

(19)대한민국특허청(KR)  
(12) 등록특허공보(B1)

(51) 。 Int. Cl. <sup>6</sup> H01L 21/027	(45) 공고일자 (11) 등록번호 (24) 등록일자	2005년12월21일 10-0525067 2005년10월24일
---	-------------------------------------	--

(21) 출원번호 (22) 출원일자	10-1998-0001610 1998년01월20일	(65) 공개번호 (43) 공개일자	10-1998-0070648 1998년10월26일
------------------------	--------------------------------	------------------------	--------------------------------

(30) 우선권주장	97-021026 97-076905	1997년01월20일 1997년03월28일	일본(JP) 일본(JP)
------------	------------------------	----------------------------	------------------

(73) 특허권자                    가부시기가이샤 니콘  
일본 도쿄도 지요다쿠 마루노우찌 3쵸메 2방 3고

(72) 발명자                        스즈키 쿠푸스케  
일본 도쿄도 지요다쿠 마루노우치 3쵸메 2방 3고 가부시끼 가이샤 니콘  
내

무라야마 마사유키  
일본 도쿄도 지요다쿠 마루노우치 3쵸메 2방 3고 가부시끼 가이샤 니콘  
내

(74) 대리인                        김창세

심사관 : 오창석

(54) 노광 장치의 광학 특성 측정 방법, 노광 장치의 동작 방법 및 투영 노광 장치

요약

본 발명의 노광 장치는, 투영 광학계와, 광원을 갖고 투영 광학계에 노광용의 조명광을 방사하는 조명계와, 투영 광학계를 통과한 조명광에 의해서 감응 기관이 노광되도록 해당 감응 기관을 지지하기 위한 기관 스테이지를 갖는다. 감응 기관의 상부 표면에 대응하는 평면 내에 조명광에 의한 쇼트 영역이 구성된다. 이 장치는, 상기 평면을 따라 쇼트 영역 내에서 이동할 수 있도록 기관 스테이지에 의해 지지된 수광 부분을 구비한 광전 센서와, 광원과 투영 광학계 사이에 배치되고, 수광 부분이 상기 평면을 따라 이동하는 동안 해당 수광 부분을 둘러싸는 영역을 제외한 쇼트 영역에 입사하는 광을 차폐하는 블라인드와, 광전 센서로부터의 신호에 근거하여, 노광 장치의 광학 특성을 측정하는 제어계를 구비하고 있다. 블라인드는, 제어계에 의해서, 수광 부분이 1개의 검지 위치로부터 다음 검지 위치로 이동할 때, 해당 다음 검지 위치에 수광 부분이 도달하기 전에 해당 위치에 있어서의 조명광의 차폐가 해제되도록 제어된다.

대표도

도 1

명세서

도면의 간단한 설명

도 1은 제 1 실시예에 따른 투영 노광 장치의 개략적인 구성을 도시한 도면,

도 2는 도 1의 웨이퍼 스테이지 근방 부분을 확대하여 도시한 도면,

도 3은 도 2의 수광 유리의 평면도,

도 4는 도 1의 가변 블라인드의 구성을 도시한 개략적인 사시도,

도 5는 레티클 상에 형성된 계측 마크의 일례를 도시한 도면,

도 6은 도 5의 계측 마크의 투영 영상의 광전 검출 방법을 설명하기 위한 도면,

도 7a는 도 5의 계측 마크의 투영 영상의 광전 검출한 결과 얻어진 광량 신호의 파형을 도시한 파형도, 도 7b는 도 7a의 미분 파형을 도시한 파형도,

도 8a~도 8f는 레티클 상의 복수의 계측 마크의 투영 영상의 검출 순서를 설명하기 위한 도면,

도 9a~도 9c는 레티클면상에서 계측 마크의 배열 방법이 XY축에 대하여 비스듬히 배치되어 있는 경우의, 조명 영역의 변경 방법을 설명하기 위한 도면,

도 10의 (a)~도 10의 (g)는 결상 특성의 보정 방법에 대하여 설명하기 위한 도면으로서, 이 전단계의 레티클 상의 복수의 계측 마크의 투영 영상의 검출 순서에 있어서의 조명 영역의 변천을 시각적으로 도시한 도면,

도 10의 (h)는 계측 마크의 구체적인 구성을 도시한 도면,

도 11a는 광전 센서 유닛을 구성하는 수광 유리 상부 표면에 형성되는 개구 패턴의 다른 일례를 도시한 도면,

도 11b는 수광 유리 상부 표면에 형성되는 개구 패턴의 그 외의 일례를 도시한 도면,

도 12a는 도 11a의 개구 패턴이 형성된 경우의 계측 마크(90)의 투영 영상을 검출했을 때에 얻어지는 광량 신호를 도시한 도면,

도 12b는 도 11b의 개구 패턴이 형성된 경우의 계측(90)의 투영 영상을 검출했을 때에 얻어지는 광량 신호를 도시한 도면,

도 13은 본 발명에 따른 노광 장치의 제 2 실시예의 구성을 도시한 구성도,

도 14는 도 13의 실시예의 스테이지와 간섭계를 간단하게 도시한 도면,

도 15는 도 13의 실시예의 조도계의 부분을 확대하여 도시한 도면,

도 16은 조도계의 위치와 광 강도 분포의 일례를 도시한 도면,

도 17은 본 발명의 광 강도 분포의 측정 방법의 제 1 예를 도시한 도면,

도 18은 제 1 예에 있어서의 블라인드 동작을 도시한 도면,

도 19는 본 발명의 광 강도 분포의 측정 방법의 제 2 예를 도시한 도면,

도 20은 제 2 예에 있어서의 블라인드 동작을 도시한 도면,

도 21은 본 발명의 광 강도 분포의 측정 방법의 제 3 예를 도시한 도면,

도 22는 제 3 예에 있어서의 블라인드 동작을 도시한 도면,  
 도 23은 본 발명의 광 강도 분포의 측정 방법의 제 4 예를 도시한 도면,  
 도 24는 제 4 예에 있어서의 블라인드 동작을 도시한 도면.

도면의 주요부분에 대한 부호의 설명

- 4 ; 차광 수단 10 ; 투영 노광 장치
- 11 ; 조명계 12 ; 광원
- 14 ; 셔터 16 ; 조도 균일화 광학계
- 18 ; 조명계 개구 조리개판 20 ; 가변 블라인드
- 22 ; 구동부 24, 36 ; 구동 기구
- 26 ; 주 제어 장치 28 ; 하프 미러
- 34a, 34b ; 릴레이 렌즈 36 ; 구동 기구
- 37 ; 미러 38 ; 콘덴서 렌즈
- 40 ; 렌즈 요소 46 ; 베럴부
- 48 ; 결상 특성 보정 컨트롤러 49 ; 밀봉실
- 50 ; 웨이퍼 스테이지 52 ; 웨이퍼 홀더
- 54 ; 구동계 56 ; 레이저 간섭계
- 58 ; 스테이지 컨트롤러 62 ; 수광 유리
- 64 ; 개구 패턴 66, 68 ; 렌즈
- 69 ; 굴곡 미러 72 ; 원판 부재
- 78 ; 블라인드 개구 80 ; 모터
- 82 ; 구동 기어 90 ; 계측 마크

**발명의 상세한 설명**

**발명의 목적**

**발명이 속하는 기술 및 그 분야의 종래기술**

본 발명은, 예컨대 반도체 소자, 액정 표시 소자, 촬상 소자(CCD 등), 박막 자기 헤드 등의 마이크로디바이스를 포토리소그 래피 공정으로 제조할 때에 사용되는 투영 노광 장치에 관한 것으로, 특히, 마스크(레티클:reticle 등)의 패턴을 기관(웨이 퍼, 유리 판(glass plate) 등) 상에 전사할 때 이용되는 조명광의 광 강도 분포나 촬영 광학계의 결상 특성(imaging characteristic)과 같은, 전광 장치의 광학 특성의 측정 방법에 관한 것이다.

종래부터, 예컨대 반도체 소자 또는 액정 표시 소자 등을 리소그래피 공정으로 제조할 때에, 마스크 또는 레티클(이하, 「레티클」이라고 칭한다)의 패턴의 영상(image)을 투영 광학계를 통하여 포토레지스트 등이 도포된 웨이퍼 등의 감응 기관 상에 투영 노광하는 투영 노광 장치가 사용되고 있다. 이러한 투영 노광 장치에 있어서는, 미세한 회로 패턴을 높은 정밀도로 형성하기 위해서 고정밀도의 결상 특성이 요구되고, 또한, 기관 상의 동일 영역에 복수층의 패턴을 순차적으로 적층 형성하기 위해서, 전층(前層)까지 노광 시에 기관 상에 형성된 패턴과 금회 노광 처리하고자 하는 레티클 패턴 사이에서 보다 높은 중첩 정밀도가 요구된다. 그 때문에, 투영 광학계에 의한 레티클 패턴의 기관 상에서의 결상 특성은 고도로 조정되어야 하기 때문에, 노광 처리에 앞서 투영 광학계에 의한 결상 특성을 평가하는 방법이 다양하게 고안되고 있다.

이러한 종류의 투영 광학계에 의한 결상 특성을 평가하는 방법으로서, 실제의 노광에 앞서, 복수의 마크가 표시된 테스트 레티클의 패턴을 기관 상에 투영 노광하고, 현상된 테스트 패턴 영상을 관찰하는 방법이 가장 일반적으로 이용되고 있었지만, 이 방법에서는, 예비적인 노광, 현상 공정을 필요로 하기 때문에 시간과 노동력을 필요로 하고, 영상을 측정하기 위한 특별한 장치도 필요로 한다고 하는 문제점이 있었다.

이러한 문제점을 개선하기 위해, 감응 기관이 탑재되는 스테이지 상에 광전 센서를 마련하여, 센서 출력으로부터 투영 광학계를 통하여 형성되는 레티클의 테스트 패턴의 공간 영상을 직접 관찰하는 방법이 제안되고 있다(일본 특허 공개 소호 제59-94032호 공보(미국 특허 제 4,629,313호) 참조). 이 방법에 따르면, 장치의 초기 조정만이 아니라, 장치의 노후화(aging), 대기압, 온도 등의 외부 환경의 변화, 혹은, 결상 광학계에 의한 조명광의 흡수, 혹은 레티클에 대한 조명 조건(입체각 등) 등의 장치 조건의 변화 등으로 발생하는 결상 특성의 변화를 간단히 관찰할 수 있고, 관찰 결과에 근거하여 결상 특성을 보정할 수도 있다. 최근의 투영 노광 장치에는, 이 방법을 실시하기 위한 투영 광학계의 결상 특성 측정 기구가 내장되어 있다.

이러한 종류의 투영 노광 장치에 있어서의 결상 특성 측정 기구를 이용하여, 레티클 상에 그려진 테스트 패턴(이 테스트 패턴은 결상 특성의 측정에 이용되기 때문에, 이하 「측정 패턴」이라고 칭한다)의 공간 영상을 기관 스테이지 상의 광전 센서로 측정하는 방법으로서, 다음 2개의 방법중 하나를 채용하는 것이 일반적이다.

제 1 방법은, 측정 패턴의 근방의 어느 제한된 레티클 상의 영역만을 조명한 상태에서 1개의 측정 패턴의 공간 영상을 측정하고, 그 측정을 종료한 후, 조명계 내의 블라인드(blind)(시아 조리개)의 설정을 변경하여 레티클 상의 조명 영역을 다음 측정 패턴의 근방의 어느 제한된 영역으로 전환하고, 해당 다음 측정 패턴의 공간 영상을 측정하고, 이후 동일한 동작을 반복하는 방법이다.

제 2 방법은, 레티클의 거의 전면(全面)을 조명한 상태에서, 측정 패턴의 공간 영상을 순차적으로 측정하는 방법이다.

최근의 반도체 소자의 고집적화에 의해 회로 패턴이 미세화 됨에 따라서, 투영 노광 장치에도 보다 높은 해상도, 보다 높은 중첩 정밀도가 요구되고, 이러한 요구에 부응하여, 투영 광학계의 결상 특성을 고정밀도로 조정하기 위해서, 레티클 내에 복수의 측정 패턴을 배치하고, 이들의 측정 패턴 각각의 공간 영상의 측정 결과를 이용하여, 투영 광학계의 결상 특성을 보다 엄밀히 평가하는 것이 일반적으로 되고 있다.

그런데, 전술한 종래 기술의 제 1 방법을 채용했을 경우, 불필요한 부분을 조명하지 않음으로써, 투영 광학계 등이 조명광을 흡수하여 결상 특성이 악화되는 것을 방지할 수는 있지만, 측정 패턴이 많고 측정 위치가 많아짐에 따라서, 조명 영역의 전환이 장치의 성능(throughput)에 악영향을 준다고 하는 문제점이 있었다.

한편, 전술한 종래 기술의 제 2 방법을 채용했을 경우에는, 장치의 성능의 저하의 문제는 발생하지 않지만, 복수의 측정 패턴의 전부를 측정하는 시간 중에, 레티클 전면에 조명광이 조사되기 때문에, 레티클이나 투영 광학계가 조명광을 흡수하여 결상 특성이 저하된다고 하는 문제점이 있었다.

또한, 노광 장치에 있어서는, 노광면에서의 조명광의 광 강도 분포도 측정된다.

종래의 노광 장치에서 행해지는 노광면에서의 조명광의 광 강도 분포의 측정방법에 대하여 이하에 기술한다.

노광 장치의 노광면에서의 조명 면적이 최대 유효 면적으로 되도록 조명 영역을 정형화한다. 일반적으로, 최대 유효 면적은 투영 렌즈에 의한 최대 조명 영역에 대하여 약간 내측 지름을 대각선으로 하는 직사각형 또는 정방형의 면적으로서, 이것을 전체 조명 영역으로 한다. 이 전체 조명 영역을 예컨대 광 강도 분포를 구하는 측정 범위로 한다.

광 강도 분포를 행하는 광전 변환 수단의 수광면은, 웨이퍼의 노광면과 동일한 위치가 되도록 웨이퍼 스테이지부 상에 탑재되고, 광전 변환 수단이 탑재된 스테이지부를 측정 범위에 대하여 상대적으로 주사함으로써, 광전 변환 수단이 측정 범위 내의 광 강도를 측정한다. 광전 변환 수단으로부터의 출력값과 스테이지부의 위치를 계측하는 위치 측정 수단에 의한 수광면의 위치 정보에 기초하여 측정 범위 내의 광 강도 분포가 구해진다. 광 강도 분포의 측정의 예로서 일본 특허 공개 평성 제 1-39207 호(미국 특허 제 32,795 호)가 있다. 또한, 측정 범위 내의 서로 다른 위치에서의 광 강도의 측정 수가 많을수록 정확히 측정 범위 내의 광 강도 분포를 얻을 수 있기 때문에, 광전 변환 수단을 측정 범위 내에서 순차적으로 주사 이동시킴으로써, 측정 범위의 각 위치에서의 광 강도 분포를 측정한다.

상기와 같은 종래의 기술에서는, 조명광의 광 강도 분포를 측정하고 있는 동안, 광원으로부터의 조명광이 투영 렌즈 내부를 통과한다. 그 때문에, 투영 렌즈 내의 광학 부재가 조명광의 일부를 열로서 흡수하여, 결과적으로 광학 부재의 온도 상승을 초래하게 된다. 따라서, 광 강도 분포의 측정 후에 노광 공정을 개시하기 위해서는, 광학 부재가 냉각되어 안정될 때까지 대기해야만 하여, 노광 장치로서의 생산성이 저하된다고 하는 문제점이 있었다.

또한, 최근 노광 장치의 전체 조명 영역은 확대되는 경향이 있고, 그에 따라 측정 범위 내의 광 강도 분포의 측정에 필요한 시간도 길어져, 광 강도 분포의 측정에 있어서의 투영 렌즈의 열의 흡수에 의한 여러 가지 영향이 증대되는 경향이 있다.

이에 대하여, 예컨대, 투영 렌즈에 있어서의 열의 영향을 최소화하기 위해서는, 측정 시간을 줄일 필요가 있고, 이것은 측정 위치의 수를 적게 함으로써 단축은 할 수 있지만, 그 때문에 측정 범위 내에서 얻어지는 광 강도 분포의 데이터의 밀도는 낮아져, 측정 범위에서 광 강도 분포를 상세히 측정하는 데에는 곤란함이 있다.

또한, 투영 렌즈로의 입사 광을 감소시키는 수단으로서, 노광 광원의 전원부의 조작에 의해 투영 렌즈로의 입사 광량을 저하시키거나, 노광 광로의 도중에 감광 필터를 삽입하여 투영 렌즈로의 입사 광량을 저하시키는 것을 생각할 수 있다. 그러나, 이 방법에서는, 감응 기관의 노광면에서의 측정 범위의 광 강도 분포가, 조명 조건이 변함으로써 변화될 가능성이 있기 때문에, 측정 수단으로서의 바람직하지 않다.

### 발명이 이루고자 하는 기술적 과제

상술한 문제점을 해결하기 위해, 본 발명의 목적은, 노광 장치의 광학 특성을 측정함에 있어서, 조명광의 흡수에 따른 오차를 최대한 줄이는 측정 방법 및 이러한 측정을 가능하게 하는 노광 장치를 제공하는 데에 있다.

본 발명의 다른 목적은, 조명 영역의 전환이 장치의 성능에 악영향을 주지 않고, 마스크 및 투영 광학계의 조명광 흡수에 의한 결상 특성의 변동을 최대한 억제할 수 있는 결상 특성 보정 방법을 제공하는 데에 있다.

본 발명의 또 다른 목적은, 또한 투영 렌즈에 입사하는 조명광에 의한 영향을 없앴과 동시에, 광 강도 분포를 고정밀도로 측정하는 데에 있다.

본 발명은, 투영 광학계와, 광원을 갖고 투영 광학계에 노광용의 조명광을 투사하는 조명계와, 투영 광학계를 통과한 조명광에 의해서 감응 기관이 노광되도록 해당 감응 기관을 지지하기 위한 기관 스테이지를 구비하고, 감응 기관의 상부 표면에 대응하는 평면 내에 조명광에 의한 쇼트 영역(shot region)을 구성하는 노광 장치에 적용하는, 광학 특성을 측정하는 방법을 제공한다.

본 방법에서는, 상기 평면을 따라 쇼트 영역 내에서 이동할 수 있는 수광 부분을 구비한 광전 센서를 마련하고, 광전 센서에 의해서 투영 광학계를 통과한 조명광을 쇼트 영역 내의 복수의 위치에서 검지하여, 그동안 수광 부분을 둘러싸는 영역을 제외한 쇼트 영역에 입사하는 조명광을 차폐한다.

