



(19) 대한민국특허청(KR)  
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2008-0052397  
(43) 공개일자 2008년06월11일

(51) Int. Cl.

H01L 21/66 (2006.01) H01L 21/027 (2006.01)

(21) 출원번호 10-2007-0123237

(22) 출원일자 2007년11월30일

심사청구일자 2007년11월30일

(30) 우선권주장

JP-P-2006-00329915 2006년12월06일 일본(JP)

(71) 출원인

캐논 가부시끼가이샤

일본 도쿄도 오오따꾸 시모마루코 3쵸메 30방 2고

(72) 발명자

마츠모토 타카히로

일본국 도쿄도 오오따꾸 시모마루코 3쵸메 30방 2고 캐논가부시끼가이샤 나이

(74) 대리인

이화익, 권태복

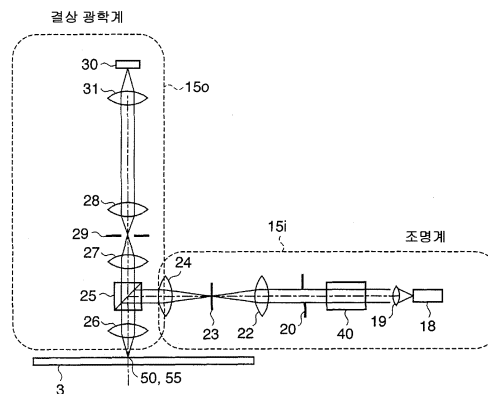
전체 청구항 수 : 총 11 항

(54) 계측장치 및 이것을 구비하는 투영 노광장치

### (57) 요약

계측장치는, 검사 마크가 형성된 기판을 계측한다. 이 계측장치는 검사 마크의 상의 엣지 간격이 투영 노광장치의 다른 포커스 위치에 대응하는 극값을 갖도록 변경되는 계측 조건 하에서 촬상된 검사 마크의 상의 엣지 간격 정보를 취득하는 취득부와, 각 계측 조건 하에서 촬상된 검사 마크의 상의 엣지 간격 정보에 의거하여 디포커스 값을 산출하는 산출부를 구비한다.

### 대표도



## 특허청구의 범위

### 청구항 1

검사 마크가 형성된 기관을 계측하는 계측장치로서,

상기 검사 마크의 상의 엣지 간격이 투영 노광장치의 다른 포커스 위치에 대응하는 극값을 갖도록 변경되는 계측 조건 하에서 촬상된 상기 검사 마크의 상의 엣지 간격 정보를 취득하도록 구성된 취득부와,

각 계측 조건 하에서 촬상된 상기 검사 마크의 상의 엣지 간격 정보에 의거하여 디포커스값을 산출하도록 구성된 산출부를 구비한 것을 특징으로 하는 계측장치.

### 청구항 2

제 1 항에 있어서,

상기 산출부는, 상기 각 계측 조건 하에서 촬상된 각각의 상기 검사 마크의 상의 엣지 간격 정보 간의 차분에 의거하여 상기 디포커스값을 산출하도록 구성된 것을 특징으로 하는 계측장치.

### 청구항 3

제 1 항에 있어서,

상기 산출부는, 상기 각 계측 조건 하에서 촬상된 상기 검사 마크의 엣지 간격 정보에 의거하여 노광량을 산출하도록 구성된 것을 특징으로 하는 계측장치.

### 청구항 4

제 1 항에 있어서,

상기 각 계측 조건은, 상기 기관을 조명하기 위한 광학계의 조명조건인 것을 특징으로 하는 계측장치.

### 청구항 5

제 4 항에 있어서,

상기 조명조건은, 조명 파장인 것을 특징으로 하는 계측장치.

### 청구항 6

제 4 항에 있어서,

상기 조명조건은, 코히어런스인 것을 특징으로 하는 계측장치.

### 청구항 7

제 1 항에 있어서,

상기 각 계측 조건은, 상기 검사 마크의 마크의 메인 로브 간의 간격 및 상기 검사 마크의 상의 사이드 로브 간의 간격을 계측함으로써 변경되는 것을 특징으로 하는 계측장치.

### 청구항 8

제 1 항에 있어서,

상기 각 계측 조건은, 상기 검사 마크로서, 솔리드 마크 및 오픈 마크를 사용함으로써 변경되는 것을 특징으로 하는 계측장치.

### 청구항 9

패턴을 갖는 원판에 조사되는 노광 광을 기관에 투영하는 광학계와,

상기 기관 및 상기 원판 중 하나를 홀딩해 위치 결정하는 스테이지 유닛과,

청구항 1에 기재된 계측장치를 구비한 것을 특징으로 하는 투영 노광장치.

## 청구항 10

투영 노광장치에 의한 노광을 통해서 기관에 형성된 마크에 의거해 투영 노광장치의 디포커스값을 계측하는 계측장치로서,

상기 마크를 촬상하도록 구성된 촬상부와,

복수의 각 조건 하에서 상기 촬상부에 의해 취득한 상기 마크의 상의 2개의 엣지 사이의 간격을 얻고, 상기 복수의 조건의 각각에 관해서 얻은 상기 간격에 의거하여 상기 디포커스값을 산출하는 처리를 실행하도록 구성된 처리부를 구비한 것을 특징으로 하는 계측장치.

