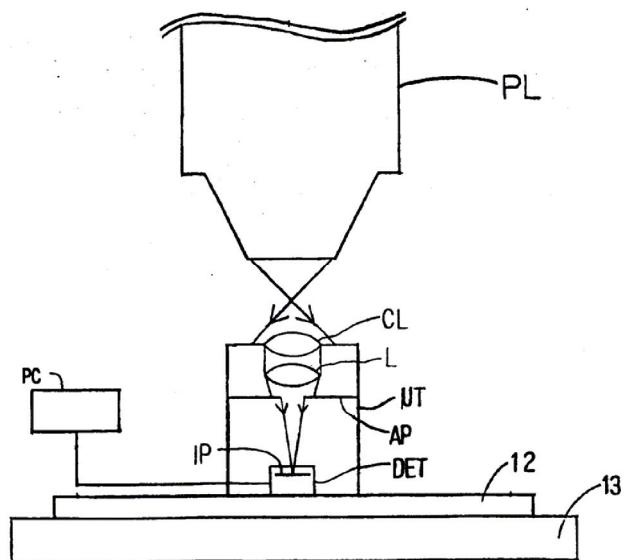
상기 기판에 상기 회로패턴을 전사하기 전에, 제 29 항에 기재된 수차측정방법을 사용하여, 상기 투영광학계의 수차를 측정하는 공정을 포함하는 것을 특징으로 하는 디바이스 제조방법.