또한, 본 발명은 투영 광학계와, 광원을 갖고 투영 광학계에 노광용의 조명광을 투사하는 조명계와, 투영 광학계를 통과한 조명광에 의해서 감응 기관이 노광되도록 해당 감응 기관을 지지하기 위한 기관 스테이지를 구비하고, 감응 기관의 상부 표면에 대응하는 평면 내에 조명광에 의한 쇼트 영역을 구성하는 노광 장치를 제공한다.

본 장치는, 상기 평면을 따라 쇼트 영역 내에서 이동할 수 있도록 기관 스테이지에 의해 지지된 수광 부분을 구비한 광전 센서와, 광원과 투영 광학계 사이에 배치되고, 수광 부분이 상기 평면을 따라 이동하는 동안 해당 수광 부분을 둘러싸는 영역을 제외한 쇼트 영역에 입사하는 광을 차폐하는 블라인드와, 광전 센서로부터의 신호에 근거하여, 노광 장치의 광학 특성을 얻는 제어계를 구비하고 있다.

또한, 본 발명은 마스크에 형성된 패턴의 영상을 기관 상에 투영하는 투영 광학계의 결상 특성을 보정하는 결상 특성 보정 방법을 제공한다. 이 방법은, 복수의 마크 패턴을 갖는 마스크를 준비하는 제 1 공정과; 마스크 상에 형성된 하나의 마크 패턴을 포함하는 영역을 조명광에 의해 조명하여 해당 마크 패턴의 투영 광학계를 통과한 투영 영상을 광전 검출함과 동시에, 그 투영 영상의 검출 중에, 그 검출 중인 마크 패턴 위치와 다음 마크 패턴 위치를 포함하는 제한된 영역이 조명되도록 조명 영역을 설정하는 제 2 공정과; 상기 제 2 공정을 적어도 1 회 경과한 후에, 상기 제 1 공정에서 검출된 투영 영상의 데이터로부터 투영 광학계의 결상 특성을 계산하는 제 3 공정과; 상기 제 3 공정에서의 계산 결과에 근거하여 투영 광학계의 결상 특성을 보정하는 제 4 공정을 포함한다.

이것에 의하면, 제 2 공정에 있어서, 마스크 상에 형성된 1개의 마크 패턴을 포함하는 영역을 조명광에 의해 조명하여 해당 마크 패턴의 투영 광학계를 통과한 투영 영상을 광전 검출할 때에, 그 검출 중인 마크 패턴 위치와 다음 마크 패턴 위치를 포함하는 제한된 영역이 조명되도록 조명 영역이 설정된다. 이 제 2 공정을 1 회 또는 복수 회 경과한 후에, 제 1 공정에서 검출된 각각의 투영 영상의 데이터로부터 투영 광학계의 결상 특성을 계산하는 제 3 공정이 처리되고, 그 계산 결과에 근거하여 제 4 공정에 있어서 투영 광학계의 결상 특성이 보정된다.

이와 같이, 제 2 공정에서, 마크 패턴의 투영 광학계를 통과한 투영 영상의 광전 검출이 행하여지는 동안, 그 검출 중인 마크 패턴 위치와 다음 마크 패턴 위치를 포함하는 제한된 영역이 조명되도록 조명 영역이 설정되므로, 다음 마크 패턴의 투영 영상을 검출하는 시점에서는, 조명 영역은 그 검출 대상인 마크 패턴을 포함하는 영역에 설정되어 있기 때문에 즉시 검출을 개시할 수 있어, 조명 영역의 전환이 장치의 성능에 악영향을 주지 않게 된다. 또한, 조명 영역은 어느 하나의 마크 패턴을 포함하는 영역, 최대라도 검출 중인 마크 패턴 위치와 다음 마크 패턴 위치를 포함하는 제한된 영역으로 제한되기 때문에, 마스크 및 투영 광학계의 조명광 흡수에 의한 결상 특성의 변동을 최대한 억제할 수 있다.

또한, 본 발명은 조명광에 의해 패턴이 형성된 마스크를 조명하고, 패턴의 영상을 투영 광학계를 통하여 감응 기관 상에 투영 노광하는 투영 노광 장치를 제공한다. 이 장치는, 복수의 마크 패턴을 갖는 마스크를 지지하는 마스크 스테이지와, 마스크 상의 조명 영역을 규정하는 조명 영역 규정 수단을 구비하고, 이 조명 영역 규정 수단에서 규정된 마스크 상의 조명 영역을 조명광에 의해 조명하는 조명 수단과, 감응 기관이 탑재되는 기관 스테이지와, 마스크와 기관 스테이지를 소정 방향으로 상대 이동시키는 상대 이동 수단과, 상대 이동 중에 마스크 상에 형성된 마크 패턴의 투영 광학계에 의한 투영 영상을 광전 검출하는 광전 검출 수단과, 광전 검출 수단에 의한 마스크 상의 1개의 마크 패턴의 검출 중에, 그 검출 중인 마크 패턴 위치와 다음 마크 패턴 위치를 포함하는 제한된 영역이 조명되도록, 조명 영역 규정 수단을 제어하여 조명 영역을 변경하는 제어 수단으로서 광검출 수단에 의해 검출된 투영 영상의 데이터로부터 투영 광학계의 결상 특성을 계산하는 계산 수단을 포함하고 있는 상기 제어 수단과; 계산 수단의 계산 결과에 근거하여 투영 광학계의 결상 특성을 보정하는 결상 특성 보정 수단을 구비한다.

이것에 의하면, 조명 수단에 의해서, 조명 영역 규정 수단에서 규정된 마스크 상의 소정의 조명 영역(예컨대, 마스크 상의 1개의 마크 패턴의 근방 영역)이 조명광에 의해 조명된 상태에서, 상대 이동 수단에 의해서 마스크와 기관 스테이지가 소정 방향으로 상대 이동하면, 이 상대 이동 중에, 투영 광학계를 통하여 기관 스테이지 상에 투영된 마스크 상의 마크 패턴의 투영 영상(공간 영상)이 광전 검출 수단에 의해서 광전 검출된다. 이렇게 해서, 광전 검출 수단에 의해서 1개의 마크 패턴의 투영 영상이 검출되는 동안, 제어 수단에서는 그 검출 중인 마크 패턴 위치와 다음 마크 패턴 위치를 포함하는 제한된 영역이 조명되도록, 조명 영역 규정 수단을 제어하여 조명 영역을 변경한다. 이러한 마크 패턴의 투영 영상의 검출 동작과 이것과 동시에 행해지는 조명 영역의 변경 동작이, 마스크 상의 다른 마크 패턴에 대하여 순차적으로 행해진다. 이와 같이 하여, 마크 패턴의 투영 영상의 검출이 종료되면, 계산 수단에 의해서 광전 검출 수단에 의해 검출된 투영 영상의 데이터로부터 투영 광학계의 결상 특성이 계산되고, 결상 특성 보정 수단에 의해 계산 수단의 계산 결과에 근거하여 투영 광학계의 결상 특성이 보정된다.

이와 같이, 제어 수단이 마크 패턴의 투영 광학계를 통과한 투영 영상을 광전 검출하는 동안, 그 검출 중인 마크 패턴 위치와 다음 마크 패턴 위치를 포함하는 제한된 영역이 조명되도록 조명 영역 규정 수단을 제어하여 조명 영역을 변경하기 때문에, 다음 마크 패턴의 투영 영상을 검출하는 시점에서는, 조명 영역은 그 검출대상인 마크 패턴을 포함하는 영역으로 설정되어 있으므로 즉시 검출을 개시할 수 있어, 조명 영역의 전환이 장치의 성능에 악영향을 주지 않게 된다. 또한, 조명 영역은 어느 1개의 마크 패턴을 포함하는 영역, 최대라도 검출 중인 마크 패턴 위치와 다음 마크 패턴 위치를 포함하는 제한된 영역으로 제한되기 때문에, 마스크 및 투영 광학계의 조명광 흡수에 의한 결상 특성의 변동을 최대한 억제할 수 있다.

이 경우에 있어서, 조명 영역 규정 수단은, 마스크 상의 임의의 위치에 소정 형상, 예컨대 직사각형의 조명 영역을 설정할 수 있으면 무방하고, 조명 영역 규정 수단은, 조명광의 광축에 대하여 수직인 면 내에서 조명 영역을 회전시키는 회전 기능을 구비해도 된다. 이러한 경우에는, 마스크 상에 형성되는 마크 패턴의 배치의 자유도가 향상된다고 하는 이점이 있다.

또한, 이 경우에 있어서, 광전 검출 수단은 마크 패턴의 공간 영상을 직접 광전 검출해도 무방하지만, 광검출 수단에 의해 검출되는 투영 영상의 데이터가, 마크 패턴의 공간 영상의 적분 데이터인 경우에는, 계산 수단이, 적분 데이터를 상대 주사 방향에 대하여 미분하도록 하면 된다. 이와 같이 하여도, 마크 패턴의 공간 영상 데이터를 얻을 수가 있으므로, 공간 영상의 데이터에 기초한 결상 특성의 계산, 이 계산 결과에 근거한 투영 광학계의 결상 특성의 보정이 가능하게 된다.

통상, 광전 검출 수단에 의해 검출되는 투영 영상의 데이터가, 마크 패턴의 공간 영상의 적분 데이터인 경우에는, 마스크 상의 마크 패턴의 크기에 대응하는 개구부가 기판 스테이지 상에 마련되고, 이 개구부를 통하여 마크 패턴의 광전 검출이 행하여지기 때문에, 신호가 슬릿 형상의 개구부를 마련하는 경우와 같이 평균화되지 않으므로, 실제의 상에 보다 가까운 신호를 얻을 수 있다.

또한, 투영 광학계의 결상 특성은 다양하게 들 수 있지만, 계산 수단이, 배율, 왜곡(distortion), 코마(coma), 구면(spherical), 포커스 및 필드 만곡 중에서 적어도 하나를 계산함과 동시에, 결상 특성 보정 수단은, 계산 수단에서 계산된 결상 특성을 보정해도 무방하다. 이와 같은 결상 특성 보정 수단은, 예컨대 투영 광학계를 구성하는 렌즈 요소의 일부를 광축 방향 혹은 경사 방향으로 구동하는 수단, 또는 그 일부 렌즈 요소 상호간의 밀봉 공간의 압력을 조정하는 수단 등의 비교적 구성이 간단한 수단에 의해 실현된다.

또한, 본 발명은 마스크 상의 패턴의 영상을 투영 광학계를 통하여 감응 기관 상에 투영하는 노광 장치로서, 투영 광학계의 영상면 측의 소정면 내를 이동하면서, 감응 기관 상을 조명하는 조명광의 광 강도 분포를 측정하는 광전 변환 수단과, 감응 기관의 노광면과 거의 동일한(conjugated) 위치에 배치되고, 감응 기관 상의 조명 영역을 규정하는 차광 수단을 구비하고, 광 강도 분포를 측정할 때에, 차광 수단에 의해 규정되는 조명 영역이 광 강도 분포의 측정 범위보다도 적게 되도록, 광전 변환 수단의 이동에 대응하여 차광 수단을 제어하는 제어 수단을 구비하는 것을 제공한다.

또한, 제어 수단이, 광전 변환 수단이 설치된 스테이지부의 이동에 대응하여 차광 수단(4)을 제어하도록 할 수 있다.

이 경우, 투영 광학계에 입사하는 조명광의 광량을 저하시키는 차단 수단에 의해 투영 광학계에 투과하는 조명광의 광량이 제한되고, 또한 광전 변환 수단의 이동과 차광 수단의 이동이 동기하여 이동함으로써, 측정 범위의 각 측정 위치에 있어서의 광전 변환 수단의 수광면에서의 조명광의 광량은, 차단 수단에 의해 투영 광학계에 투과하는 조명광의 광량이 제한되지 않을 때와 같은 상태에서, 측정 범위에서의 광 강도 분포를 측정할 수 있다.

또한, 본 발명은 마스크 상의 패턴을 투영 광학계를 통하여 감응 기관 상에 투영하기 위해서 그 감응 기관 상을 조명하는 조명광의 광 강도 분포를 측정하는 측정 방법으로서, 광 강도 분포의 측정 중에, 그 광 강도 분포를 구하는 측정 범위 내에서 광전 변환 수단을 이동시키고, 광 강도 분포의 측정 중에, 조명광의 조명 영역을 측정 범위보다도 작게 하고, 또한 광전 변환 수단의 위치에 대응하여 변경하는 것을 제공한다.

이 경우, 투영 광학계에 입사하는 조명광의 광량을 저하시키는 차광 수단에 의해 투영 광학계에 투과하는 조명광의 광량이 제한되고, 또한 광전 변환 수단의 이동과 차광 수단의 이동이 동기하여 이동함으로써, 측정 범위의 각 측정 위치에 있어서, 광전 변환 수단의 수광면에서의 조명광의 광량은, 차광 수단에 의해 투영 광학계에 투과하는 조명광의 광량이 제한되지 않을 때와 같은 상태에서, 측정 범위에서의 광 강도 분포를 측정할 수 있다.

또, 차광 수단으로 조명 영역을 설정함으로써, 적어도 광전 변환 수단이 존재하는 영역 및 그 근방을 조명 영역으로 하여, 차광 수단을 구동함으로써 조명 영역을 이동시키고, 동시에 조명 영역 내에 광전 변환 수단의 수광면을 이동시키도록 제어함으로써, 측정 범위에 있어서의 각 측정 위치에서의 광전 변환 수단의 수광면에서의 조명광의 광량은, 차광 수단에 의해 투영 광학계에 투과하는 조명광의 광량이 제한되지 않을 때와 같은 상태에서, 측정 범위에서의 광 강도 분포를 측정할 수 있다.

### 발명의 구성 및 작용

이하, 본 발명의 제 1 실시예를 도 1 내지 도 10을 참조하여 설명한다.

도 1에는, 제 1 실시예에 따른 투영 노광 장치(10)의 구성이 개략적으로 도시되어 있다. 이 투영 노광 장치(10)는, 마스크로서의 레티클 R 상에 형성된 패턴 영상을 스텝 앤드 리피트(step-and-repeat) 방식에 의해 투영 광학계 PL을 통하여 기판(및 감응 기관)으로서의 웨이퍼 W의 쇼트 영역에 투영하는 축소 투영형의 노광 장치(소위, 웨이퍼 스테퍼)이다.

이 투영 노광 장치(10)는, 광원(12)을 포함하는 조명 수단으로서의 조명계(11), 레티클 R을 유지하는 레티클 스테이지 RS, 레티클 R에 형성된 패턴 상(像)을 웨이퍼 W 상에 투영하는 투영 광학계 PL, 기관 스테이지로서의 웨이퍼 스테이지(50), 투영 광학계 PL의 배율·왜곡(distortion) 등의 결상 특성을 보정하는 결상 특성 보정 장치, 포커스 보정 장치(이것도 결상 특성 보정 장치의 일종이다) 및 제어계 등을 구비하고 있다.

조명계(11)는, 고압 수은 램프 혹은 엑시머 레이저(excimer laser) 등으로 이루어진 광원(12), 조명광의 광로를 개폐하는 셔터(14), 광학 인티그레이터(optical integrator)(플라이 아이 렌즈(fly-eye lens)) 등을 포함하는 조도 균일화 광학계(16), 조명계 개구 조리개판(revolver)(18), 조명광의 조명 필드, 즉 레티클 R 상의 조명 영역을 규정하는 조명 영역 규정 장치로서의 가변 블라인드(시아 조리개)(20)를 포함한다. 셔터(14)는, 구동부(22)에 의해 구동되어 광원(12)으로부터 방출된 조명광 IL(i선, g선, 엑시머 레이저 광(KrF, ArF) 등)을 투과 또는 차광시킨다. 셔터(14)의 후방 광로 상에는 조도 균일화 광학계(16)가 배치되고, 여기서 조명광 IL의 광속의 균일화 및 스펙클(speckle)의 저감화 등이 실행된다. 이 조도 균일화 광학계(16)의 출구 부분에는, 원판 형상 부재로 이루어진 조명계 개구 조리개판(18)이 배치되어 있다. 이 조명계 개구 조리개판(18)에는, 거의 등각도 간격으로, 예컨대 통상의 원형 개구로 구성되는 개구 조리개, 작은 원형 개구로 구성되고 코히어런스 팩터(coherence factor)인  $\sigma$ 치를 작게 하기 위한 개구 조리개, 고리 띠 영역 조명용의 고리 띠 형상의 개구 조리개 및 변형 광원법용(變形光源法用)으로 복수의 개구를 편심시켜 배치하여 구성되는 변형 개구 조리개(모두 도시 생략)가 배치되어 있다. 이 조명계 개구 조리개판(18)은, 주 제어 장치(26)에 의해 제어되는 모터 등의 구동 기구(24)에 의해 회전 구동되도록 되어 있고, 이에 따라 어느 하나의 개구 조리개가 조명광의 광로 상에 선택적으로 설정된다.

조명계 개구 조리개판(18)의 후방 광로 상에는, 하프 미러(half mirror)(28)가 배치되고, 이 하프 미러(28) 후방의 조명광 IL의 광로 상에는, 조명 영역 규정 장치로서의 가변 블라인드(20)를 삽입시켜, 1 세트의 릴레이 렌즈(34a, 34b)가 설치되어 있다. 가변 블라인드(20)의 설치면은 레티클 R과 공액 관계(conjugate relation)에 있고, 구동 기구(36)에 의해 가변 블라인드(20)를 구성하는 가동 블레이드를 개폐시켜 개구 위치 및 형상을 변경함으로써 레티클 R 상의 조명 영역(조명 시야)을 임의적으로 설정할 수 있게 되어 있다. 이 가변 블라인드(20)의 구체적인 구성에 대해서는, 이하에 후술한다.

1 세트의 릴레이 렌즈(34a, 34b)의 후방의 조명광 IL의 광로 상에는, 해당 릴레이 렌즈(34a, 34b) 세트를 통과한 조명광 IL을 레티클 R을 향하여 반사하는 미러(37)가 배치되고, 이 미러(37) 후방의 조명광 IL의 광로 상에는 콘덴서 렌즈(38)가 배치되어 있다.

상기 가변 블라인드(20)는, 도 4에 도시한 바와 같이, 거의 정방형의 판부재로 이루어진 베이스판(70)과, 이 베이스판(70)의 상면에 회전이 자유롭게 장착된 원판 부재(72)와, 이 원판 부재(72)의 상면에 고정된 4개의 모터(74a, 74b, 74c, 74d)에 의해서 독립적으로 YZ면 내에서 구동되는 4 장의 블레이드(76a, 76b, 76c, 76d)를 구비하고 있다. 이 중, 블레이드(76a, 76b)는 모터(74a, 74b)에 의해서 각각  $\pm Z$  방향으로 구동되고, 블레이드(76c, 76d)는 모터(74c, 74d)에 의해 각각  $\pm Y$  방향으로 구동되도록 구성되어 있고, 이에 따라, 블라인드 개구(78)를 임의의 형상(크기를 포함한다)의 직사각형으로 설정할 수 있도록 되어 있다.