## 청구항 11

투영 광학계를 가지며, 원판 및 상기 투영 광학계를 통해서 기관을 노광하는 투영 노광장치로서,

상기 투영 노광장치에 의한 노광을 통해서 기관에 형성된 마크에 의거해서 상기 투영 노광장치의 디포커스값을 계측하는 청구항 10에 기재된 계측장치와,

상기 원판 및 상기 기관 중 하나를 홀딩하여 이동시키는 스테이지와,

상기 계측장치에 의해 계측된 상기 디포커스값에 의거하여 상기 투영 광학계의 광축의 방향에 있어서의 상기 스테이지의 위치를 제어하도록 구성된 제어부를 구비한 것을 특징으로 하는 투영 노광장치.

## 명세서

### 발명의 상세한 설명

#### 기술분야

- <1> 본 발명은, 예를 들면 반도체 소자, 액정표시소자, 박막 자기헤드 등을 리소그래피로 제조할 때에 사용되는 투영 노광장치에 있어서, 양호한 상 성능을 얻기 위해서 필요한 디포커스값 및 노광량의 계측방법 및 계측장치에 관한 것이다. 또한, 본 발명은, 계측된 디포커스값 및 노광량의 제어방법에 관한 것이다. 또한, 본 발명은 디포커스값 및 노광량의 계측 및 제어가 가능한 노광장치 및 디바이스 제조방법에 관한 것이다.

#### 배경기술

- <2> 반도체소자, 액정표시소자 또는 박막 자기헤드 등을 리소그래피로 제조할 때에, 마스크 또는 레티클(이하, "레티클"이라고 한다)의 패턴 상을 투영 광학계를 통해서 감광 기관 위에 결상하는 투영 노광장치가 이용되고 있다.
- <3> 최근, 반도체 소자의 고집적화에 의해, 가공 선폴이 미세화되고 있다. 이에 따라, 투영 노광장치의 투영 렌즈의 고NA화, 광원파장의 단파장화, 대화각화가 진행되고 있다. 이들을 달성하도록 구성된 유닛으로서, 스텝퍼라고 불리는 장치가 이용되고 있다. 스텝퍼는 거의 정방형의 노광 영역을 웨이퍼 위에 축소하여 일괄 투영 노광한다. 또한, 직사각형의 슬릿 형상의 노광 영역을 형성하고, 레티클과 웨이퍼를 상대적으로 고속 주사하여, 대화면을 정밀하게 노광하는 스캐너라고 불리는 주사형 노광장치가 앞으로 다가올 주류의 디바이스가 되고 있다. 이러한 상황 중에서, 투영 렌즈의 고NA화, 노광 파장의 단파장화에 의해, 패턴의 허용 선폴 정밀도를 유지하기 위해서, 투영 노광장치의 디포커스값 및 노광량의 관리가 점점 중요하게 되고 있다.
- <4> 종래의 디포커스값의 계측 방법으로서, 이하의 3개의 방법을 들 수 있다.
- <5> (1) 특수한 레티클을 사용하여, 검사 마크를 웨이퍼 위에 전사 노광하고, 그 노광한 검사 마크의 위치를 계측한다(일본국 공개특허공보 특개2002-55435호 및 일본국 공개특허공보 특개2002-289494호를 참조).
- <6> (2) LES(Line End Shortening)을 이용해 라인 길이를 계측한다(일본국 공개특허공보 특개1-187817호 및 미국특허 제5,965,309호 참조).
- <7> (3) 레지스트의 측벽 각의 정보를 SEM이나 광 CD 계측기나 AFM을 사용해서 계측한다(미국특허 제6,150,664호 및 일본국 공개특허공보 특개2003-142397호를 참조).