도면

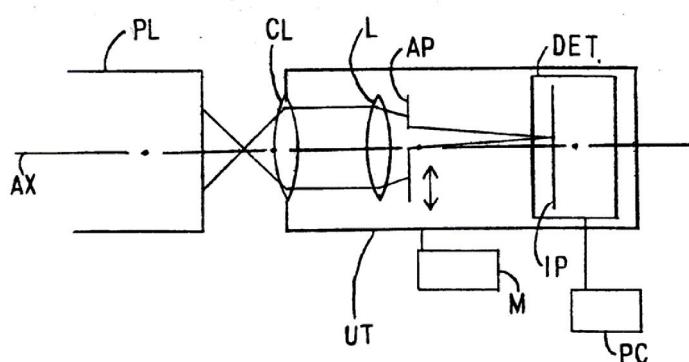
도면1



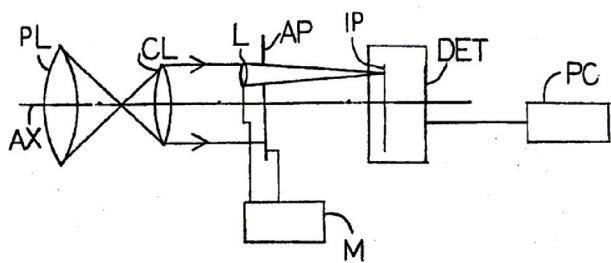
도면2



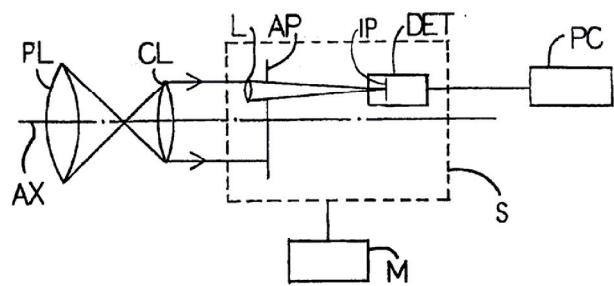
도면3



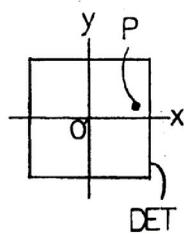
도면4a



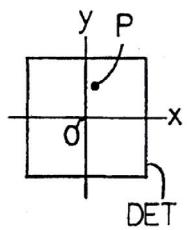
도면4b



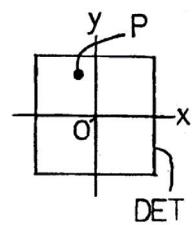
도면5a



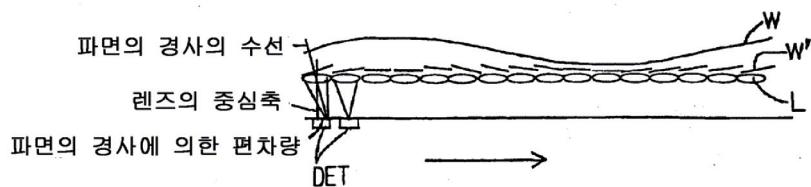
도면5b



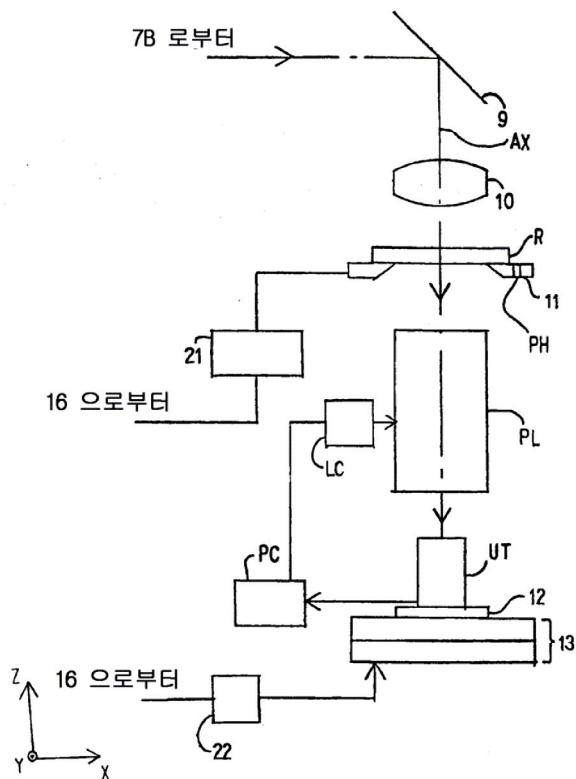
도면5c



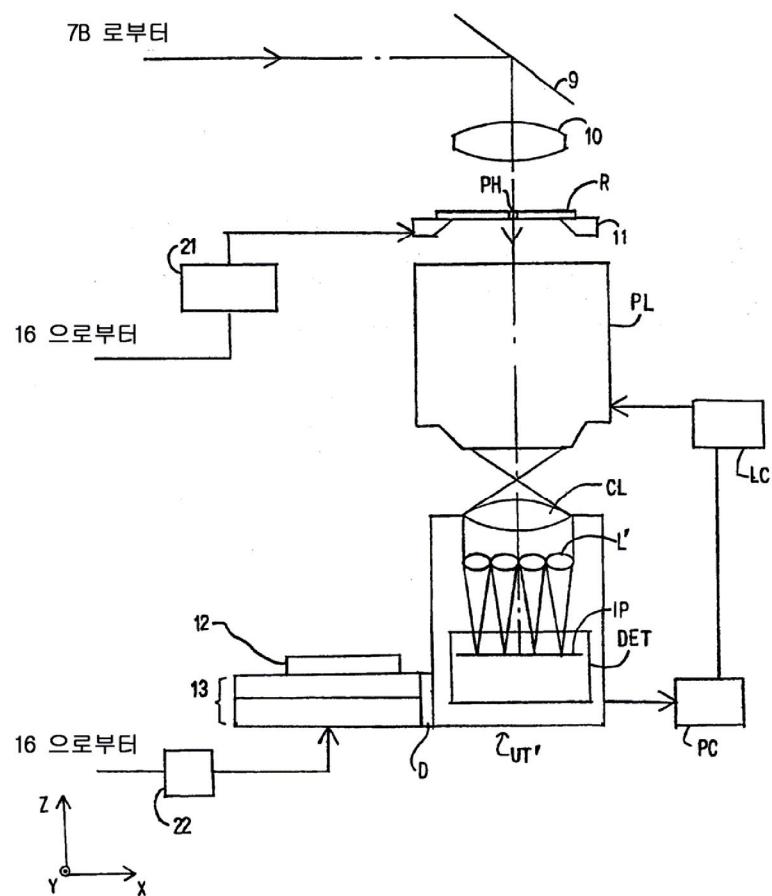
도면6



도면7



도면8



도면9