여기서, 원판 부재(72)의 회전 기구에 대하여 설명하면, 도 4에서 베이스판(70)의 상면(X축 방향의 한쪽 면)에는 고리 형상의 볼록부(70a)가 돌출하여 설치되어 있고, 이 고리 형상의 볼록부(70a)의 내주측에 도 4에 있어서 원판 부재(72)의 하면으로 돌출하여 설치된 보스부(도시하지 않음)가 볼·베어링(ball bearing)(도시하지 않음)을 통하여 결합되어 있다. 또한, 원판 부재(72)의 외주부 1/4의 부분에는 톱니부(72a)가 형성되어 있고, 이 톱니부(72a)에 맞물리는 구동 기어(82)가 베이스판(70) 상에 고정된 모터(80)의 회전축에 고정되어 있다. 이 때문에, 모터(80)의 회전에 의해 구동 기어(82)가 회전하고, 이 회전력이 톱니부(72a)를 통하여 원판 부재(72)에 전달됨으로써, 고리 형상의 볼록부(72a)에 대하여 보스부(도시하지 않음)와 일체적으로 원판 부재(72)가 보스부 중심을 회전 중심으로 하여 약 90°의 범위 내에서 회전하도록 구성되어 있다. 또, 원판 부재(72)의 보스부의 내주측은 개구가 형성되어 있고, 이 개구의 크기는 도 4에 도시한 블라인드 개구(78)보다 크게 되어 있는 것은 물론이다.

상기한 바와 같이 구성된 가변 블라인드(20)는, 레티클 R의 패턴면 상에서 조명 영역을 임의의 직사각형으로 규정할 수 있고, 또한 그 직사각형의 조명 영역을 회전시키는 기능도 구비하고 있다. 이 경우, 모터(74a, 74b, 74c, 74d, 80) 및 구동 기어(82) 등에 의해서 도 1의 구동 기구(36)가 구성되어 있다.

도 1을 다시 참조하면, 레티클 R은 레티클 스테이지 RS 상에 탑재되고, 도시하지 않은 레티클 홀더에 의해 유지되어 있다. 레티클 스테이지 RS는 수평면 내에서 2차원 이동 가능하게 구성되어 있고, 레티클 R이 레티클 스테이지 RS에 탑재된 후, 레티클 R의 패턴 영역 PA의 중심점이 광축 AX과 일치하도록 위치 결정되어진다. 레티클 R의 초기 설정은, 도시하지 않은

레티클 얼라이먼트계에 의해 레티클 주변의 얼라이먼트 마크(도시 생략)를 광전 검출하고, 이 마크 검출 신호에 근거하여, 레티클 스테이지 RS를 미세하게 이동시킴으로써 실행된다. 레티클 R은 도시하지 않은 레티클 교환기에 의해 적절히 교환되어 사용된다.

투영 광학계 PL는, 양측이 텔레센트릭(telecentric)한 광학 배치가 되도록, 공통의 광축을 갖는 복수 개의 렌즈 요소(40a, 40b, ……)로 구성되어 있다. 렌즈 요소중, 레티클 스테이지 RS에 가장 가까운 가장 상측의 렌즈 요소(40a)는, 링 형상의 지지 부재(42)에 의해 유지되고, 이 지지 부재(42)는 신축 가능한 구동 소자, 예컨대 압전 소자(44a, 44b, 44c)(지면 내측의 구동 소자(44c)는 도시하지 않음)에 의해, 3점이 지지됨과 동시에 렌즈 베럴(lens barrel)부(46)와 연결되어 있다. 상기 구동 소자(44a, 44b, 44c)에 의해서, 렌즈 요소(40a)의 주변 3점을 독립적으로, 투영 광학계 PL의 광축 AX 방향으로 이동시킬 수 있도록 구성되어 있다. 즉, 렌즈 요소(40a)를 구동 소자(44a, 44b, 44c)의 변위량에 따라 광축 AX을 따라 평행 이동시킬 수 있고, 광축 AX과 수직인 평면에 대하여 임의로 경사시킬 수도 있다. 그리고, 이들 구동 소자(44a, 44b, 44c)에 인가되는 전압이, 주 제어 장치(26)로부터의 명령에 근거하여 결상 특성 보정 콘트롤러(48)에 의해 제어됨으로써 구동 소자(44a, 44b, 44c)의 변위량이 제어되도록 되어 있다. 또, 도 1 중에서, 투영 광학계 PL의 광축 AX이란, 렌즈 베럴부(46)에 고정되어 있는 렌즈 요소(40b) 및 그 밖의 다른 렌즈 요소(도시 생략)의 광축을 가리킨다.

또한, 본 실시예에 있어서는, 투영 광학계 PL의 광축 방향의 중앙부 근방의 특정한 렌즈 요소 상호간에는 밀봉실(49)이 형성되어 있고, 이 밀봉실(49)의 내압은 도시하지 않은 압력 조정 기구(예컨대, 벨로즈(bellows) 펌프 등)에 의해 조정되도록 구성되어 있다. 이 압력 조정 기구도 주 제어 장치(26)로부터의 명령에 근거하여 결상 특성 보정 콘트롤러(48)에 의해서 제어됨으로써 밀봉실(49)의 내압이 조정되도록 되어 있다.

여기서, 렌즈 요소(40a)를 광축 AX 방향을 따라 이동시킴으로써 투영 광학계 PL의 배율을 변경하거나, 디스토션을 변경하거나 할 수 있는 것은 명백하고, 또한, 투영 광학계 PL 내부의 밀봉실(49)의 내압을 변화시킴으로써 배율을 변경할 수 있는 것이 명백하기 때문에, 본 실시예에서는 구동 소자(44a, 44b, 44c), 밀봉실(49) 및 구동 소자의 변위량, 밀봉실의 내압을 제어하는 결상 특성 보정 콘트롤러(48)에 의해서 주로 배율 및 디스토션을 제어하는 결상 특성 보정 장치가 구성되어 있다.

또, 투영 광학계 PL의 렌즈 요소(40a)와는 다른 렌즈 요소, 예컨대 렌즈 요소(40b)를 광축 AX을 따라 평행 이동시킴과 동시에, 광축 AX과 수직적인 면에 대하여 임의로 경사지도록 구성하고, 렌즈 요소(40a, 40b)를 각각 구동하여 배율과 디스토션을 조정하도록 해도 된다. 또한, 투영 광학계 PL의 렌즈 요소(40a, 40b) 이외의 적어도 하나를, 렌즈 요소(40a)와 마찬가지로 이동 가능하게 구성하고, 투영 광학계 PL의 디스토션 이외의 수차를 조정하도록 구성해도 된다. 예컨대, 투영 광학계 PL의 3개의 렌즈 요소를 각각 이동 가능하게 구성하여, 비점 수차, 코마 수차 및 구면 수차를 조정하도록 구성해도 된다. 이 때, 비점 수차를 조정함에 따라 투영 광학계 PL의 영상면 구부러짐도 변화하지만, 전술한 밀봉실(49)의 내압을 변화시켜 영상면 구부러짐(페츠벌 상면:petzval image surface)을 조정하도록 구성하여도 무방하다.

또한, 본 실시예에서는, 미리 실험을 통해 렌즈 요소(40a)의 상하량과 배율 변화량의 관계를 구해, 이것을 주 제어 장치(26) 내부의 메모리에 기억시켜 두고, 보정시에 주 제어 장치(26)가 보정하는 배율로부터 렌즈 요소(40a)의 상하량을 계산하고, 결상 특성 보정 콘트롤러(48)에 지시를 하여 구동 소자(44a, 44b, 44c)를 구동함으로써 배율 보정을 하도록 구성되어 있다. 또, 상기 렌즈 요소(40a)의 상하량과 배율 변화량의 관계는 광학적인 계산치를 이용해도 되고, 이 경우에는 상기 렌즈 요소(40a)의 상하량과 배율 변화량의 관계를 구하는 실험 공정을 생략할 수 있다.

상기한 바와 같이, 레티클 R에 가장 가까운 렌즈 요소(40a)는 이동 가능하게 구성되어 있는 데, 이 렌즈 소자(40a)는 배율 및 디스토션 특성에 주는 영향이 다른 렌즈 요소에 비해서 크고, 제어하기 쉬운 것 중의 하나로서 선택한 것으로, 동일한 조건을 만족하는 요소라면, 이 렌즈 요소(40a) 대신에 다른 렌즈 요소를 렌즈 간격 조절을 위해 이동 가능하게 구성하여도 무방하다.

마찬가지로, 본 실시예에서는, 밀봉실(49)의 내부 압력의 변화와 배율 변화의 관계를 미리 실험을 통하여 정의해 두고, 이것을 주 제어 장치(26) 내부의 메모리에 기억시켜, 보정시에 주 제어 장치(26)가 보정하는 배율로부터 밀봉실(49)의 내압의 가변량을 계산하여, 결상 특성 보정 콘트롤러(48)에 명령하여 밀봉실(49)의 내압을 증감시킴으로써 배율 보정을 할 수도 있게 구성되어 있다. 기본적으로는, 배율은 밀봉실(49)의 내부 압력에 비례하여 변화한다. 이 경우에도, 내부 압력 변화에 의한 굴곡을 변화와, 내부 압력 변화에 의한 밀봉부의 격벽(barrier)을 구성하는 렌즈 요소의 변형이나 이동을 시뮬레이션을 통하여 계산하여 구할 수도 있다.

이밖에, 예컨대, 투영 광학계 PL을 구성하는 일부 렌즈 요소로서 비구면 형상 렌즈를 이용하고, 이것을 회전시키도록 구성 하더라도 무방하다. 이 경우에는, 소위 마름모꼴 디스토션의 보정이 가능하게 된다. 혹은, 투영 광학계 PL 내에 평행 평면 판을 마련하고, 이것을 경사지게 하거나, 회전시키는 등의 기구를 이용하여 결상 특성 보정 장치를 구성하여도 된다.

상기 웨이퍼 스테이지(50)는, 투영 광학계 PL의 아래쪽으로 배치되어 있다. 이 웨이퍼 스테이지(50)는, 실제로는 수평면 (XY 면) 내를 2차원 이동 가능한 XY 스테이지와, 이 XY 스테이지 상에 탑재되어 광축 방향(Z 방향)으로 미세하게 이동 가능한 Z 스테이지 등으로 구성되는데, 도 1에서는 이들이 대표적으로 웨이퍼 스테이지(50)로서 도시되어 있다. 이하의 설명에 있어서, 이 웨이퍼 스테이지(50)는, 구동계(54)에 의해서 XY 2 차원 방향으로 구동됨과 동시에 미소한 범위(예컨대, 100 $\mu$ m 정도) 내에서 광축 AX 방향으로도 구동되도록 구성되어 있는 것으로 한다.

웨이퍼 W는 웨이퍼 스테이지(50) 상에 웨이퍼 홀더(52)를 통하여 진공 흡착 등에 의해서 고정되어 있다. 웨이퍼 스테이지 (50)의 2차원적인 위치는, 해당 웨이퍼 스테이지(50) 상에 고정된 이동 미러(53)를 통하여 레이저 간섭계(56)에 의해서, 예컨대 0.01 $\mu$ m 정도의 분해능(resolution)으로 상시 검출되고, 이 레이저 간섭계(56)의 출력은 주 제어 장치(26)에 입력되고 있다. 그리고, 주 제어 장치(26)로부터의 명령이 스테이지 콘트롤러(58)에 입력되어, 스테이지 콘트롤러(58)에 의해서 구동계(54)가 제어된다. 이와 같은 폐 루프(closed loop)로 구성된 제어계에 의해, 예컨대, 웨이퍼 스테이지(50)는 웨이퍼 W 상의 1개의 쇼트 영역에 대한 레티클 R의 패턴의 전자 노광(transcribing exposure)이 종료되면, 다음 쇼트 위치까지 위치 조정(steping)된다.

상기 포커스 보정 장치는, 투영 광학계 PL의 결상면을 향해 핀 홀(pinhole) 또는 슬릿 slit)의 상을 형성하기 위한 결상 광속 혹은 평행 광속을, 광축 AX에 대하여 경사 방향으로부터 조사하는 조사 광학계(60a)와, 그 결상 광속 또는 평행 광속의 웨이퍼 W 표면에서의 반사 광속을 수광하는 수광 광학계(60b)로 이루어진 경사 입사광식(oblique-incidence method)의 초점 검출계와, 수광 광학계(60b) 내의 도시하지 않은 평행 평판의 반사 광속의 광축에 대한 경사를 주 제어 장치(26)로부터의 명령에 따라 제어함으로써, 초점 검출계에 오프셋(offset)을 제공하여 투영 광학계 PL의 포커스의 변동을 보정하는 포커스 보정 콘트롤러(62)를 구비하고 있다. 수광 광학계(60b)로부터의 초점 오프셋 신호(디포커스 신호)는 전술한 스테이지 콘트롤러(58)에 입력되고, 스테이지 콘트롤러(58)에서는 초점 오프셋 신호, 예컨대 S 커브 신호에 근거하여 초점 오프셋이 영(zero)이 되도록 웨이퍼 스테이지(50)의 Z 위치를 구동계(54)를 통하여 제어함으로써, 자동 포커스(자동 초점 맞추기)가 실행된다.

또, 수광 광학계(60b) 내에 평행 평판을 마련하여 초점 검출계(60a, 60b)에 오프셋을 제공하도록 한 것은, 예컨대, 배율 보정을 위해 렌즈 요소(40a)를 상하로 이동 조정함으로써 포커스도 변화하고, 또한, 투영 광학계 PL가 노광 광을 흡수함으로써 결상 특성이 변화하여 결상면의 위치가 변동하기 때문에, 이러한 경우에 초점 검출계에 오프셋을 제공하여, 초점 검출계의 초점 맞춤 위치를 투영 광학계 PL의 결상면의 위치에 일치시킬 필요가 있기 때문이다. 이 때문에, 본 실시예에서는, 렌즈 요소(40a)의 상하량과 포커스 변화량의 관계도 미리 실험을 통해서 정의해 두고, 주 제어 장치(26) 내부의 메모리에 기억하고 있다. 또, 렌즈 요소(40)의 상하량과 포커스 변화량의 관계는 계산치를 이용해도 된다.

제어계는, 도 1에서, 주 제어 장치(26)에 의해서 주로 구성된다. 주 제어 장치(26)는, CPU(중앙 연산 처리 장치), ROM(read only memory) 및 RAM(random access memory) 등으로 이루어진 소위 마이크로컴퓨터(또는, 미니 컴퓨터)에 의해서 구성되고, 노광 동작이 정확하게 실행되도록, 레티클 R과 웨이퍼 W의 위치 정렬, 웨이퍼 W의 위치 조정 (stepping), 셔터(14)에 의한 노광 타이밍 등을 통괄하여 제어한다. 또한, 주 제어 장치(26)는 결상 상태를 보정하기 위해서, 후술하는 바와 같은 계측 마크(마크 패턴)의 투영 영상(공간 영상)의 검출 결과에 근거하여 투영 광학계 PL의 결상 특성의 변동량을 연산으로 산출함과 동시에, 결상 특성 보정 콘트롤러(48)를 비롯하여 장치 전체를 통괄 제어한다.

상기한 바와 같이 하여 구성된 노광 장치(10)에 있어서, 노광 시에는, 광원(12)으로부터 조사된 조명광 IL은, 셔터(14)를 통과한 후에 조도 균일화 광학계(16)로 향한다. 조명광 IL은 조도 균일화 광학계(16)를 통과함으로써 광속이 일정하게 되고, 조명계 개구 조리개관(18)의 개구 조리개에 의해 조명광의 조명 필드가 제한된 후에, 미러(28)에서 반사되어 릴레이 렌즈(34a, 34b) 및 가변 블라인드(20)에 입사한다. 조명광 IL은, 이들 렌즈(34a, 34b) 및 가변 블라인드(20)에서 레티클 R의 조명 영역이 규정(제한)된 후, 미러(37)에 의해 수직 하방향으로 반사되어 콘덴서 렌즈(38)에 입사되고, 이어서, 레티클 R의 상기 조명 영역 내의 패턴 영역 PA를 균일한 조도로 조명한다. 레티클의 패턴 영역 PA를 통과한 조명광 IL은 투영 광학계 PL에 입사한다. 투영 광학계 PL을 투과한 광속은 웨이퍼 W 상의 하나의 쇼트 영역에 집광되어, 레티클 R의 회로 패턴 상을 그 영역 상에 결상한다. 결상 상태는 후술하는 방법으로 보정된다.

다음으로, 투영 광학계 PL의 결상 특성을 계측하기 위해서, 레티클 R에 형성된 계측 마크(마크 패턴)의 투영 광학계 PL을 통과한 투영 영상을 광전 검출하는 광전 검출 장치로서의 광전 센서 유닛(100)에 대하여, 도 2를 참조하여 설명한다.

도 2에는, 이 광전 센서 유닛(100)을 포함하는 도 1의 웨이퍼 스테이지(50) 근방 부분이 확대되어 표시되어 있다. 도 2에서, 웨이퍼 스테이지(50)의 한쪽 단부 상면에는, 상부가 개구된 돌출부(50a)가 마련되어 있고, 이 돌출부의 개구를 막은 상태에서 수광 유리(62)가 삽입되어 있다. 이 수광 유리(62)의 상면에는, 도 3의 확대 평면도에 도시한 바와 같이, 중앙부에 거의 정방형의 개구 패턴(64)이 형성되어 있다. 도 3에서, 사선 부분(빗금친 부분)은 크롬 층에 의해 형성된 차광 밴드(64a)를 나타낸다.

도 2를 다시 참조하면, 개구 패턴(64)의 하방향의 웨이퍼 스테이지(50) 내부에는, 렌즈(66, 68)로 이루어진 릴레이 광학계와, 이 릴레이 광학계(66, 68)에 의해 소정의 광로 길이만큼 릴레이되는 조명 광속(영상 광속)의 광로를 굴곡시키는 굴곡 미러(69)로 구성되는 수광 광학계와, 실리콘 포토다이오드(silicon photodiode) 또는 포토 멀티플라이어(photo multiplier) 등의 광전 변환 소자로 이루어진 광전 센서(70)가 배치되어 있다.