- <8> (2) 및 (3)에 나타난 방법에서는, 디포커스값 이외에 동일 마크를 사용하여, 노광량의 측정이 가능하다.
- <9> 그렇지만, 종래의 기술에서는, 이하에 나타내는 문제가 있었다.
- <10> 우선, (1)의 방법에서는, 검사 마크를 통과한 빛이 웨이퍼 위에서 비대칭인 입사각도 분포를 형성해야 한다. 예를 들면, 일본국 공개특허공보 특개2002-55435호에서는, 레티클 위의 검사 마크가 90도의 위상 차를 가지고 있다. 또한, 일본국 공개특허공보 특개2002-289494호에서는, 레티클의 양면에 패턴을 형성하는 등에 의해 제작된 특수한 레티클을 사용하고 있다. 이에 따라, 레티클 위에 소자 패턴과 검사 마크를 모두 형성하는 것이 어렵다. 따라서, 이 방법은, 양산 라인의 소자 패턴의 포커스 및 노광량의 측정에 적절하지 않다. 또 이 방법은, 투영 노광장치의 상면(field) 만족량의 정기 메인テナンス(periodic maintenance) 등에만 사용가능하다.
- <11> 또한, (2)의 방법에서는, 특수한 레티클을 필요로 하지 않고, 비교적 저렴한 측정기를 이용해 측정이 가능하다. 그렇지만, 측정 대상의 라인 길이가 베스트 포커스 위치의 양측에 포물선의 거동을 나타낸다. 그 때문에, 디포커스값의 절대치는 측정할 수 있지만, 그 값의 부호를 알 수 없었다. 포커스의 부호를 판정하기 위해서는, 소정량 포커스를 변화시켜서 다시 노광 및 라인 길이 측정을 행하고, 그 후에 라인 길이의 증감에 의거해서 부호를 판단할 필요가 있었다.
- <12> (3)의 방법에서는, 광학식의 촬상 화상을 이용해 측정을 실행하는 (1) 및 (2)의 방법과 달리, 광 CD(Critical Dimension) 측정기나 AFM 등의 고가의 측정기가 필요하여, CD 방향의 측정을 실행한다. 그 때문에, 패턴의 미세화에 따라, 측정 정밀도에도 문제가 발생한다.
- <13> 도 18a 내지 18c 및 도 19를 참조하여, 종래기술과 그 과제에 대해서 상세히 설명한다. 도 18a 내지 18c는, 디포커스값과 패턴 길이와의 관계를 도시한 도면이다. 횡축은 디포커스값을 나타내고, 종축은 패턴 길이를 나타낸다. 도 19는, 일본국 공개특허공보 특개평1-187817호에 개시되어 있는 포커스량 또는 노광량의 측정방법을 설명하기 위한 도면이다. 도 19에 나타나 있는 바와 같이, 웨이퍼에 찍기 형상의 검사 마크 RP가 전사 노광된다. 그 후, 슬릿 형상의 빔 SP로 화살표의 방향으로 스캔을 행한다. 그 회절광 강도로부터 패턴 길이  $L_y$ 를 얻는다. 패턴 길이  $L_y$ 는, 노광장치의 포커스 위치가 변화할 때, 도 18a에 나타나 있는 바와 같이, 베스트 포커스 위치에서 최대가 되고, 빛이 디포커스함에 따라 감소하는 2차 함수적인 특성이 있다. 미리, 이러한 포커스 특성 곡선을 취득하고, 검사 대상이 되는 노광 웨이퍼 위의 검사 마크 RP의 패턴 길이  $L_y$ 를 측정한다. 도 18b에 나타나 있는 바와 같이, 패턴 길이  $L_y=L_{y1}$ 만을 측정하는 경우에는, 포커스의 검사값으로서 F1, F2의 2값이 이용가능하다. 이 때문에, 패턴 길이에 대응하는 검사값을 판정할 수 없다. 따라서, 종래에는, 도 18c에 나타나 있는 바와 같이, 제 1의 노광으로부터 노광장치의 포커스 위치를 dF만큼 이동시킨 후에, 검사 마크를 노광하고, 다시 패턴 길이  $L_y$ 를 측정한다. 제 2회의 패턴 길이  $L_y$ 가  $L_{y2}$ 이면, 제 1회의 포커스 검사 값은 F1이라고 판정한다. 패턴 길이  $L_y$ 가  $L_{y2}'$ 이면, 제 1회의 포커스 검사값은 F2라고 판정한다. 즉, 종래의 라인 앤드 쇼트닝(Line End Shortening)을 사용한 검사 방법에서는, 베스트 포커스 위치를 극대값으로 하는 2차 함수적인 특성에 의해, 1번의 노광 공정만으로는 포커스의 부호를 판정할 수 없다. 따라서, 패턴 길이 변화의 특성이, 베스트 포커스 위치를 극대값으로 하는 2차 함수를 갖고, 베스트 포커스 위치 부근에 있어서의 패턴 길이의 변화가 적기 때문에, 포커스 측정의 분해능이 저하한다.
- <14> 이와 같이, 반도체 제조의 양산 라인에 있어서, 포커스량 및 노광량을 검사하고, 시간 경과에 따라 적절히 보정을 행하기 위한 인라인 포커스 모니터(또는 인라인 노광량 모니터)로서 충분한 기능을 가진 측정방법 또는 측정장치가 존재하지 않았다.

## 발명의 내용

### 해결 하고자하는 과제

- <15> 본 발명은, 상기한 바와 같이 베스트 포커스 위치 부근에 있어서의 포커스 측정의 경우의 문제를 고려하여 이루어진 것으로서, 그러한 경우에 있어서도 적절한 포커스 측정을 행하는 것을 목적으로 한다.