본 실시예에서는, 상기 웨이퍼 스테이지(50)의 한쪽 단부 상면의 돌출부(50a), 수광 유리(62), 수광 유리(62) 상의 차광 밴드(64a)에 의해 형성된 개구 패턴(64), 릴레이 광학계(66, 68), 굴곡 미러(69) 및 광전 센서(70)에 의해서 광전 센서 유닛(100)이 구성되어 있다.

이 광전 센서 유닛(100)에 의하면, 후술하는 레티클 R에 형성된 계측 패턴의 투영 광학계 PL을 통과한 투영 영상의 검출 시에는, 투영 광학계 PL을 통과한 조명광 IL이 수광 유리(62)를 조명하고, 수광 유리(62) 상의 개구 패턴(64)을 통과한 조명광 IL이 상기 수광 광학계를 통하여 광전 센서(70)에 도달하고, 광전 센서(70)에서는 광전 변환을 하여 수광량에 따른 광량 신호 P를 주 제어 장치(26)에 출력한다.

다음에, 상기 광전 센서 유닛(100)을 이용한 레티클 R 상의 계측 마크의 투영 영상의 검출 방법에 대하여 설명한다. 또한, 그 상세한 설명은 미국 특허 제 5,650,840호에 개시되어 있다.

여기서는, 레티클 R 상에, 도 5에 도시된 바와 같은 5개의 바 마크(bar mark)로 이루어진 라인 앤드 스페이스(L/S)의 마크 패턴으로서의 계측 마크(90)가 형성되어 있는 것으로 상정한다. 도 5에 있어서 사선 부분(빗금친 부분)은 차광 밴드를 나타내고 있다.

이 투영 영상의 검출은, 투영 광학계 PL의 광축 AX과 정합된 위치에, 수광 유리(62) 상의 개구 패턴(64)의 웨이퍼 홀더(52)측의 차광부(64a)가 위치하도록, 웨이퍼 스테이지(50)를 이동한 상태에서 개시된다.

이 개시 위치에서는, 조명계(11)로부터의 조명광 IL에 의해 계측 마크(90)가 조명되면, 이 계측 마크(90) 부분(5개의 바 마크)을 통과한 조명광 IL에 의해서 웨이퍼 스테이지(50)에서의 수광 유리(62) 상의 개구 패턴(64)의 웨이퍼 홀더(52)측의 차광부(64a)에 계측 마크(90)의 투영 영상(90')이 결상된다. 이 때의 상태가 도 6에 도시되어 있다.

그리고, 주 제어 장치(26)로부터의 지시에 따라, 스테이지 컨트롤러(58)에서는 구동계(54)를 통하여 웨이퍼 스테이지(50)를 -X 방향으로 소정 속도로 이동시킨다. 이에 따라 계측 마크(90)의 투영 영상(90')의 우측으로부터 서서히 개구 패턴(64)에 겹치게 된다. 계측 마크(90)의 투영 영상(90')과 개구 패턴(64)의 중첩이 증가함에 따라서, 광전 센서(70)에 입사하는 광량이 증가되고, 계측 마크(90)의 투영 영상(90')과 개구 패턴(64)이 정확히 겹쳤을 때 최대 광량이 된다. 그 후, 웨이퍼 스테이지(50)가 -X 방향으로 더 이동하면, 이번에는 광전 센서(70)에 입사하는 광량이 서서히 감소하고, 계측 마크(90)의 투영 영상(90')과 개구 패턴(64)의 중첩이 없을 때에 광전 센서(70)에 입사하는 광량은 0이 된다.

이 때의 광량의 변화가 도 7a에 도시되어 있다. 주 제어 장치(26)에서는, 이 도 7a에 도시된 바와 같은 광량 신호 P의 파형(실제로는, 소정의 샘플링 간격으로 수신된 디지털 데이터이다)을 주사 방향에 대하여 미분함으로써 도 7b에 도시한 것과 같은 미분 파형을 계산한다. 이 도 7b에서 명백해진 바와 같이, 개구 패턴(64)의 주사 방향 앞측의 에지가 계측 마크의 투영 영상(90')을 가로지르는 상태에서는 서서히 광량이 증가한다. 즉, 미분 파형이 플러스측에서 형성된다. 그 반대로, 개구 패턴(64)의 주사 방향 후측의 에지가 계측 마크(90)의 투영 영상(90')을 가로지르는 상태에서는 서서히 광량이 감소한다. 즉, 미분 파형이 마이너스측에서 형성된다.

그리고, 주 제어 장치(26)에서는 도 7b에 도시한 것과 같은 미분 파형에 기초하여 푸리에 변환법 등의 공지의 신호 처리를 실시하여, 계측 마크(90)가 투영된 광학 영상(공간 영상)을 검출한다.

이상에서 설명한 바와 같은 검출 방법을 이용하여, 레티클 R 상에 배치된 복수의 계측 마크의 투영 영상(공간 영상)을 검출함으로써, 투영 광학계 PL의 배율이나 디스토션 등의 결상 특성을 구할 수 있다(이 결상 특성의 산출 방법에 대해서는 다시 후술한다). 또한, 상기 검출 방법에서는, 계측 마크(90)의 투영 영상(90')을 직접 검출하고 있기 때문에, 배율이나 디스토션을 포함한 투영 광학계 PL의 광학 성능도 예상할 수 있다.

다음으로, 레티클 R 상의 복수의 계측 마크의 투영 영상의 검출 순서에 대하여 설명한다.

여기서는, 도 8a~도 8f에 표시되는 레티클 R 상의 6개의 마크 패턴으로서의 계측 마크(90a~90f)를 순차적으로 계측하는 경우에 대하여 설명한다.

우선, 주 제어 장치(26)에서는 레티클 R 상의 우측 상단부에 위치하는 계측 마크(90a) 근방의 부분 영역이, 조명 영역(102)으로서 규정되도록 구동 기구(36)를 통하여 블라인드(20)를 구동한다.

다음으로, 전술한 검출 방법에 의해 계측 마크(90a)의 투영 광학계 PL을 통과한 투영 영상을 검출한다. 이 검출 중에, 주 제어 장치(26)에서는, 다음 포인트인 계측 마크(90b)를 포함하는 제한된 영역이 조명 영역으로 되도록 구동 기구(36)를 통하여 블라인드(20)를 구동하여 조명 영역을 확대한다. 즉, 주 제어 장치(26)에서는, 도 8a에 도시되는 조명 영역(102)으로부터 도 8b에 도시되는 조명 영역(103)으로 변경되도록, 블라인드(20)의 블레이드(76d)를 -Y 방향으로 소정량 구동해 놓은 것이다.

그리고, 계측 마크(90a)의 투영 영상의 검출이 종료되면, 계측 마크(90b)의 투영 영상의 검출 동작을 개시한다. 그리고, 전술한 바와 같은 검출 방법에 의해, 계측 마크(90b)의 투영 영상을 검출하고 있는 동안, 다음 포인트인 계측 마크(90c)를 포함하는 제한된 영역이 조명 영역으로 되도록 구동 기구(36)를 통하여 블라인드(20)를 구동한다. 즉, 주 제어 장치(26)에서는, 도 8b에 도시된 조명 영역(103)의 상태에서부터 도 8c에 도시된 조명 영역(104)으로 변경되도록 블라인드(20)를 구동해 놓은 것이다. 이 경우의 조명 영역의 변경은, 조명 영역(103)의 크기 그대로 조명 영역(104)의 상태로 이행하도록, 블레이드(76c, 76d)를 동일 속도로 동일 양만큼 -Y 방향으로 동시에 구동하여도 되고, 혹은 일단 계측 마크(90b)의 주변만을 조명하도록 조명 영역을 적게 한 후 조명 영역(24)의 크기로 되도록, 블레이드(76c)만을 -Y 방향으로 소정량 구동한 후, 블레이드(76d)만을 -Y 방향으로 동일한 양만큼 구동하더라도 무방하다.

그리고, 계측 마크(90b)의 투영 영상의 검출이 종료되면, 계측 마크(90c)의 투영 영상의 검출로 이행한다. 이 계측 마크(90c)의 투영 영상의 검출을 개시할 때에는, 상기와 같이, 블라인드(20)에 의해 조명 영역(104)이 규정되어 있다. 그리고, 주 제어 장치(26)에서는 전술한 검출 방법에 의해 계측 마크(90c)의 투영 영상을 검출하고 있는 동안, 다음 계측 포인트인 계측 마크(90d)까지 조명되도록, 조명 영역(104)이 도 8f에 도시된 조명 영역(108)이 되도록 블라인드(20)를 구동하여 조명 영역을 변경해 놓는다. 이 경우에 있어서, 주 제어 장치(26)에서는 도 8e에 도시된 조명 영역(106)과 같이 계측 마크(90c)의 주변만을 조명하도록 일단 조명 영역을 적게 설정한 뒤에, 조명 영역(108)으로 변경되도록 블라인드(20)를 구동하여도 되고, 혹은 조명 영역(104)이 도 8d에 도시된 조명 영역(107a→107b→107c)으로 순차적으로 변화한 뒤 조명 영역(108)으로 되도록 블라인드(20)를 구동하더라도 무방하다. 전자의 조명 영역의 변경은 블레이드(76c)만을 일단 소정량 만큼 -Y 방향으로 구동한 후, 블레이드(76a)를 + Z 방향으로 소정량 구동함으로써 실현되고, 또한, 후자의 조명 영역의 변경은 블레이드(76c)를 소정 속도로 -Y 방향으로 구동함과 동시에 블레이드(76a)를 + Z 방향으로 소정 속도로 구동함으로써 실현된다. 후자의 경우에는, 블레이드(76c)와 블레이드(76a)가 동시에 구동되기 때문에, 최단시간에 조명 영역을 조명 영역(104)으로부터 조명 영역(108)으로 변경할 수 있다.

이후, 마찬가지로 해서, 계측 마크(90d, 90e, 90f)의 투영 영상을 검출하는 데, 계측 마크(90d, 90e)의 투영 영상의 검출 중에는 다음 계측 마크 위치까지 조명 영역을 확대 변경한다.

다음에, 계측 마크의 배열 방법이 블라인드 구동 방향인 Y축 방향 및 Z축 방향에 대응하는 레티클면 상에서의 Y축 방향 및 X축 방향에 대하여 비스듬히 배치되어 있는 경우의 조명 영역의 변경 방법에 대하여, 도 9를 참조하여 간단히 설명한다.

도 9a에 도시된 조명 영역(109)을 조명하여, 계측 마크(90g)의 투영 영상을 검출하고 있는 동안, 다음 계측 포인트인 계측 마크(90h)까지 조명 영역을 확대하는 방법으로서, 다음 2개의 방법이 있다.

제 1 방법은, 도 9b에 도시한 바와 같이, 계측 마크(90g, 90h) 양쪽이 조명되도록 직사각형의 조명 영역(110)으로 조명 영역을 변경한다. 제 2 방법은, 도 9c에 도시한 바와 같이, 계측 마크(90g, 90h)를 포함하는 경사 상태가 가늘고 긴 직사각형의 조명 영역(111)으로 조명 영역을 변경한다. 전자의 제 1 방법은, 블레이드(76c)를 -Y 방향으로 소정량 구동함과 동시

에 블레이드(76a)를 + Z 방향으로 소정량 구동함으로써 실현할 수 있고, 후자의 제 2 방법은, 예컨대 블레이드(76a)를 + Z 방향으로 소정량 구동함과 동시에, 구동 기구(36)를 구성하는 모터(80)를 구동하여 원판 부재(72)를 소정 각도만큼 회전 시킴으로써 실현된다. 상기 제 1 방법은, 회전 기구가 없는 간단하고 쉬운 가동 블라인드로 실현 가능하다. 또한, 제 2 방법은, 제 1 방법에 비해서 보다 조명 영역을 적게 할 수 있기 때문에, 불필요한 영역을 조명하여 투영 광학계 PL, 레티클 R, 웨이퍼 홀더(52)가 조명광을 흡수함으로써 결상 특성이 악화되는 것을 방지할 수 있다.

다음으로, 결상 특성의 일례로서 배율을 정하고, 이 배율 변동의 계측 방법 및 그 보정 방법에 대하여, 도 10의 (a)~도 10의 (h)을 참조하여 설명한다.

여기서는, 레티클 R 상에 4개의 계측 마크(90<sub>-1</sub>~90<sub>-4</sub>)가 형성되어 있는 것으로 한다. 각각의 계측 마크(90<sub>-n</sub>(n= 1~4)는, 도 10의 (h)에 도시된 바와 같이 X 마크 및 Y 마크가 한 쌍으로 1개의 계측 마크를 형성하고 있다.

이 경우, 전술한 계측 마크의 계측 순서에서 설명한 바와 같이, 계측 마크(90<sub>-1</sub>~90<sub>-4</sub>)의 투영 영상이 전술한 검출 방법에 의해 순차적으로 검출되는 데, 주 제어 장치(26)에서는, 계측 마크(90<sub>-1</sub>, 90<sub>-2</sub>, 90<sub>-3</sub>, 90<sub>-4</sub>)의 투영 영상의 검출에 따라서 조명 영역이 도 10의 (a)→(b)→(c)→(d)→(e)→(f)→(g) 중의 각 백색 부분의 직사각형 영역과 같이 변경되도록, 구동 기구(36)를 제어한다.

이러한 계측 순서에 의해, 전술한 바와 같이 하여 계측 마크(90<sub>-1</sub>~90<sub>-4</sub>)의 투영 영상이 검출되면, 주 제어 장치(26)에서는 이 투영 영상에 근거하여 계측 마크(90<sub>-1</sub>~90<sub>-4</sub>)의 XY 좌표 위치의 계측치(X<sub>i</sub>, Y<sub>i</sub>)(i= 1~4)를 구하고, 이 계측치에 근거하여 X<sub>4</sub>와 X<sub>1</sub>의 차의 절대치 ΔX<sub>1</sub>, X<sub>3</sub>와 X<sub>2</sub>의 차의 절대치 ΔX<sub>2</sub>, X<sub>4</sub>와 X<sub>2</sub>의 차의 절대치 ΔX<sub>3</sub>, X<sub>1</sub>와 X<sub>3</sub>의 차의 절대치 ΔX<sub>4</sub>, Y<sub>4</sub>와 Y<sub>3</sub>의 차의 절대치 ΔY<sub>1</sub>, Y<sub>1</sub>와 Y<sub>2</sub>의 차의 절대치 ΔY<sub>2</sub>, Y<sub>4</sub>와 Y<sub>2</sub>의 차의 절대치 ΔY<sub>3</sub>, Y<sub>1</sub>와 Y<sub>3</sub>의 차의 절대치 ΔY<sub>4</sub>를 각각 연산하여, 이들의 차의 절대치 ΔX<sub>i</sub>, ΔY<sub>i</sub>(i= 1~4)와 각각 대응하는 차의 절대치의 설계치 ΔX<sub>p1</sub>, ΔX<sub>p2</sub>, ΔX<sub>p3</sub>, ΔX<sub>p4</sub> 및 ΔY<sub>p1</sub>, ΔY<sub>p2</sub>, ΔY<sub>p3</sub>, ΔY<sub>p4</sub>를 이용하여 다음 수학적식 1 및 2에 근거하여 X 방향, Y 방향의 배율 오프셋 ΔM<sub>xi</sub>, ΔM<sub>yi</sub>을 계산한다.

수학적식 1

$$\Delta M_{xi} = \Delta X_i / \Delta X_{pi} (i= 1 \sim 4)$$

수학적식 2

$$\Delta M_{yi} = \Delta Y_i / \Delta Y_{pi} (i= 1 \sim 4)$$

그리고, 주 제어 장치(26)에서는, 최종적으로 다음 수학적식 3에 근거하여 배율 변화 ΔM를 계산한다.

수학적식 3

$$\Delta M = (\sum \Delta M_{xi} + \sum \Delta M_{yi}) / 8$$

상기 식에 있어서, Σ는, i= 1~4의 총 합계를 구하는 것을 의미한다.

그리고, 주 제어 장치(26)에서는 상기의 배율 변화 ΔM를 보정하는 내압의 변동량의 명령치를 결상 특성 보정 콘트롤러(48)에 공급하고, 결상 특성 보정 콘트롤러(48)에서는 상기의 배율 변화 ΔM을 보정하기 위해, 예컨대 밀봉실(49)의 내압을 변화시킨다. 이렇게 함으로써, 배율 변동의 계측 및 그 보정이 종료한다.

이 도 10의 경우에는, 각 계측 마크가 X 마크와 Y 마크의 양 방향의 마크로 구성되어 있기 때문에, 상기와 같이, X 방향, Y 방향의 배율 오프셋 ΔM<sub>xi</sub>, ΔM<sub>yi</sub>을 각각 계측할 수 있고, 이들 데이터를 별도로 이용함으로써, 배율뿐만 아니라 디스토션도 계측할 수 있다. 또한, X 및 Y 양 방향 외에 경사 방향의 계측 마크를 조합하면, 투영 광학계 PL에 대하여 S상, M상의 검출도 가능해진다. 단, 이 경우에는, 개구 패턴(64)과 웨이퍼 스테이지(50)의 주사 방향을 계측 마크의 각도에 맞춰 비스듬하게 할 필요가 있다.

지금까지의 설명으로부터 명백한 바와 같이, 본 실시예에서는, 구동계(54)와 스테이지 콘트롤러(58)에 의해 상대 이동 수단이 구성되고, 주 제어 장치(26)에 의해 제어 장치 및 계산기가 구성되어 있다.

이상 설명한 바와 같이, 본 실시예의 투영 노광 장치(10)에 의하면, 레티클 R 상의 어느 계측 마크(마크 패턴)의 투영 광학계 PL을 통과한 투영 영상(공간 영상)의 검출 중에, 다음 계측 마크의 위치까지 조명 영역을 확대하므로, 복수의 계측 마크가 있을 경우에 계측 포인트가 이동할 때마다 블라인드를 구동하고 있는 시간이 실질적으로 없어지고, 조명 영역의 변경이 장치의 성능 저하를 초래하지 않게 되어, 높은 성능을 확보할 수 있다. 또한, 조명 영역을 계측 마크 근방에 한정하고 있으므로, 레티클 R, 투영 광학계 PL 등이 조명광을 흡수함으로써 발생하는 결상 특성의 열화를 최대한 억제할 수 있다.

또한, 본 실시예에서는, 광전 센서 유닛(100)을 구성하는 개구 패턴(64)으로서 거의 정방형의 개구 패턴을 이용하고, 공간 영상의 적분 데이터를 직접 계측함으로써, 계측 마크의 전체 윤곽이 개구 패턴과 거의 일치하면 충분하고, 계측 마크의 선 폭, 선의 개수나 피치에 관계없이 계측할 수 있는 이점이 있다. 또한, 이 경우, 얻어지는 광량 신호가 슬릿 형상의 개구 패턴을 마련하는 경우와 같이 평균화되지 않기 때문에, 보다 실제적인 상에 가까운 신호가 얻어진다.

또, 상기 실시예에서는, 광전 센서 유닛(100)의 구성에 있어서, 웨이퍼 스테이지(50) 내부에 광전 센서(70)를 배치한 경우에 대하여 설명하였는데, 예컨대 수광한 조명광을 웨이퍼 스테이지(50)의 외부에 배치한 광전 센서에 광 전송 광학계, 예컨대 광 화이버속(fiber bundle), 릴레이 광학계 등을 통하여 광을 전송하도록 하더라도 물론 무방하다. 이와 같이 구성했을 경우에는, 광전 센서(70)를 웨이퍼 스테이지(50)의 외부에 설치할 수 있기 때문에, 광전 센서(70)의 발열에 의해 웨이퍼 스테이지(50)의 위치 제어 정밀도가 저하하는 등의 문제점을 해결할 수 있다. 단지, 이 경우에는, 레티클 R 상의 임의의 위치에서 계측 가능하도록 광학계를 고려할 필요가 있다.

또한, 상기 실시예에서는 레티클 R 상에 형성되는 계측 마크가 5개의 L/S 패턴으로 형성되는 경우에 대하여 설명하였지만, 본 발명에 따른 마크 패턴은 1개의 라인 패턴, 2~4개 또는 5개 이상의 L/S 패턴으로 구성하여도 무방하다.

또한, 상기 실시예에서는 수광 유리(62) 상에 그려져 있는 개구 패턴(64)으로서 정방형의 1개의 개구 패턴을 이용할 경우에 대하여 설명하였지만, 이에 한정되지 않고, 예컨대, 미국 특허 제 5,650,840 호에 개시되어 있는 바와 같이 레티클 R 상의 계측 마크(90)와 완전히 똑같은 형상의 개구 패턴이어도 무방하다. 물론, L/S의 개수는 임의적이다.

즉, 도 11a에 도시한 바와 같이 수광 유리(62) 상면에 5개의 슬릿으로 이루어진 개구 패턴을 형성하여도 되고, 혹은 도 11b에 도시한 바와 같이, 수광 유리(62)의 상면에 1개의 슬릿으로 이루어진 개구 패턴(64b)을 형성하여도 된다. 이들의 경우, 상술한 바와 같이 하여 계측 마크(90)의 투영 광학계 PL을 통과한 투영 영상을 검출하였을 때에 얻어지는 광량 신호는, 각각 도 12a 및 도 12b와 같이 된다. 이들의 경우에는 주사 방향에 대하여 미분할 필요는 없고, 그대로 푸리에 변환법 등의 데이터 처리가 가능하다. 도 11a에 도시된 개구 패턴(64a)을 채용했을 경우에는, 계측 마크(90)나 개구 패턴(64a)이 각각 5개일 경우라도 도 12a와 같이 11 개분의 파형을 검출할 수 있기 때문에 평균화 효과를 기대할 수 있다. 한편, 도 11b에 도시된 개구 패턴(64b)을 채용한 경우에는, 계측 마크(90)의 선폭과 다소 다르더라도 검출이 가능하게 된다.

또한, 상기 실시예에서는, 배율 등의 결상 특성을 구함에 있어서, 계측 마크의 투영 영상(광학 영상)의 XY 좌표 위치를 검출하고 있는 데, 이에 한정되지 않고, 예컨대 웨이퍼 스테이지(50)를 Z축 방향으로 스텝 구동함으로써, 웨이퍼 스테이지(50)과 레티클 R과의 상대 거리를 스텝 형상으로 변화시켜, 각 스텝 위치에서 광학 영상을 검출하고 그 콘트라스트(cotrast)를 비교함으로써 포커스 계측도 가능하다.

또한, 투영 광학계 PL의 광축 AX을 따른 Z축 방향의 복수의 위치에 개구 패턴(64)을 순차적으로 배치함과 동시에, 각 위치에 있어서 웨이퍼 스테이지(50)를 소정 방향(예컨대, X축 방향)으로 이동하여, 그 복수의 위치의 각각에서의, 그 소정 방향에 관한 계측 마크의 투영 영상의 위치를 계측함으로써, 투영 광학계 PL의 텔레센트리시티(telecentricity)를 구할 수 있다.

또, 투영 광학계 PL의 이미지 필드 내에서 서지탈(sagittal)(S 방향)과 메리디오날(meridional)(M 방향)을 따라 각각 배열되는 2개의 L/S 패턴을, 그 이미지 필드 내의 소정점에 순차적으로 배치하고, 그 2개의 L/S 패턴을 각각 이용하여 그 소정점에서의 포커스 위치를 계측함으로써, 투영 광학계 PL의 비점 수차를 구할 수 있다.

또한, 레티클 R에 복수의 계측 마크를 형성한다든지, 혹은 레티클 R을 순차적으로 이동하여, 투영 광학계 PL의 이미지 필드 내의 복수점에 각각 계측 마크를 배치하고, 그 복수점의 각각에서의 포커스 위치를 계측함으로써, 투영 광학계 PL의 디스토션 이외의 수차(예컨대, 영상면 구부러짐, 편심 코마(coma) 수차 등)도 구할 수도 있다. 이 때, 그 복수점의 각각에서의 비점 수차나 코마 수차 등도 함께 구할 수 있다.

또한, 예컨대 미국 특허 제 5,650,840호에 개시되어 있는 바와 같이, 투영 광학계 PL의 광축 AX과 수직인 면(XY 좌표계) 내에서 웨이퍼 스테이지(50)(개구 패턴(64))을 소정 방향(예컨대, X축 방향)으로 이동함과 동시에, 웨이퍼 스테이지(50)(개구 패턴(64))를 그 광축 AX에 따른 Z축 방향으로도 이동하여, 이 이동 중에 광전 센서(70)로부터 출력되는 신호를 미분 처리하고 포커스 위치를 계측하도록 하더라도 무방하다.

또한, 상술한 바와 같이 투영 광학계 PL의 디스토션 이외의 수차(영상면 구부러짐, 비점 수차, 코마 수차 및 구면 수차 중의 적어도 1개)를 구하고, 투영 광학계 PL을 구성하는 복수의 렌즈 요소 중의 적어도 1개(단, 배율과 디스토션의 조정에 사용되는 렌즈 요소(40a, 40b)를 제외한다)를 이동하여 그 수차를 조정하여도 무방하다. 또한, 투영 광학계 PL의 영상면 측에 배치되는 평행 평면판을 기울여서 편심 코마 수차를 조정하여도 무방하다. 또 투영 광학계 PL의 수차, 특히 비회전 대칭 성분에 대해서는, 레티클 R과 웨이퍼 W 사이에 배치되는 적어도 1개의 광학 소자를 교환하여 조정해도 무방하다. 예컨대, 투영 광학계 PL의 물체면 측에 배치되는, 부분적으로 두께가 다른 평행 평면판을, 그 형성 조건이 상이한 별도의 평행 평면판으로 교환하여, 비회전 대칭인 디스토션을 조정하여도 무방하다.

또, 상기 실시예에서는 웨이퍼 스테이지(50)를 이동시키면서 레티클 R 상의 계측 마크의 투영 영상을 광전 검출하는 경우에 대하여 설명하였는데, 이것에 한정되지 않고, 예컨대 레티클 R 측에 구동 기구를 마련하여 레티클 R 쪽을 이동시키면서 레티클 R 상의 계측 마크의 투영 영상을 광전 검출하더라도 무방하다. 이 경우에는, 레티클 R을 이동시키더라도 계측 마크(90)에 조명광이 충분히 조명되도록 조명 영역을 정할 필요가 있다. 이와 같이, 웨이퍼 스테이지(50) 상에 설치한 개구 패턴(센서 개구)으로 레티클 R에 배치한 계측 마크의 투영 영상을 검출할 수 있는 구성이라면, 본 발명에 관한 결상 특성 보정 방법은 적합하게 적용할 수 있는 것이다.

이상 설명한 바와 같이, 종래 기술에 비하여, 제 1 실시예는, 조명 영역의 전환이 장치의 성능에 악영향을 주지 않고, 마스크 및 투영 광학계의 조명광 흡수에 의한 결상 특성의 변동을 최대한 억제할 수 있다고 하는 우수한 효과를 가진다.

도 13에 본 발명의 제 2 실시예에 따른 노광 장치의 개략도를 도시한다. 본 노광 장치는, 마스크로서의 레티클 RX 상에 형성된 패턴의 영상을 스텝 앤드 리프트 방식에 따라 투영 광학계 LX를 통하여 감광 기관으로서의 웨이퍼 WX의 쇼트 영역에 일괄 투영하는 축소 투영형의 노광 장치(소위, 웨이퍼 스텝퍼(waper stepper))이다.

이 노광 장치는 광원(201)을 포함하는 조명계, 레티클 RX을 유지하는 레티클 스테이지(도시하지 않음), 레티클 RX에 형성된 패턴의 영상을 웨이퍼 WX에 투영하는 투영 광학계 LX, 웨이퍼 W를 유지하는 웨이퍼 스테이지 ST 및 컨트롤러(215) 등을 구비하고 있다.

조명계는, 엑시머 레이저 혹은 고압 수은 램프 등으로 이루어진 광원(201), 플라이 아이 렌즈(203), 조명광의 조명 필드, 즉 레티클 RX 상의 조명 영역을 규정하고 조명 광속을 차광하는 시야 조리개로서의 가변 블라인드(204)이다.

광원(201)으로부터의 조명광의 광로 상에는, 미러(202)가 배치되고, 그 뒤에 플라이 아이(203), 가변 블라인드(204)가 배치된다. 가변 블라인드(204)의 설치면은 레티클 RX의 패턴면 및 웨이퍼 WX가 설치되는 노광면과 공통으로 역할을 수행하는 관계에 있고, 구동 기구에 의해 가변 블라인드(204)를 구성하는 차광체를 개폐시켜 개구 위치 및 형상을 변경함으로써, 레티클 RX의 패턴면 및 노광면 상에서의 조광 영역을 임의로 설정할 수 있도록 구성되어 있다.

가변 블라인드(204)는, 도 18 및 도 20에 도시한 바와 같이, 차광체 BXa, BXb, BYa, BYb로 이루어진다. 차광체 BXa 및 BXb는, X 방향으로 구동되도록 되어 있고 2개의 차광체의 에지부에 형성된 공간을 투과하는 조명광에 의해 X 방향의 조명 영역을 규정한다. 또, 차광체 BXa 및 BXb는, 각각 독립적으로 제어된다. 차광체 BYa, BYb는 Y 방향으로 구동되도록 되어 있고 2개의 차광체의 에지부에 형성된 공간을 투과하는 조명광에 의해 Y 방향의 조명 영역을 규정한다. 마찬가지로, 차광체 BYa 및 BYb는 각각 독립적으로 제어된다. 이에 따라, 가변 블라인드(4)의 개구부를 임의의 형상(크기를 포함한다)의 직사각형으로 설정할 수 있도록 되어 있다. 또한, 차광체 BXa, BXb, BYa, BYb를 연속적으로 구동시킴으로써, 가변 블라인드(4)의 개구부를 임의의 형상으로 연속적으로 이동시킬 수 있다.

가변 블라인드(4) 후방의 조명광의 광로 상에는 콘덴서 렌즈(205), 미러(206)가 배치되고, 가변 블라인드(204)를 통과한 조명광은 콘덴서 렌즈(205) 및 미러(206)를 통하여 레티클 RX에 조사된다.

도 13을 다시 참조하여, 레티클 RX을 투과한 조명광은 투영 광학계 LX에 입사한다.

투영 광학계 LX는 양측이 텔레센트릭(telecentric)한 광학 배치인 축소 투영 광학계이다.

웨이퍼 스테이지 ST는 투영 광학계 LX의 하방에 배치되어 있다. 이 웨이퍼 스테이지 ST에는 웨이퍼 WX가 진공 흡착 등에 의해 고정되어 있다. 또한, 이 웨이퍼 스테이지 ST는, 실제로는, 수평면(XY 면) 내를 2차원 이동 가능한 XY 스테이지와, 이 XY 스테이지 상에 탑재되고 광축 방향(Z 방향)으로 미세하게 이동 가능한 Z 스테이지 등으로 구성되지만, 도 13에서는 이들이 대표적으로 웨이퍼 스테이지 ST로서 도시되어 있다. 이하의 설명에서는, 이 웨이퍼 스테이지 ST는, 구동계(211)에 의해 XY 2차원 방향으로 구동됨과 동시에 미소 범위(예컨대, 100 $\mu$ m 정도) 내에서 광축 방향으로도 구동되도록 구성된 것으로 상정한다. 이렇게 함으로서, 웨이퍼 WX 상의 쇼트 영역의 각각을 노광면에 대응시킬 수 있다.

웨이퍼 스테이지 ST의 2차원적인 위치는, 해당 웨이퍼 스테이지 ST에 고정된 이동 미러를 통하여 레이저 간섭계(212)에 의해, 예컨대 0.01 $\mu$ m 정도의 분해능으로 항상 검출되고, 이 레이저 간섭계(212)의 출력이 콘트롤러(215)에 인가되고, 이 콘트롤러(215)에 의해 모터(211)가 제어된다. 이와 같은 폐 루프의 제어계에 의해, 예컨대, 웨이퍼 스테이지 ST는 웨이퍼 WX 상의 1개의 쇼트 영역에 대한 레티클 RX의 패턴의 전사 노광이 종료되면, 다음 쇼트 위치까지 위치 조정(stepping)된다.

도 14에는, 웨이퍼 스테이지 ST를 위에서 본 개략도가 도시되어 있다. 웨이퍼 스테이지는, XY 각 축방향으로 간섭계를 각각 1 계통씩 마련하고, 레이저 간섭계(212x, 212y)가 마련되어 있다. 구동계로서의 모터에 관해서도 도면에는 도시되어 있지 않지만, 레이저 간섭계에 대향한 XY 각 축에 모터를 구비하고 있다. 웨이퍼 스테이지 ST 중앙에 웨이퍼를 유지하고, 그 옆에 위치한 장소에 후술하는 조도계(210)가 배치되어 있다.

도 15는 웨이퍼 스테이지 ST에 마련된 조도계(20)를 부분적으로 확대한 단면도이다. 광전 변환 장치로서의 조도계(210)는 웨이퍼 스테이지 ST 상에 설치되어 있다.

조도계(210)는, 조명광의 광속의 일부를 투과시키기 위한 직경 0.5mm 정도의 창(핀 홀)이 마련된 창 부재(210a)와, 그 창 부재(210a)의 핀 홀을 투과한 광을 수광하여, 수광한 광의 강도를 측정하는 광전 센서(210b)를 가지고 있다. 또한, 조도계(210)의 광전 센서(210b)의 수광면은 웨이퍼의 상면과 거의 일치하도록 설치되어 있다.

콘트롤러(215)는, 웨이퍼 스테이지 ST의 위치 제어, 가변 블라인드(204)의 구동 제어, 후술하는 조도계(210)의 출력 신호의 연산 및 기억을 행한다. 콘트롤러(215)는, 이들 각 유닛부를 제어함으로써, 조명광의 광 강도 분포의 측정을 제어한다.

다음으로, 본 실시예에 있어서의 조도계(210)를 이용한 노광면에서의 조명광의 광 강도 분포의 측정 방법에 대하여 설명한다.

노광면에서의 조명광의 광 강도 분포의 측정에 있어서, 조도계(210)는, 광전 센서(210b)의 수광면이 노광면에 대응하여 마련됨과 동시에, 광 강도 분포를 측정하는 소정의 측정 범위 내를 연속적으로, 또는 단계적으로 이동하여, 그 측정 범위 내에서의 복수의 위치에서 조명광의 광 강도를 측정한다.

본 실시예에서의, 광 강도 분포의 측정 범위는, 레티클 RX의 패턴의 영상이 투영 광학계 LX를 통하여 투영되는 영역이고, 웨이퍼 WX 상의 하나의 쇼트 영역과 거의 같은 형상(크기)이다. 또한, 도 13의 설명에서는, 조명광의 광로 상에 레티클 RX가 설치되어 있는 데, 조명광의 광 강도 분포를 측정할 때에는, 레티클 RX는 조명광의 광로부터 제거된다.

조명광의 광 강도 분포의 측정 중에, 가변 블라인드(204)는 조명 광속의 조명 영역을, 조도계(210)를 이용하여 광 강도 분포의 측정을 행하는 데에 충분하고 또한 상기 측정 범위보다 좁은 조명 영역으로 규정하고, 또한 조도계(210)의 위치 및 이동에 대응하여 충분한 면적 및 형상으로서 조명 영역을 측정 범위 내에서 이동시킨다.

또한, 가변 블라인드(204)의 개구부는, 조명 영역이 조도계(210)의 수광 창으로서의 핀홀 구멍의 지름보다도 크게 되도록 규정한다. 조명 영역을 너무 작게 하면, 블라인드(204)의 차광체 단부의 그림자가 조도계(210)의 핀 홀과 중첩됨으로써, 조도계(210)에 의한 광 강도의 측정치에 오차가 포함되게 된다. 따라서 가변 블라인드부(204)의 개구의 형상 및 면적은, 그 영향이 없을 정도의 크기로 설정한다. 즉, 광 강도 분포의 측정 중, 차광체 BXa, BXb, BYa, BYb의 에지부에 삽입된 개구부는, 항상 소정의 간격 이상으로 유지되고 있다.

조명광의 광 강도 분포는, 광 강도 분포를 구하는 측정 범위에 대한 조도계(210)의 상대 위치 정보와, 그 위치에서의 조도계(210)에서 측정된 광 강도를 조합함으로써 구해진다.

측정 범위에 대한 조도계(210)의 상대 위치 정보는, 간섭계(212)에 기초한 웨이퍼 스테이지 ST의 위치 정보로부터 환산되는 조도계(210)의 위치와, 조명 광속과의 상대적 위치 관계에 기초하여 얻어지는 것이다

도 16은, 광 강도 분포의 측정 범위(220) 내에서, 조도계(210)에 의해 X 방향으로 1회 주사한 경우에 얻어지는 광 강도 분포의 일례를 도시한다. 이것은, 간섭계(212)에 기초한 측정 범위에 있어서의 X 방향의 조도계(210)의 상대적 위치와 조도계(210)로부터의 광 강도를 연속적으로 플로팅한 것으로, 조도계를 연속적으로 이동시켜 광 강도 분포를 측정함으로써, 연속된 광 강도 분포의 측정 결과를 얻을 수 있다. 이 조도계(210)의 연속 이동을 2차원적으로 실행함으로써, 조명광의 광 강도 분포의 측정 범위 내에서의 2차원적인 광 강도 분포의 결과를 얻을 수 있다.