### 과제 해결수단

- <16> 본 발명의 제 1의 측면에 따른, 검사 마크가 형성된 기판을 측정하는 측정장치는, 상기 검사 마크의 상의 엠티 간격이 투영 노광장치의 다른 포커스 위치에 대응하는 극값을 갖도록 변경되는 측정 조건 하에서 촬상된 상기 검사 마크의 상의 엠티 간격 정보를 취득하도록 구성된 취득부와, 각 측정 조건 하에서 촬상된 상기 검사 마크의 상의 엠티 간격 정보에 의거하여 디포커스값을 산출하도록 구성된 산출부를 구비한다.

- <17> 본 발명의 제 2의 측면에 따른 투영 노광장치는 패턴을 갖는 원판에 조사되는 노광 광을 기관에 투영하는 광학계와, 상기 기관 및 상기 원판 중 하나를 홀딩해 위치 결정하는 스테이지 유닛과, 상술한 계측장치를 구비한다.
- <18> 본 발명의 제 3의 측면에 따른, 투영 노광장치에 의한 노광을 통해서 기관에 형성된 마크에 의거해 투영 노광장치의 디포커스값을 계측하는 계측장치는, 상기 마크를 촬상하도록 구성된 촬상부와, 복수의 각 조건 하에서 상기 촬상부에 의해 취득한 상기 마크의 상의 2개의 엣지 사이의 간격을 얻고, 상기 복수의 조건의 각각에 관해서 얻은 상기 간격에 의거하여 상기 디포커스값을 산출하는 처리를 실행하도록 구성된 처리부를 구비한다.
- <19> 본 발명의 제 4의 측면에 따른, 투영 광학계를 가지며, 원판 및 상기 투영 광학계를 통해서 기관을 노광하는 투영 노광장치는, 상기 투영 노광장치에 의한 노광을 통해서 기관에 형성된 마크에 의거해서 상기 투영 노광장치의 디포커스값을 계측하는 상술한 계측장치와, 상기 원판 및 상기 기관 중 하나를 홀딩하여 이동시키는 스테이지와, 상기 계측장치에 의해 계측된 상기 디포커스값에 의거하여 상기 투영 광학계의 광축의 방향에 있어서의 상기 스테이지의 위치를 제어하도록 구성된 제어부를 구비한다.
- <20> 본 발명의 그 외의 특징들은 (첨부도면을 참조하여) 이하의 예시적인 실시 예의 설명으로부터 밝혀질 것이다.

### 효 과

- <21> 본 발명에 의하면, 베스트 포커스 위치 부근에 있어서 적절한 포커스 계측을 행하는 것이 가능하다.

### 발명의 실시를 위한 구체적인 내용

- <22> 이하, 본 발명의 바람직한 실시 예에 대해서, 첨부된 도면을 참조해서 상세히 설명한다. 또한, 각 도면에 있어서, 같은 구성요소에 대해서는 동일한 참조 번호를 부착하고 있다.
- <23> (제 1의 실시 예)
- <24> 도 5는, 본 발명의 바람직한 제 1의 실시 예에 따른 투영 노광장치를 도시한 도면이다. 투영 노광장치(10)는, 스텝 앤드 스캔 방식으로 레티클(1) 위에 형성된 회로 패턴을 웨이퍼 등의 기관(3)에 노광한다. 투영 노광장치(10)는, 서브미크론이나 쿼터 미크론 이하의 리소그래피 공정에 적합하다. 투영 노광장치(10)는, 도 5에 나타나 있는 바와 같이, 조명 장치(700)와, 레티클(원판이라고도 한다)(1)을 탑재하는 레티클 스테이지(RS)와, 투영 광학계(2)를 구비한다. 투영 노광장치(10)는 또한 기관(3)을 탑재하는 기관 스테이지(SS)와, 포커스/틸트 검출계(33)와, 포커스/틸트 검출계(33)의 연산 처리부(400)와, 얼라인먼트 검출 광학계(15)와, 얼라인먼트 검출 광학계(15)의 연산 처리부로서의 얼라인먼트 신호 처리계(402)를 갖는다. 제어부(1100)는, CPU 및 메모리를 갖고, 광원(800)과, 레티클 스테이지(RS)와, 기관 스테이지(SS)와, 포커스/틸트 검출계(33)와, 얼라인먼트 검출 광학계(15)와 전기적으로 접속되고, 투영 노광장치(10)의 각 부를 제어한다. 제어부(1100)는 또한 포커스/틸트 검출계(33)가 기관(3)의 표면위치를 검출할 때의 계측 값의 보정연산 및 제어와, 얼라인먼트 검출 광학계(15)가 기관(3)의 면내 위치를 검출할 때의 계측값의 보정연산 및 제어를 행한다.
- <25> 조명 장치(700)는, 광원(800)과, 조명 광학계(801)를 갖고, 전사용의 회로 패턴이 형성된 레티클(1)을 조명한다.
- <26> 광원(800)으로서는, 예를 들면 레이저를 사용한다. 레이저로서는, 약 193nm의 파장을 가지는 ArF 엑시머 레이저, 약 248nm의 파장을 가지는 KrF 엑시머 레이저 등을 사용할 수 있다. 그렇지만, 광원의 종류는 엑시머 레이저에 한정되지 않는다. 예를 들면, 약 157nm의 파장을 가지는 F<sub>2</sub> 레이저나 20nm이하의 파장을 가지는 EUV(Extreme Ultra Violet)광 등을 사용해도 좋다.
- <27> 조명 광학계(801)는, 광원(800)으로부터 방출된 광속을 사용해서 피조명면을 조명하는 광학계이다. 이 조명 광학계(801)는, 광속을 소정의 최적의 형상의 노광 슬릿으로 성형하고, 레티클(1)을 조명한다. 조명 광학계(801)는, 렌즈, 미러, 옵티컬 인테그레이터(optical integrator), 조리개 등을 포함하고, 예를 들면 콘덴서 렌즈, 파리눈(fly-eye) 렌즈, 개구 조리개, 콘덴서 렌즈, 슬릿, 및 결상 광학계의 순으로 배치된 구성을 갖는다. 조명 광학계(801)는, 축상(on-axis) 광 및 축외(off-axis) 광을 모두 사용할 수 있다. 옵티컬 인테그레이터는, 파리눈 렌즈 및 2개의 실린드릭(cylindrical) 렌즈 어레이(또는 렌티큘러 렌즈;reticular lenses)를 겹쳐서 형성된 인테그레이터를 포함한다. 그렇지만, 광학 인테그레이터를 광학 로드(rod)나 회절 광학소자로 치환해도 좋다.