도 17은 조도계(210)에 의한 광 강도 분포의 측정의 제 1 예의 개략도이다. 도 17은 조명 광속에서의 측정 범위(220) 내의 광 강도 분포의 측정의 흐름을 도시한 것이다. 여기에서는, 도 17의 섹션(a)을 광 강도 분포의 측정 개시 상태로 하여, 도 17의 섹션(b), 섹션(c), 섹션(d)과 콘트롤러(215)에 의해 조도계(210)가 측정 범위(220)를 이동해 가는 모양을 도시한 것이다.

또한, 도 17의 섹션(b)에 있어서 파선으로 도시되어 있는 것은, 섹션(a) 상태에서의 조도계(210)와 조명 영역(221)을 나타내고 있고, 이하 섹션(c) 및 (d)도 마찬가지로 이전 상태에서의 조도계(210)와 조명 영역(221)을 나타내고 있다(도 19, 도 21 및 도 23의 각 섹션(b), (c) 및 (d)의 도면도 마찬가지로 이전 상태에서의 조도계(210)와 조명 영역을 나타내고 있다).

도 17의 섹션(a)의 상태에서부터 섹션(c)의 상태로 변화될 때까지, 조도계(210)는, +X 방향으로 속도  $V_s$ 로 이동하여, 조명광의 광 강도를 측정한다. 다음에, 도 17의 섹션(d)의 상태에서부터는, 반대로 -X 방향으로 속도  $V_s$ 로 이동하여, 조명광의 광 강도를 측정한다. 이들의 동작을 반복함으로써, 측정 범위(220) 내의 광 강도 분포의 측정을 행한다.

동시에, 콘트롤러(215)에 의해 구동 제어된 가변 블라인드(204)에서 규정된 조명 영역(221)은, 조명 영역(221)의 중앙 부근에 조도계(210)가 접근하도록 제어함으로써, 조도계(210)의 이동에 따라 위치 제어된다.

이 때의 가변 블라인드(204)의 동작을 도 18을 참조하여 설명한다. 예컨대, 도 17의 섹션(a)의 상태에서부터 섹션(c)의 상태에 있어서, 조도계(210)는 속도  $V_s$ 로 이동하고 있는 데, 이것을 가변 블라인드(204)의 면에 상당하는 위치로 환산하면 속도  $V_x$ 로 이동하는 것으로 상정한다. 이 조도계(210)의 이동과 동기하여, 가변 블라인드(204)의 차광체 BXa, BXb는 +X 방향으로 속도  $V_x$ 로 이동하게 된다. 조도계(210)가 +X 방향에서의 1회의 주사를 종료(도 17의 섹션(c)의 상태)하면, 조도계(210)는 Y 방향으로 이동한다. 이 Y 방향의 이동량은 필요로 하는 광 강도 분포의 데이터의 밀도에 의해 결정되는 것이다. 이 Y 방향의 이동을, 도 17의 섹션(c) 및 섹션(d)에 도시한다. 조도계(210)가 Y 방향으로 이동할 때에는, 가변 블라인드(204)의 차광체 BXa, BXb를 고정된 채로 차광체 BYa, BYb가 Y 방향으로 이동된다. 도 17의 섹션(d)의 상태에서부터, 조도계(210)는 -X 방향으로 이동하고, 차광체 BXa, BXb도 속도  $V_x$ 로 -X 방향으로 이동한다. 마찬가지로 하여, 측정 범위(220) 내에 있어서 조도계(210)와 조명 영역(221)을 이동시킴으로써 광 강도를 측정한다.

제 1 실시예에서는, 조명광의 조명 영역(221)의 면적을 광 강도 분포의 측정 범위에 비해 적게 설정할 수 있어, 조명광의 투영 광학계 LX로의 입사를 적게 할 수 있다. 따라서, 투영 광학계 LX의 광학 부재에서 흡수되는 열량을 줄일 수 있게 된다.

또한, 콘트롤러(215)는, 가변 블라인드(204)의 차광체 BXa, BXb의 X축 방향으로의 이동과 차광체 BYa, BYb의 이동을 동시에 제어할 필요없이, 가변 블라인드(204)를 용이하게 제어할 수 있다. 즉, 차광체 BXa, BXb와 차광체 BYa, BYb를 교대로 구동 제어하기 때문에, 연산 처리 시간 및 블라인드(204)의 설정에 필요한 시간을 단축시킬 수 있다.

도 19는 조도계(210)에 의한 광 강도 분포의 측정의 제 2의 개략도를 도시한다. 도 19는 조명 광속의 노광면에서의 측정 범위(220) 내의 광 강도 분포의 측정의 흐름을 도시한 것이다. 여기에서는, 도 19의 섹션(a)을 광 강도 분포의 측정 개시 상태로 하여, 도 17의 섹션(b), 섹션(c), 섹션(d)과 콘트롤러(215)에 의해 조도계(210)가 측정 범위(220)를 이동해 가는 모양을 도시한 것이다.

도 19의 섹션(a)의 상태에서부터 섹션(c)의 상태에 있어서, 조도계(210)는 +X 방향으로 속도  $V_s$ 로 이동하여, 조명광의 광 강도를 측정한다. 다음으로, 섹션(d)의 상태에서부터는, 반대로 -X 방향으로 속도  $V_s$ 로 이동한다. 이들의 동작을 반복함으로써, 측정 범위(220) 내의 광 강도 분포를 측정한다.

동시에 콘트롤러(215)에 의해 구동 제어된 가변 블라인드(204)에서 규정된 조명 영역(222)은, 조명 영역(222) 내에 조도계(210)가 접근하도록 제어함으로써, 조도계(210)의 이동에 따라 위치 제어된다.

상술하면, 도 19에 도시한 바와 같이 조명 영역(222)의 X축 방향의 폭은, 가변 블라인드(204)에 의해, 광 강도 분포의 측정 범위(220)와 거의 같은 폭으로 일정하게 규정된다. 조명 영역(222)이 일정 속도로 Y 방향으로 이동한다. 요컨대 띠 형상의 조명 영역(222)이 소정의 속도로 Y 방향으로 이동하게 된다. 이 때의 조명 영역(222)의 Y축 방향의 폭은, 도 19의 섹션(a), (c) 및 (d)와 같은 상태에 있어서도, 가변 블라인드(204)에 의해 조도계(210)에서의 측정에 지장이 없도록 소정의 폭으로 규정된다.

이 때의 가변 블라인드(204)의 동작을 도 20을 참조하여 설명한다. 예컨대 도 19의 섹션(a)의 상태에서부터 섹션(c)의 상태로 될 때까지, 조도계(210)는 +X 방향으로 속도  $V_s$ 로 이동하고 있는 데, 이것을 가변 블라인드(204)의 면에 상당하는 위치로 환산하면 속도  $V_x$ 로 이동한다. 가변 블라인드(204)의 차광체 BYa, BYb는 서로 소정의 폭을 유지하면서 일정한 속도  $V_y$ 로 이동한다. 조도계(210)가 +X 방향으로의 1회의 주사를 종료(도 19의 섹션(c)의 상태)하면, 조도계(210)는 도 7의 섹션(c) 및 (d)에 도시한 바와 같이 Y 방향으로 이동한다. 조도계(210)는 다음 주사를 개시할 위치로 이동한다. 도 19의 섹션(d)으로부터, 조도계(210)는 -X 방향으로 이동한다. 이들 동작을 반복함으로써, 측정 범위(220) 내의 광 강도를 측정한다.

제 2 예에서는, 조명 영역(222)의 면적을 측정 범위에 비해 적게 설정할 수 있기 때문에, 투영 광학계 LX로의 입사 광을 적게 할 수 있다. 따라서 투영 광학계 LX의 광학 부재에서 흡수되는 열량을 줄일 수 있게 된다.

또한, 콘트롤러(215)는, 가변 블라인드(204)의 차광체 BXa, BXb의 X축 방향을 일정하게 하고, 차광체 BYa, BYb의 이동만을 제어하기 때문에, 가변 블라인드(204)를 용이하게 제어할 수 있다. 즉, 차광체 BYa, BYb를 Y축 방향으로만 이동시키면 되고, 차광체 BXa, BXb를 X축 방향으로 이동시키지 않기 때문에, 연산 처리 시간 및 가변 블라인드의 설정에 필요한 시간을 단축시킬 수 있다.

도 21은, 광 강도 분포의 측정 방법의 제 3의 개략도를 도시한다. 도 21은, 조명 광속의 노광면에서의 측정 범위(220) 내의 광 강도 분포의 측정의 흐름을 도시한 것이다. 여기서는, 도 21의 섹션(a)를 광 강도 분포의 측정 개시 상태로 하여, 도 21의 섹션(b), (c), (d)와 콘트롤러(215)에 의해 조도계(210)가 측정 범위(220)를 이동해 가는 모양을 도시한 것이다.

도 21의 섹션(a)의 상태에서부터 섹션(c)의 상태에 있어서, 조도계(210)는 +X 방향으로 속도  $V_s$ 로 이동하여, 조명광의 광 강도를 측정한다. 다음으로, 도 21의 섹션(d)의 상태에서부터는, 반대로 -X 방향으로 속도  $V_s$ 로 이동한다. 이들의 동작을 반복함으로써, 측정 범위(220) 내의 광 강도 분포를 측정한다.

동시에, 콘트롤러(215)에 의해 구동 제어된 가변 블라인드(204)에서 규정된 조명 영역(223)은, 조명 영역(223)의 중앙 부근에 조도계(210)가 접근하도록 제어함으로써, 조도계(210)의 이동에 따라 위치 제어된다.

이 때의 가변 블라인드(204)의 동작을 도 22를 참조하여 설명한다. 예컨대 도 21의 섹션(a)의 상태에서부터 섹션(c)의 상태로 변화될 때까지, 조도계(210)는 +X 방향으로 속도  $V_s$ 로 이동하고 있는 데, 이것을 가변 블라인드(204)의 면에 상당하는 위치로 환산하면 속도  $V_x$ 로 이동한다. 가변 블라인드(204)의 차광체 BYa, BYb는 서로 소정의 폭을 유지하여 고정된다. 조도계(210)가 +X 방향으로의 1회의 주사를 종료(도 21의 섹션(c)의 상태)하면, 조도계(210)는 도 21의 섹션(c) 및 (d)에 도시한 바와 같이, Y 방향으로 이동한다. 조도계(210)가 Y 방향으로 이동할 때에는, 가변 블라인드(204)의 차광체 BXa, BXb는 그대로이고 차광체 BYa, BYb는 Y 방향으로 이동된다. 도 21의 섹션(d)의 상태에서부터, 조도계(210)는 -X 방향으로 이동하고, 차광체 BXa, BXb도 속도  $V_x$ 로 -X 방향으로 이동한다. 마찬가지로 하여, 측정 범위(220) 내에 있어서 조도계(210)와 조명 영역(223)을 이동시킴으로써 광 강도를 측정한다.

제 3 실시예에서는, 조명 영역(223)의 면적을 측정 범위에 비해 적게 설정할 수 있기 때문에, 투영 광학계 LX로의 입사광을 적게 할 수 있다. 따라서, 투영 광학계 LX의 광학 부재에서 흡수되는 열량을 줄일 수 있게 된다.

또한, 콘트롤러(215)는, 가변 블라인드(204)의 차광체 BXa, BXb의 X축 방향을 일정하게 하고, 차광체 BYa, BYb의 이동만을 제어하기 때문에, 가변 블라인드(204)를 용이하게 제어할 수 있다. 즉, 조도계(210)가 Y 방향으로 이동할 때만 차광체 BYa, BYb를 Y축 방향으로 이동시키면 되고, 차광체 BXa, BXb를 X축 방향으로 이동시킬 필요가 없기 때문에, 연산 처리 시간 및 블라인드(204)의 설정에 필요한 시간을 단축시킬 수 있다.

도 23은, 광 강도 분포의 측정 방법의 제 4 예의 개략도를 도시한다. 도 23은, 조명 광속의 노광면에서의 측정 범위(220) 내의 광 강도 분포의 측정의 흐름을 도시한 것이다. 여기에서는, 도 23의 섹션(a)을 광 강도 분포의 측정 개시 상태로 하여, 도 23의 섹션(b), (c), (d)와 컨트롤러(215)에 의해 조도계(210)가 측정 범위(220)를 이동해 가는 모양을 도시한 것이다.

도 23의 섹션(a)의 상태에서부터 섹션(c)의 상태에 있어서, 조도계(210)는 +X 방향으로 속도  $V_s$ 로 이동하여, 조명광의 광 강도를 측정한다. 다음으로, 도 23의 섹션(d)의 상태에서부터는, 반대로 -X 방향으로 속도  $V_s$ 로 이동한다. 이들 동작을 반복함으로써, 측정 범위(220) 내의 광 강도 분포를 측정한다.

동시에, 컨트롤러(215)에 의해 구동 제어된 가변 블라인드(204)에서 규정된 조명 영역(224)은, 조명 영역(224) 내에 조도계(210)가 접근하도록 제어함으로써, 조도계(210)의 이동에 따라 위치 제어된다.

상술하면, 도 23에 도시한 바와 같이 조명 영역(224)이 일정한 속도로 Y 방향으로 이동하고, 또한 조도계의 이동 속도  $V_s$ 에 대응하여 X 방향으로도 이동한다. 요컨대, 측정 범위(220) 내를 지그재그로 조명 영역(224)이 이동하면서 광 강도 분포를 측정한다. 이 때의 조명 영역(224)의 X축 방향의 폭 및 Y축 방향의 폭은, 도 23의 섹션(a), (c), (d)와 같은 상태에 있어서도, 가변 블라인드(204)를 통해서 조도계(210)에서의 측정에 지장이 없도록 소정의 폭으로 규정된다.

이 때의 가변 블라인드(204)의 동작을 도 24를 참조하여 설명한다. 예컨대 도 23의 섹션(a)의 상태에서부터 섹션(c)의 상태로 될 때까지, 조도계(210)는 +X 방향으로 속도  $V_s$ 로 이동하고 있는 데, 이것을 가변 블라인드(204)의 면에 상당하는 위치로 환산하면 속도  $V_x$ 로 이동한다. 조도계(210)의 이동과 동기하여, 가변 블라인드(204)의 차광체 BXa, BXb는 +X 방향으로 속도  $V_x$ 로 이동하게 된다. 가변 블라인드(204)의 차광체 BYa, BYb는 서로 소정의 폭을 유지하면서 일정 속도  $V_y$ 로 이동한다. 조도계(210)가 +X 방향으로의 1회의 주사를 종료(도 23의 섹션(c) 상태)하면, 조도계(210)는 섹션(c) 및 (d)에 도시한 바와 같이 Y 방향으로 이동한다. 이 이동에 따라 조도계(210)는 다음의 주사 개시 위치로 이동한다. 섹션(d)으로부터, 조도계(210)는 -X 방향으로 이동한다. 이들 동작을 반복함으로써, 측정 범위(220) 내의 광 강도를 측정한다.

제 4 예에서는, 조명 영역(222)의 면적을 측정 범위에 비해 적게 설정할 수 있기 때문에, 투영 광학계 LX로의 입사 광을 적게 할 수 있다. 따라서, 투영 광학계 LX의 광학 부재에서 흡수되는 열량을 줄일 수 있게 된다.

또한, 컨트롤러(215)는, 가변 블라인드(204)의 차광체 BXa, BXb를 X축 방향으로, 차광체 BYa, BYb를 Y축 방향으로 모두 이동시키고, 조명 영역을 연속적으로 이동시킬 수 있어, 조명 영역의 설정에 필요한 시간을 단축시킬 수 있다. 또한, 항상 조명되고 있는 조명 영역이 변화하기 때문에, 투영 렌즈 LX의 부분적인 가열을 억제할 수 있게 된다.

이상과 같이 제 2 실시예에 따르면, 측정 범위 내의 광 강도 분포의 측정에 있어서, 가변 블라인드(204)를 이용하여, 광 강도 분포의 측정 범위에 비해 측정 중인 조명 영역을 작게 할 수 있다. 요컨대, 투영 광학계에 입사되는 조명광을 제한하기 때문에, 투영 광학계를 투과하는 조명광의 광량을 적게 할 수 있어, 광학 부재를 투과하는 조명광의 광량을 줄일 수 있게 된다. 그 결과, 광 강도를 측정 중인 투영 광학계에 흡수되는 광의 열량을 줄일 수 있다. 따라서, 투영 광학계의 열 흡수에 의한 결상 특성의 열화를 저하시킬 수 있고, 광 강도 측정 후에 투영 렌즈의 냉각에 필요한 시간을 단축할 수 있어, 광 강도 분포를 측정하는 작업을 개시하여 완료하는 데까지 필요한 시간을 단축할 수 있고, 생산성을 보다 향상시킬 수 있다.

이상의 제 1 및 제 2 실시예에서는, 스텝 앤드 리피트 방식의 축소 투영형 노광 장치(stepper)에 대하여 설명하였지만, 예컨대 미국 특허 제 5,194,893호, 제 5,473,410호, 제 5,591,958호, 제 5,534,970호 등에 개시되어 있는 스텝 앤드 스캔 방식(step-and-scan method)의 축소 투영형 주사 노광 장치(scanning stepper), 혹은 미러 프로젝션 얼라이너(mirror projection aligner) 등에도 본 발명을 적용할 수 있다.

또한, 본 발명이 적용되는 투영 노광 장치에 이용되는 노광용 조명광은, 수은 램프로부터 방사되는 휘선(예컨대, g선, i선), KrF 엑시머 레이저(파장 248 nm), 및 ArF 엑시머 레이저(파장 193 nm) 외에,  $F_2$  레이저(파장 157 nm), 또는 YAG 레이저의 고조파 등이어도 무방하다.

여기에서,  $F_2$  레이저를 사용하는 투영 노광 장치에서는, 조명 광학계나 투영 광학계를 구성하는 복수의 광학 소자의 모두, 또는 그 대부분 및 레티클이 형식으로 구성된다. 또한, ArF 엑시머 레이저를 사용하는 투영 노광 장치에서도, 투영 광학계의 일부 광학 소자가 형식으로 구성된다. 따라서, 형식은 석영에 비해서 선 팽창 계수가 크기 때문에, 형식으로 이루어진 광학 소자가 사용되는 투영 광학계를 구비한 투영 노광 장치에 대하여 본 발명은 특히 효과가 있다. 또,  $F_2$  레이저를 사용하는 투영 노광 장치에서는, 형식으로 이루어진 레티클을 이용하는 대신에, 반사형 레티클을 사용하는 경우도 있다.