- <28> 레티클(1)은, 예를 들면 석영제이며, 그 위에는 전사되어야 할 회로 패턴이 형성되어 있다. 또한, 레티클 스테이지(RS)는 레티클(1)을 지지하여 소정방향으로 구동시킨다. 레티클(1)을 통과한 회절광은, 투영 광학계(2)를 통과하고, 기관(3)에 투영된다. 레티클(1)과 기관(3)은, 광학적으로 공역의 관계를 갖는다. 레티클(1)과 기관(3)을 축소 배율비에 대응하는 속도비율로 주사함으로써, 레티클(1)의 패턴을 기관(3)에 전사할 수 있다. 또한, 투영 노광장치(10)에는, 광 경사 입사계의 레티클 검출계(36)가 설치되어 있다. 레티클 검출계(36)가 레티클(1)의 위치를 검출하여, 소정의 위치에 배치된다.
- <29> 레티클 스테이지(RS)는, (도면에 나타내지 않은) 레티클 칩을 통해서 레티클(1)을 지지하고, (도면에 나타내지 않은) 이동 기구에 접속되어 있다. 이 이동 기구는, 리니어 모터 등으로 구성되고, X방향, Y방향, Z방향 및 각 축의 회전 방향으로 레티클 스테이지(RS)를 구동시킴으로써, 레티클(1)을 이동시킬 수 있다.
- <30> 투영 광학계(2)는, 물체면으로부터의 광속을 상면(image plane)에 결상하는 기능을 갖는다. 이 투영 광학계(2)는 레티클(1)에 형성된 패턴을 통과한 회절광을 기관(3) 위에 결상한다. 복수의 렌즈 소자만으로 이루어지는 광학계, 복수의 렌즈 소자와 적어도 1개의 요면경을 가지는 광학계(반사굴절의 광학계), 또는 복수의 렌즈 소자와 적어도 한 개의 페이즈 홀로그램(phase hologram) 등의 회절 광학소자를 가지는 광학계 등은 투영 광학계(2)로서 기능할 수 있다.
- <31> 기관(3)은, 피처리 물체이며, 포토레지스트가 그 표면에 도포되어 있다. 또한, 본 실시 예에서는, 기관(3)은, 포커스/틸트 검출계(33)가 위치를 검출하는 피검출체이다. 다른 실시 예에서는, 기관(3)을, 액정기관이나 그 밖의 피처리 물체로 치환하는 것이 가능하다.
- <32> 기관 스테이지(SS)는, (도면에 나타내지 않은) 웨이퍼 칩을 통해서 기관(3)을 지지한다. 기관 스테이지(SS)는, 레티클 스테이지(RS)와 마찬가지로, 리니어 모터를 이용하여, X방향, Y방향, Z방향 및 각 축의 회전 방향으로 기관(3)을 이동시킨다. 예를 들면, 레티클 스테이지(RS)의 위치와 기관 스테이지(SS)의 위치는, 레이저 간섭계(101) 등에 의해 감시된다. 레티클 스테이지(RS)와 기관 스테이지(SS)는 일정한 속도비율로 구동된다. 기관 스테이지(SS)는, 예를 들면 댐퍼를 통해서 마룻바닥 등의 위에 지지되는 스테이지 정반 위에 설치된다. 레티클 스테이지(RS) 및 투영 광학계(2)는, 예를 들면 마룻바닥 등에 탑재된 베이스 프레임 위에 댐퍼를 통해서 지지되는 (도면에 나타내지 않은) 경통 정반 위에 설치되어 있다.
- <33> 포커스/틸트 검출계(33)는, 광학적인 계측 시스템을 사용하여, 노광 중의 기관(3)의 표면위치(Z방향)의 위치 정보를 검출한다. 포커스/틸트 검출계(33)는, 기관(3) 위의 복수의 계측점에 광속을 입사시키고, 광속을 개별의 센서로 인도하며, 다른 위치의 위치 정보(계측 결과)에 의거하여 노광면의 틸트를 검출한다.
- <34> 다음에, 얼라인먼트 검출계에 관하여 설명한다. 본 실시 예에서는, 얼라인먼트 검출계는, 얼라인먼트 검출뿐만 아니라, 포커스/노광량 검사 마크의 검출에도 사용할 수 있다. 도 2는, 얼라인먼트 검출 광학계(15)의 주요 구성요소를 도시한 도면이다. 도 2는, X방향을 위치를 검출하는 광학계의 예를 나타낸다. 이하, X방향 검출계에 대해서 설명한다. 이 검출계는 Y방향에 관해서는, Z축 주위에 90도 회전한다. 또한, Y방향에 관해서는, X방향용의 마크를 Z축 주위에 90도 회전시키고, 그 마크를 얼라인먼트 마크로서 사용한다. 또한, X방향용의 마크 및 Y방향용의 마크를 검출하기 위해서 에어리어 센서(Area Sensor)를 사용해도 된다.
- <35> 얼라인먼트 검출 광학계(15)는, 조명계 15i 및 결상 광학계 15o로 구성된다. 렌즈 19는, 광원(18)으로부터의 조명광을 확대하여, 평행광을 형성한다. 이 평행광은, 임의의 파장을 선택적으로 투과시키는 파장 선택부(40)를 통과하고, 렌즈 22는 다시 집광한다. 개구 조리개(20)를 조정하는 것에 의해 조명광의 코히어런스( $\sigma$ )를 조정할 수 있다. 애퍼처(aperture; 23)는, 기관(3)과 공역인 위치에 존재하고, 기관(3) 위의 얼라인먼트 마크의 주변영역에 불필요한 빛이 조명되지 않게 하는 시야 조리개의 역할을 한다. 렌즈 22에 의해 집광된 빛은, 다시 렌즈 24에 의해 평행광으로 된다. 빔 스플리터(25)는 이 빛을 반사하여, 렌즈 26을 통해서 기관(3) 위의 얼라인먼트 마크(50)를 조명한다. 얼라인먼트 마크(50)에 의해 반사된 빛은, 렌즈 26, 빔 스플리터(25), 렌즈 27, 28을 지나서, 라인 센서(30)에서 수광된다. 라인 센서(30)는, 얼라인먼트 검출 방향과 수직인 방향으로 파위를 가지는 실린드릭 렌즈(미도시)에 의해 집광하도록 구성되어 있다.
- <36> 기관(3)의 표면과 공역인 위치에 설치된 조리개(29)는, 얼라인먼트 마크(50)의 소정의 영역만을 처리한다. 얼라인먼트 마크(50)는, 100%~400%정도의 결상 배율로 확대되어, 라인 센서(30)에 결상된다.
- <37> 파장 선택부(50)는, 도 3에 나타나 있는 바와 같이, 원반의 동일 반경 위에 10개의 밴드패스 간섭필터 F1~F10를 갖는다. 이 파장 선택부(40)는, 원반을 회전시켜서 임의의 밴드패스 간섭필터를 조명광의 광로 위에 위치 결정함으로써, 임의의 파장을 얼라인먼트 마크에 조명하도록 구성되어 있다. 최적의 조명 파장은, 웨이퍼 위의 얼

라인먼트 마크의 수직 구조에 따라 선택된다. 얼라인먼트 스코프의 개구수(NA)는, 0.4~0.9정도이다. 그리고, 레지스트를 감광하지 않는 파장이 사용된다.

<38> 얼라인먼트 마크(50)로서는, 도 11a 또는 11b에 나타난 형상을 가진 마크를 사용한다. 도 11a에 있어서, 계측 방향인 X방향으로 4 $\mu$ m의 길이를 갖고, 비계측 방향인 Y방향으로 30 $\mu$ m의 폭을 가지는 직사각형의 마크를, X방향으로 20 $\mu$ m의 피치로 4개 배열해 놓고 있다. 각 얼라인먼트 마크(50)는, 0.6 $\mu$ m의 선폭으로 둘러싸인 직사각형의 윤곽을 갖도록 에칭되어 있다. 실제로는, 얼라인먼트 마크(50) 위에 레지스트가 도포되어 있지만, 설명을 간략화하기 위해서, 이 레지스트는 도시하지 않고 있다. 도 11a의 얼라인먼트 마크(50)를 사용했을 경우, 얼라인먼트 검출 광학계(15)의 렌즈의 NA에 속하지 않는 큰 각도를 가진 산란광이 엠티에서 발생하여 간섭을 일으킨다. 이 때문에, 라인 센서(30) 위에는, 도 12와 같이 상이 형성된다. 도 11a의 얼라인먼트 마크(50)는, 어둡거나 밝은 오목부를 형성한다. 그러한 상은, 밝은 시야 화상에서 많이 관찰된다.