또한, 복수의 굴곡 광학 소자만으로 이루어진 투영 광학계 대신에, 예컨대 비구면 가공된 반사면을 갖는 오목면경 등을 포함하는 반사 광학 소자와, 굴곡 광학 소자를 조합한 반사 굴곡 광학계를 이용하여도 무방하다.

또한, 예컨대 5~15nm(연(soft) X선 영역)에 발진 스펙트럼을 갖는 EUV(Extreme Ultra Violet) 광을 노광용 조명광으로서 사용하는 투영 노광 장치에 대하여도 본 발명을 적용할 수 있다. 또한, EUV 광을 사용하는 투영 노광 장치는, 반사형 마스크 상에서의 조명 영역을 원호 슬릿 형상으로 규정함과 동시에, 복수의 반사 광학 소자(미러)만으로 이루어진 축소 투영 광학계를 갖고, 축소 투영 광학계의 배율에 따른 속도비로 반사형 마스크와 웨이퍼를 동기 이동하여 반사형 마크 패턴을 웨이퍼 상에 전사한다.

또한, F<sub>2</sub> 레이저 또는 EUV 광을 노광용 조명광으로 하고, 또한 반사형 마스크를 사용하는 투영 노광 장치에서는, 그 반사형 마스크의 패턴면과 수직인 축에 대하여 주(main)광선이 기울도록, 노광용 조명광이 그 패턴면에 조사된다. 이 때문에, 이 투영 노광 장치에서는 물체면 측(마스크 측)이 비(非)텔레센트릭한 투영 광학계가 사용된다. 따라서, 이 투영 노광 장치에서는 그 반사형 마스크를 투영 광학계의 광축을 따른 방향으로 이동하여, 투영 광학계 PL의 배율을 조정하도록 해도 된다.

또 제 1 및 제 2 실시예에서는, 레티클 상에서의 조명광의 조사 영역을 규정하는 블라인드(20) 또는 (204)를, 레티클의 패턴면과 거의 공통으로 역할을 수행하는 면에 배치하는 것으로 했지만, 예컨대 그 블라인드를 레티클에 근접하여 배치하여도 된다. 이 때, 그 블라인드는 레티클에 관해서 투영 광학계 측 및 조명 광학계 측중 어디에 배치하더라도 무방하다. 또한, 블라인드(20)(또는 (204))를 구성하는 복수의 가동 블레이드(또는 차광체)의 일부와, 나머지의 가동 블레이드를, 광원과 투영 광학계 사이의 조명 광로 중에서, 서로 다른 면에 각각 배치하더라도 무방하다.

또한, 레티클 패턴의 중간 영상을 형성하는, 즉 물체면과 영상면 사이의 소정면 상에 레티클 패턴의 영상을 형성하고, 그 상을 웨이퍼 상에 재결상하는 투영 광학계를 구비한 투영 노광 장치에서는, 블라인드(20) 또는 (204)를, 중간 영상이 형성되는 그 소정면 또는 그 근방에 배치하여도 된다. 혹은, 블라인드(20)(또는 (204))를 구성하는 복수의 가동 블레이드(또는 차광체)의 일부를 그 소정면 또는 그 근방에 배치하여도 된다.

또한, 블라인드(20) 또는 (204)에 의해서 규정되는 조명 영역 이외에는, 조명광이 조사되지 않도록 완전히 차광하는 것이 바람직하지만, 그 조명 영역 밖으로 분포되는 조명광을 감쇠시키는 것만으로도 충분하다.

### 발명의 효과

본 발명에 의하면, 노광 장치의 광학 특성을 측정함에 있어서, 조명광의 흡수에 따른 오차를 최대한 줄일 수 있고, 조명 영역의 전환이 장치의 성능에 악영향을 주지 않고, 마스크 및 투영 광학계의 조명광 흡수에 의한 결상 특성의 변동을 최대한 억제할 수 있으며, 또한 투영 렌즈에 입사하는 조명광에 의한 영향을 없앴과 동시에, 광 강도 분포를 고정밀도로 측정할 수 있다.

### (57) 청구의 범위

#### 청구항 1.

마스크 상에 형성된 패턴을 기관 상에 투영하는 투영 광학계를 포함하는 노광 장치의 광학 특성을 측정하는 방법에 있어서,

상기 투영 광학계의 이미지 필드 내의 복수의 측정 위치를 동시에 조명하도록 조명 영역을 설정하는 단계와,

제 1 측정 위치 및 상기 제 1 측정 위치와는 다른 제 2 측정 위치를 둘러싸는 제한 영역 이외이면서, 상기 제 1 및 제 2 측정 위치와는 다른 제 3 측정 위치 - 상기 제 1, 제 2, 제 3 측정 위치는 서로 다르며, 상기 각 측정 위치는 상기 투영 광학계의 이미지 필드에 각각 배열되어 있음 - 를 포함하는 영역에 도달하는 조명광을 차단하는 단계와,

상기 투영 광학계를 통과하여 상기 이미지 필드에 도달한 상기 조명광을 검출하는 단계와,

상기 이미지 필드 내의 상기 측정 위치가 변경되면, 상기 조명광의 상기 이미지 필드로의 도달을 차단하는 영역을 변경하는 단계

를 포함하는 노광 장치의 광학 특성 측정 방법.

## 청구항 2.

제 1 항에 있어서,

상기 광학 특성은 상기 투영 광학계의 투영 영역 상의 상기 조명광의 강도 분포를 포함하는 노광 장치의 광학 특성 측정 방법.

## 청구항 3.

제 2 항에 있어서,

상기 조명광을 검출하는 단계는, 상기 조명광을 수취하여 검출하는 수광부를, 상기 이미지 필드 내의 상기 복수의 측정 위치 중 하나의 측정 위치로부터 다음 측정 위치로 연속하여 이동시키는 단계를 포함하는 노광 장치의 광학 특성 측정 방법.

## 청구항 4.

제 1 항에 있어서,

마스크 상에 형성된 패턴을 상기 이미지 필드에 투영하고, 상기 투영된 패턴의 이미지를 검출하는 단계를 더 포함하며,

상기 광학 특성의 측정은 상기 이미지 필드 내에 상기 투영된 패턴의 이미지의 검출 결과에 따라 수행되는

노광 장치의 광학 특성 측정 방법.

## 청구항 5.

제 4 항에 있어서,

상기 광학 특성은 상기 투영 광학계의 결상 특성을 포함하는 노광 장치의 광학 특성 측정 방법.

## 청구항 6.

제 5 항에 있어서,

상기 결상 특성은 배율, 왜곡(distortion), 코마, 구면(spherical surface), 초점(focus), 비점 수차(astigmatism), 필드 만곡(field curvature) 중 적어도 하나를 포함하는 노광 장치의 광학 특성 측정 방법.

## 청구항 7.

제 5 항에 있어서,

상기 투영 광학계의 상기 결상 특성을 그 측정 결과에 근거하여 정정하는 단계를 더 포함하는 노광 장치의 광학 특성 측정 방법.

### 청구항 8.

제 7 항에 있어서,

상기 투영 광학계의 상기 결상 특성을 정정하는 단계는, 상기 투영 광학계 내에 배치된 폐쇄 챔버의 내부 압력을 변경하는 단계를 포함하는 노광 장치의 광학 특성 측정 방법.

### 청구항 9.

제 7 항에 있어서,

상기 투영 광학계의 상기 결상 특성을 정정하는 단계는, 상기 투영 광학계의 광축 방향으로 상기 투영 광학계의 렌즈 요소 중 적어도 하나를 이동시키는 단계와, 상기 광축에 수직인 평면에 대하여 상기 투영 광학계의 렌즈 요소 중 적어도 하나를 기울이는 단계 중 적어도 하나의 단계를 포함하는 노광 장치의 광학 특성 측정 방법.

### 청구항 10.

제 1 항에 있어서,

상기 제 2 측정 위치는 상기 제 1 측정 위치에서의 측정 후에 측정되는 위치인 노광 장치의 광학 특성 측정 방법.

### 청구항 11.

제 10 항에 있어서,

상기 조명광을 차단하는 단계는, 상기 제 1 측정 위치에서의 측정이 완료된 후에, 상기 제 1 측정 위치에 도달하는 상기 조명광을 차단하는 단계를 포함하는 노광 장치의 광학 특성 측정 방법.

### 청구항 12.

제 11 항에 있어서,

상기 제 3 측정 위치는 상기 제 2 측정 위치에서의 측정 후에 측정되는 위치이고,

상기 조명광을 차단하는 단계는 상기 제 1 측정 위치에서의 측정이 완료된 후에, 상기 제 2 측정 위치와 상기 제 3 측정 위치를 둘러싸는 제한 영역 이외의 영역에 도달하는 상기 조명광을 차단하는 단계를 포함하는

노광 장치의 광학 특성 측정 방법.

### 청구항 13.

제 1 항에 있어서,

상기 조명광을 차단하는 단계는 상기 조명광을 생성하는 광원과 상기 투영 광학계 사이에 배치된 가변 블라인드에 의해 행해지는 노광 장치의 광학 특성 측정 방법.

#### 청구항 14.

투영 광학계를 구비하는 노광 장치의 동작 방법에 있어서,

조명될 마스크 상에 패턴을 포함하는 조명 영역을 설정하는 단계와,

상기 투영 광학계를 통해 상기 패턴을 조명하여, 상기 패턴의 영상을 투영하는 단계와,

상기 투영된 패턴의 영상을 검출하는 단계와,

조명광이 상기 마스크 상으로 조명되도록 유지하면서, 상기 투영된 패턴의 영상을 검출하는 동안 조명 영역을 변경하는 단계

를 포함하되,

상기 조명 영역을 변경하는 단계는 상기 마스크 상에 제 1 패턴을 포함하는 제 1 조명 영역으로부터, 상기 마스크 상에 상기 제 1 패턴과 상기 제 1 패턴과는 다른 제 2 패턴 모두를 포함하는 제 2 조명 영역으로 변경하는 단계를 포함하는

노광 장치의 동작 방법.

#### 청구항 15.

제 14 항에 있어서,

상기 제 1 패턴의 상기 투영된 영상을 검출하는 단계는 상기 제 1 조명 영역이 상기 제 2 조명 영역으로 변경된 후에 완료되고,

상기 제 2 패턴의 상기 투영된 영상을 검출하는 단계는 상기 제 1 패턴의 상기 투영된 영상의 검출이 완료된 후에 개시되는

노광 장치의 동작 방법.

#### 청구항 16.

제 14 항에 있어서,

상기 검출된 투영 영상에 따라 상기 투영 광학계의 결상 특성을 측정하는 단계를 더 포함하는 노광 장치의 동작 방법.

#### 청구항 17.

제 16 항에 있어서,

상기 측정된 결상 특성에 따라 상기 투영 광학계의 결상 특성을 정정하는 단계를 더 포함하는 노광 장치의 동작 방법.

### 청구항 18.

제 17 항에 있어서,

상기 투영 광학계의 결상 특성을 정정하는 단계는, 상기 투영 광학계 내에 배치된 폐쇄 챔버의 내부 압력을 변경하는 단계와, 상기 투영 광학계의 광축 방향으로 상기 투영 광학계 렌즈 요소 중 적어도 하나를 이동시키는 단계와, 상기 광축에 수직인 평면에 대하여 상기 투영 광학계의 렌즈 요소 중 적어도 하나를 기울이는 단계 중 적어도 어느 하나의 단계를 포함하는 노광 장치의 동작 방법.

### 청구항 19.

제 14 항에 있어서,

상기 조명 영역을 설정하는 단계 및 상기 조명 영역을 변경하는 단계는 상기 조명광을 생성하는 광원과 상기 투영 광학계 사이에 배치된 가변 블라인드에 의해 수행되는 노광 장치의 동작 방법.

### 청구항 20.

제 14 항에 있어서,

상기 조명 영역을 설정하는 단계 및 상기 조명 영역을 변경하는 단계는 상기 조명광의 광축에 수직인 평면에서 상기 조명 영역을 회전시키는 것에 의해 수행되는 노광 장치의 동작 방법.

### 청구항 21.

제 16 항에 있어서,

상기 투영 영상을 검출하는 단계는 상기 투영된 패턴의 공간 영상을 상대적으로 주사하는 단계를 포함하고,

상기 결상 특성을 측정하는 단계는 상대적인 주사 방향으로 상기 공간 영상의 적분 데이터를 미분하는 단계를 포함하는

노광 장치의 동작 방법.

### 청구항 22.

투영 광학계를 구비하는 노광 장치의 동작 방법에 있어서,

이미지 필드 내의 복수의 측정 위치를 포함하는 측정 영역보다 작을 뿐만 아니라 조도계의 수광 창보다 커지도록 상기 투영 광학계의 상기 이미지 필드 내에 조명 영역을 설정하는 단계와,

상기 투영 광학계를 통과한 후에 상기 이미지 필드 내에 도달한 조명광의 광 강도 분포를 검출하는 단계

를 포함하는 노광 장치의 동작 방법.

### 청구항 23.

제 22 항에 있어서,

상기 광 강도 분포를 검출하는 단계는 상기 이미지 필드 내에서 이동할 수 있는 수광부에 의해 행해지고,  
상기 수광부의 위치에 따라 상기 조명 영역을 변경하는 단계를 더 포함하는  
노광 장치의 동작 방법.

#### 청구항 24.

제 23 항에 있어서,

상기 수광부는 상기 복수의 측정 위치 중 하나의 측정 위치로부터 다음 측정 위치로 연속하여 이동하는 노광 장치의 동작 방법.

#### 청구항 25.

제 23 항에 있어서,

상기 조명 영역을 설정하는 단계는 상기 조명광을 생성하는 광원과 상기 투영 광학계 사이에 배치된 가변 블라인드에 의해 이루어지는 노광 장치의 동작 방법.

#### 청구항 26.

조명광을 생성하는 광원과,

투영 광학계와,

상기 투영 광학계의 이미지 필드 내의 복수의 측정 위치에 도달한 상기 조명광을 검출하는 검출기와,

상기 광원과 상기 검출기 사이에 배열되고, 마스크 상의 패턴을 조명하기 위해 마스크 상에 조명 영역을 설정하고, 조명광이 상기 마스크 상에 조명되도록 유지하면서 상기 검출기에 의한 상기 패턴의 투영 영상의 검출 동안 상기 조명 영역을 변경하는 조명 영역 설정 및 변경 장치

를 구비하되,

상기 조명 영역 설정 및 변경 장치는 상기 마스크 상의 제 1 패턴을 조명하는 제 1 조명 영역으로부터, 상기 제 1 패턴과 상기 마스크 상의 상기 제 1 패턴과는 다른 제 2 패턴 모두를 조명하는 제 2 조명 영역으로 변경하는

투영 노광 장치.

#### 청구항 27.

제 26 항에 있어서,

상기 검출기는 상기 조명 영역의 변경 후에 상기 제 1 패턴의 투영 영상을 검출하고, 그 후에 상기 제 2 패턴의 투영 영상의 검출을 개시하는 투영 노광 장치.

### 청구항 28.

제 26 항에 있어서,

상기 검출기에 전기적으로 접속되고, 상기 검출기에 의해 검출될 때에 상기 이미지 필드로 투영된 상기 패턴의 영상의 검출 결과에 따라 상기 투영 광학계의 결상 특성을 측정하는 측정 장치를 더 구비하는 투영 노광 장치.

### 청구항 29.

제 28 항에 있어서,

상기 측정된 결상 특성에 따라 상기 투영 광학계의 결상 특성을 보정하는 보정 장치를 더 구비하고,

상기 보정 장치는 상기 측정 장치와 전기적으로 접속되어 있는

투영 노광 장치.

### 청구항 30.

제 26 항에 있어서,

상기 조명 영역 설정 및 변경 장치는 상기 광원과 상기 투영 광학계 사이에 배치된 가변 블라인드를 구비하는 투영 노광 장치.

### 청구항 31.

제 26 항에 있어서,

상기 조명 영역 설정 및 변경 장치는 상기 광원의 광축에 수직인 평면에서 상기 조명 영역을 회전시키는 투영 노광 장치.

### 청구항 32.

제 28 항에 있어서,

상기 검출기는 상대적으로 주사함으로써 상기 패턴의 공간 영상을 검출하고,

상기 측정 장치는 상대적 주사 방향으로 상기 공간 영상의 적분 데이터를 미분하는

투영 노광 장치.

### 청구항 33.

조명광을 생성하는 광원과,

투영 광학계와,

상기 투영 광학계의 이미지 필드 내의 복수의 측정 위치에 도달하는 상기 조명광의 광 강도 분포를 검출하는 조도계와,

상기 광원과 상기 조도계 사이에 배치되고, 상기 투영 광학계의 상기 이미지 필드 내의 복수의 측정 위치를 포함하는 측정 영역보다 작을 뿐만 아니라 상기 조도계의 수광 창보다 커지도록 상기 이미지 필드 내의 상기 조명 영역을 설정하는 조명 영역 설정 장치

를 구비하는 투영 노광 장치.

#### 청구항 34.

제 33 항에 있어서,

상기 검출기는 상기 이미지 필드 내에서 이동할 수 있는 수광부를 구비하고,

상기 조명 영역 설정 장치는 상기 수광부의 위치에 따라 상기 조명 영역을 변경하는

투영 노광 장치.

#### 청구항 35.

제 34 항에 있어서,

상기 수광부는 상기 복수의 측정 위치 중 하나의 측정 위치로부터 다음 측정 위치로 연속하여 이동하는 투영 노광 장치.

#### 청구항 36.

제 33 항에 있어서,

상기 조명 영역 설정 장치는 상기 광원과 상기 투영 광학계 사이에 배치된 가변 블라인드를 구비하는 투영 노광 장치.

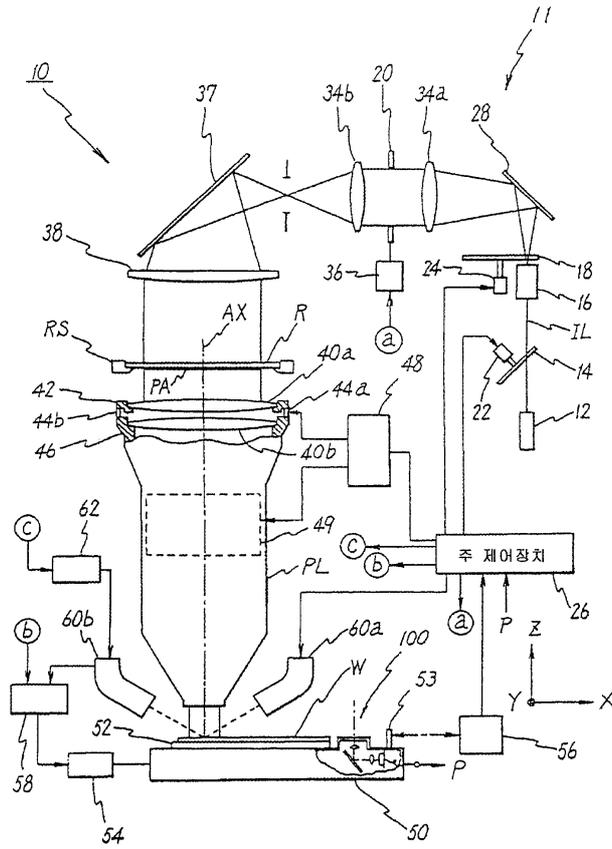
#### 청구항 37.