<39> 이와 같이 촬상된 얼라인먼트 마크(50)의 화상은, 얼라인먼트 신호 처리계(402)를 사용하여, 아래와 같이 처리된다. 얼라인먼트 마크(50)의 위치는, 템플릿 매칭법(template matching)을 사용해서 산출된다. 템플릿 매칭법은, 취득한 신호(도 13의 S)와 미리 장치에서 가지고 있는 템플릿(도 13의 T)과의 상관 연산이다. 가장 상관값이 높은 위치를, 얼라인먼트 마크의 중심으로서 검출한다. 도 13의 상관값의 함수 E에 있어서, 피크 화소로부터 좌우 몇 개의 화소의 영역에 있어서의 중심 화소 위치를 취득함으로써, 1/10~1/50 화소의 분해능을 달성할 수 있다. 템플릿 매칭법은, 수식(1)에 따라 실행된다.

$$E(X) = \frac{1}{\sum_{j=k}^k [S(X + J) - T(J)]^2} \quad \dots (1)$$

<40>

<41> 여기에서, S는 센서가 취득한 신호이고, T는 템플릿이며, E는 상관 결과이다. 도 13은, 신호 S, 템플릿 T, 및 상관값 E의 관계를 도시한 것이다. 도 13은, 4개의 얼라인먼트 마크 중, 1개의 얼라인먼트 마크의 상에 관한 처리 결과를 나타내고 있다. 또한, 나머지 3개의 얼라인먼트 마크의 상의 위치도, 템플릿 매칭법에 의해, 검출된다. 템플릿 매칭법에 의해, 4개의 얼라인먼트 마크 상의 위치 X1(n), X2(n), X3(n), X4(n)을 취득한다(단위는 "화소"). 여기에서, n은 템플릿 번호다. 그 후에, 수식(2)에 의해 각 마크의 평균 위치를 산출한다.

<42>  $Xa(n) = [X1(n) + X2(n) + X3(n) + X4(n)]/4 \quad \dots (2)$

<43> 얼라인먼트 스코프 등의 얼라인먼트 검출 광학계(15)의 결상 배율을 M, 에어리어 센서의 얼라인먼트 계측 방향의 화소 피치를 Px라고 하자. 이때, 각 템플릿에 의해 얻은 웨이퍼 위의 얼라인먼트 마크(50)의 위치 어긋남 Xw(n)은, 수식(3)으로 나타낸다.

<44>  $Xw(n) = Xa(n)/(Px \cdot M) \quad \dots (3)$

<45> 수식(3)에 의거하여, 라인 센서(30)로 취득한 베스트 포커스 상 신호로부터의 얼라인먼트 마크의 위치 어긋남량 X1을 산출한다.

<46> 이상과 같이, 투영 노광장치(10)는, 제어부(1100)의 제어 하에 포커스/틸트 검출계로 검출한 기관의 면 위치 정보에 의거하여 투영 광학계(2)의 광축 방향 또는 틸트에 따라 기관 스테이지(SS)의 위치를 제어한다. 이에 따라, 투영 노광장치(10)의 투영 광학계의 베스트 포커스 면에 기관위치를 맞춘다. 그리고, 얼라인먼트 검출계로 계측한 웨이퍼의 면 내의 위치 어긋남량에 의거하여 얼라인먼트를 실시한다. 그 후에, 레티클 위의 패턴을 웨이퍼에 전사 노광한다. 이상은, 투영 노광장치(10)의 주요부의 구성과 기능의 설명이다.

<47> 다음에, 본 실시 예에 따른 포커스/노광량의 계측방법에 관하여 설명한다. 우선, 도 10의 플로차트를 참조하여, 본 발명의 바람직한 실시 예에 따른 디포커스값/노광량의 계측 방법 및 보정방법에 대해서 개략적으로 설명한다.

<48> 스텝 ST101에서는, 도 6에 나타나 있는 바와 같이 웨이퍼 위의 투영 노광장치(10)의 포커스 값(포커스 위치)(F)과 노광량(E)을 바꾸면서, 레티클 위의 검사 마크(도 4)를 노광하여, FEM(Focus Exposure Matrix) 웨이퍼를 작성한다. 이때 사용하는 레티클은, 실제의 소자 패턴과, 스크라이브 라인에 해당하는 영역에 형성된 검사 마크를 갖고, 이들은 동시에 노광된다.