제 1 항에 있어서,

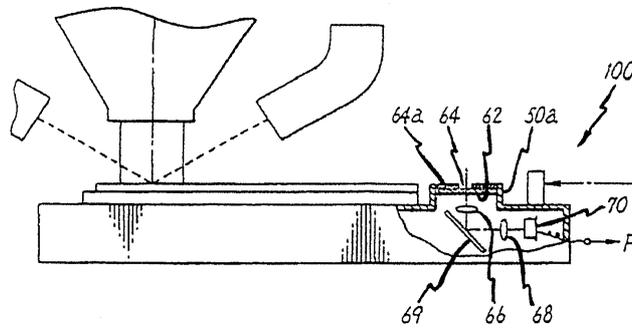
상기 이미지 필드 내의 상기 복수의 측정 위치는 상기 조명광의 도달이 차단되는 영역의 변경 후에 즉시 동시에 조명되는 노광 장치의 광학 특성 측정 방법.

도면

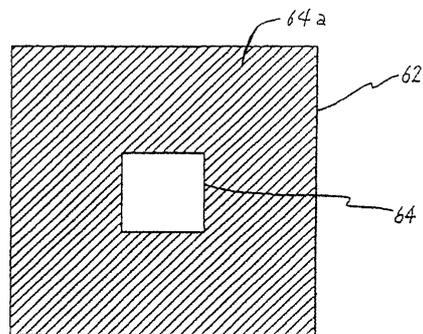
도면1



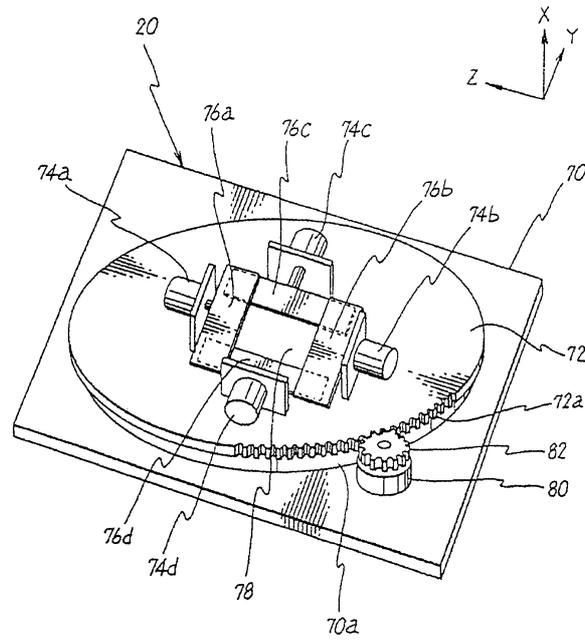
도면2



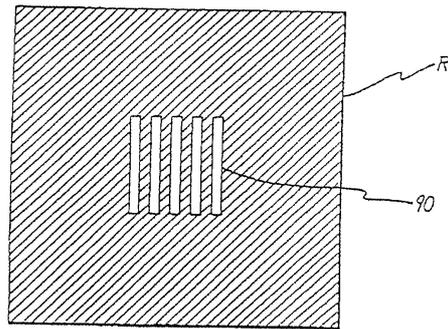
도면3



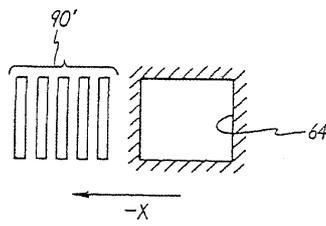
도면4



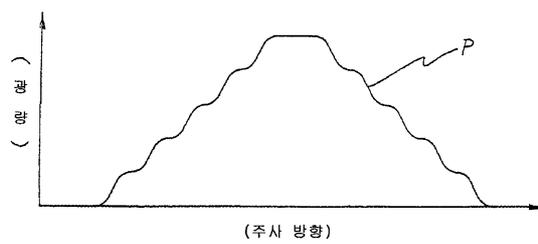
도면5



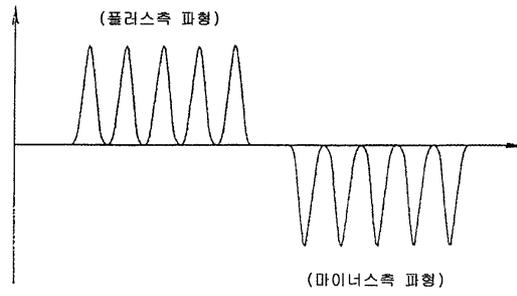
도면6



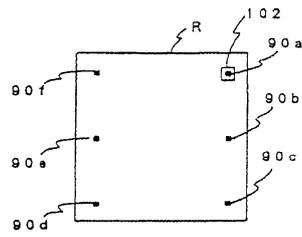
도면7a



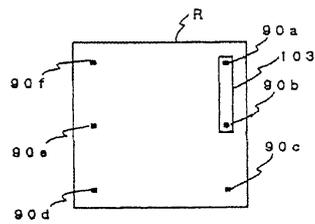
도면7b



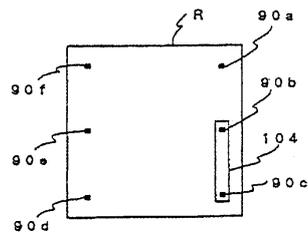
도면8a



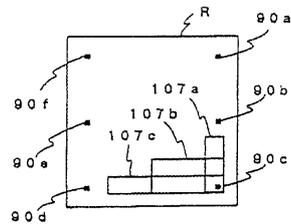
도면8b



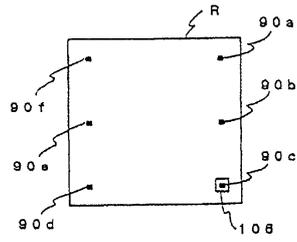
도면8c



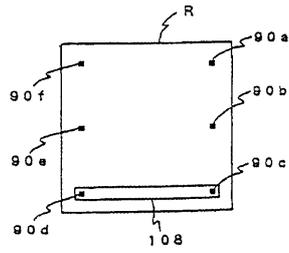
도면8d



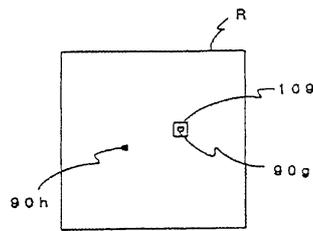
도면8e



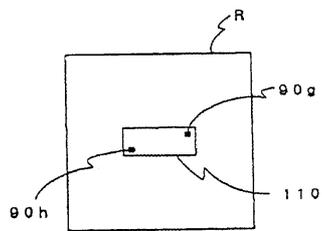
도면8f



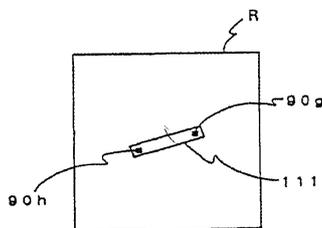
도면9a



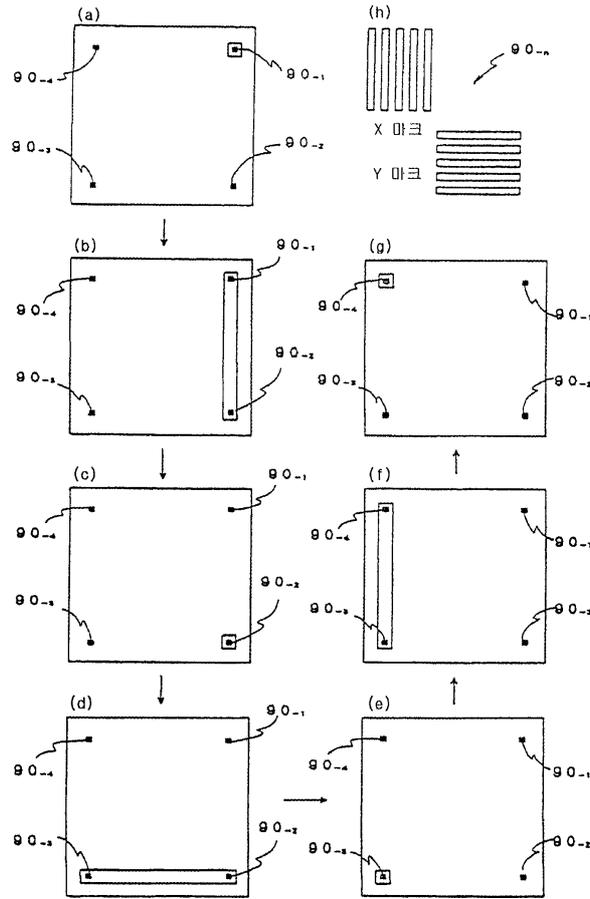
도면9b



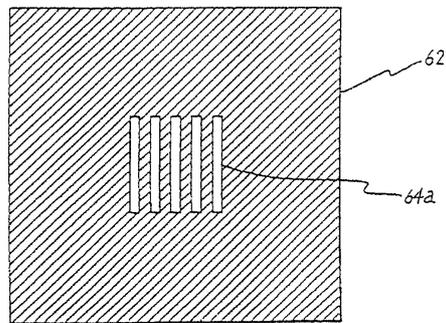
도면9c



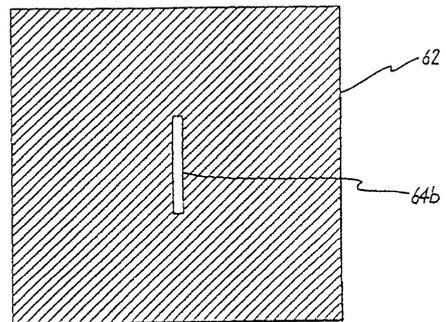
도면10



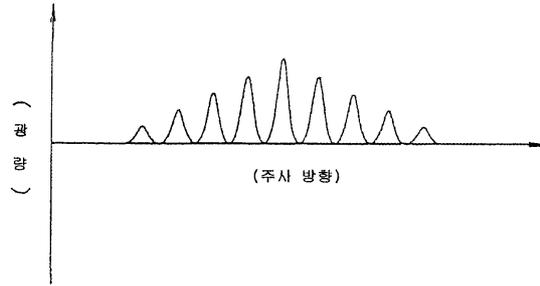
도면11a



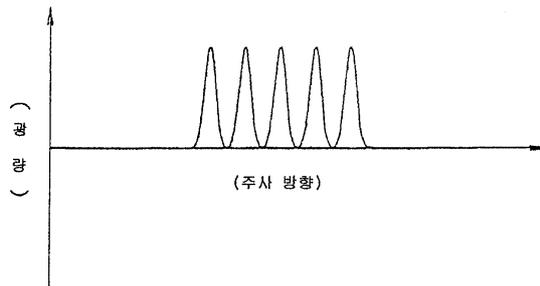
도면11b



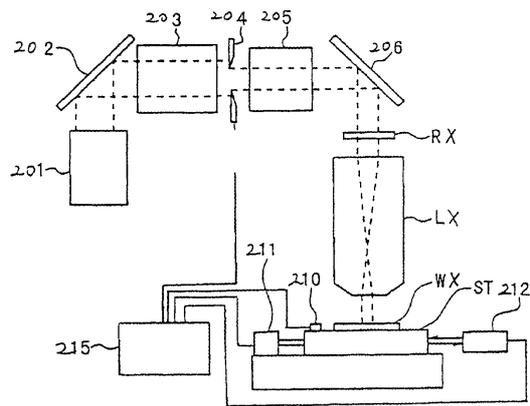
도면12a



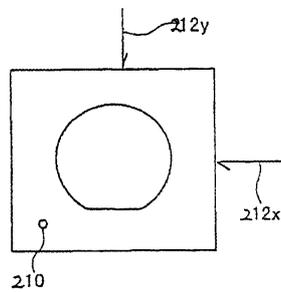
도면12b



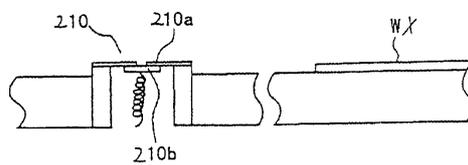
도면13



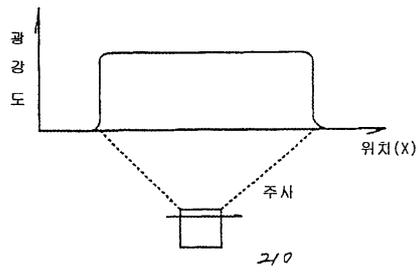
도면14



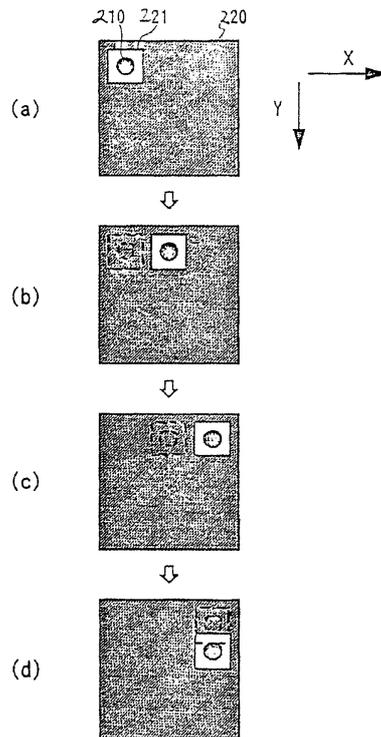
도면15



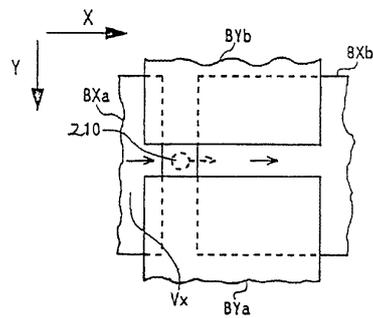
도면16



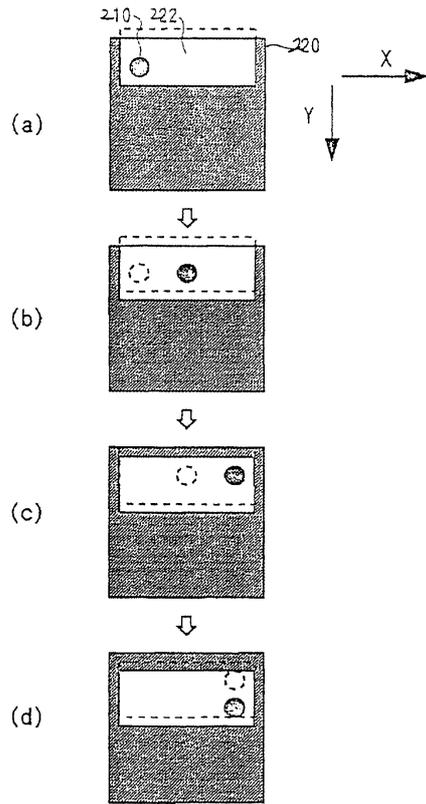
도면17



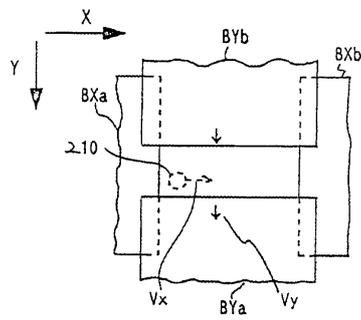
도면18



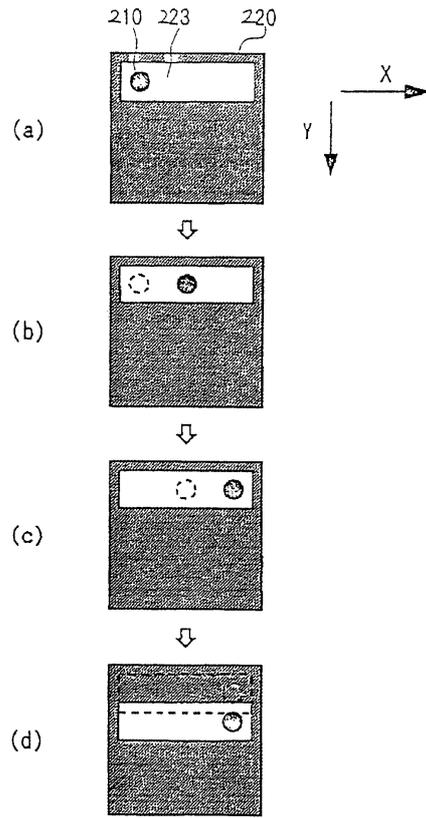
도면19



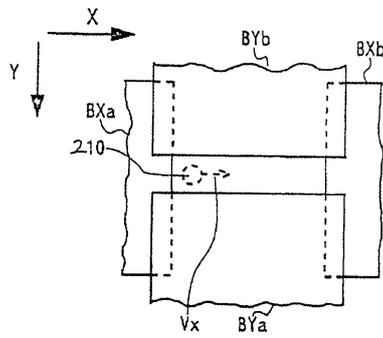
도면20



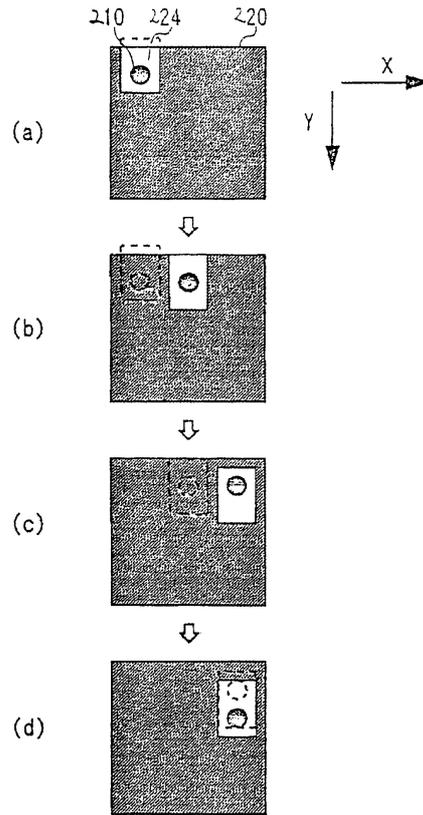
도면21



도면22



도면23



도면24