- <49> 스텝 ST102에서는, 웨이퍼 위의 실제의 소자 패턴을 예를 들면 SEM을 사용해서 평가한다. 그리고, 실제의 소자 패턴을 설계값으로 형성하는 포커스 값 및 노광량 또는 포커스 변동 및 노광량 변동에 대한 중심 포커스 값 및 중심 노광량을 포함한 최적 노광 조건에 의거해서, 최적의 포커스 값  $F_0$  및 최적의 노광량  $E_0$ 를 얻는다.
- <50> 스텝 ST103에서는, FEM 웨이퍼를 투영 노광장치(10)로 로드한다. 얼라인먼트 검출계는, 각 노광량  $E$  및 포커스 값  $F$ 에 의거하여 노광한 검사 마크의 라인 길이  $L(E, F)$ 을 측정하고, 라인 길이  $L$ 과 노광량/포커스 값과의 관계식(근사 곡선)을 산출한다.
- <51> 스텝 ST104에서는, 디바이스 패턴과 검사 마크를 가진 레티클을 사용하여, 투영 노광장치(10)가 웨이퍼에 디바이스 패턴 및 검사 마크를 노광한다.
- <52> 스텝 ST105에서는, 검사 마크를 측정하고, 스텝 ST103에서 얻은 관계식에 의거하여 노광량과 포커스값을 결정한다.
- <53> 스텝 ST106에서는, 최적의 노광 조건( $E_0, F_0$ )으로부터의 측정된 노광량 및 포커스 값의 편차를 보정하기 위해서, 투영 노광장치(10), 현상장치 또는 에칭장치에 오프셋을 준다.
- <54> 스텝 ST107에서는, 노광 대상으로서의 또 다른 웨이퍼가 있는지 아닌지를 판단한다. 웨이퍼가 있는 경우에는, 처리는 스텝 ST104로 되돌아가서 노광해야 할 웨이퍼가 없어질 때까지 상술한 처리를 반복한다.
- <55> 이하, 이 플로우의 상세한 실시 내용에 관하여 설명한다. 도 4는, 본 발명의 바람직한 실시 예에서 사용하는 포커스 값/노광량의 검사 마크(55)를 도시한 도면이다. 도 4에 나타나 있는 바와 같이, 검사 마크(55)는, 직사각형의 라인 및 스페이스로 구성된다. 라인 폭 및 스페이스 폭은 모두, 기판 위에서  $0.15\mu\text{m}$ 이다. 기판 위의 라인 길이  $L$ 의 설계값은  $4\mu\text{m}$ 이다. 이 라인 및 스페이스의 개수는 10개 이상인 것이 바람직하다. 직사각형 패턴의 배열 방향의 길이는, 기판 위에서  $30\mu\text{m}$ 이다. 라인 및 스페이스의 듀티비는, 0.5인 것이 바람직하다. 그렇지만, 본 발명은, 이것에 한정되지 않는다. 라인 폭 및 스페이스 폭은, 기판에 전사 노광해야 할 최소의 패턴 폭과 동등한 폭이나 이 최소의 패턴 폭의 3배 정도의 폭으로 설정하는 것이 바람직하다. 도 4에 나타난 패턴을, 복수 배치해도 좋다. 예를 들면, 도 11b에 나타나 있는 바와 같이, 도 4에 나타난 검사 마크(55)를 수평방향으로 소정의 피치로 배열하여, 얼라인먼트 마크로서 사용하는 것도 가능하다. 이 경우, 측정하는 라인 길이의 수가 증가한다(도 11b에서는 4개의 라인 길이를 측정). 그 라인 길이의 평균값을 사용함으로써 측정 정밀도를 향상시킬 수 있다. 또한, 투영 노광장치(10)의 축소 배율을  $1/4$ 로 하면, 레티클 위에서는, 라인 폭이  $0.6\mu\text{m}$ 이고, 라인 길이는  $16\mu\text{m}$ 이다.
- <56> 다음에, 검사 마크(55)의 측정방법에 관하여 설명한다. 본 실시 예에서는, 상기의 투영 노광장치(10)의 얼라인먼트 검출계를 사용해서 측정을 행한다. 투영 노광장치(10) 위에 검사 기판을 탑재한다. 얼라인먼트 검출 광학계(15)는, 검사 마크(55)를 촬상한다. 검사 마크(55)의 상은, 조리개(29)로 규정된, 도 4에 나타난 유효 처리영역(56) 내에서, 얼라인먼트 검출 광학계(15) 내의 실린드릭 렌즈에 의해 집광되어, 그 상이 Y방향으로 적산된 신호로서 출력된다. 이 처리에 따라, 도 1a에 나타나 있는 바와 같이, 검사 마크의 라인의 양측의 엣지(55L, 55R)에 대응하는 적어도 2개의 극값(피크 또는 바텀)을 가지는 신호 파형을 취득할 수 있다.
- <57> 라인 길이를 얻기 위한 엣지 위치의 계산방법으로서, 검사 마크의 엣지에 의해 발생한 극값의 전후의 몇 개의 점의 함수를 근사하여, 극값의 위치를 얻는 방법이 있다. 또, 극값 부근의 신호 파형과 소정의 슬라이스 레벨과의 교점 2개의 중점을 취득하는 방법도 있다.
- <58> 도 6에 나타나 있는 바와 같이, 미리 기판 위의 투영 노광장치(10)의 포커스 값( $F$ )과 노광량( $E$ )을 바꾸면서 검사 마크를 노광하여, FEM 기판을 작성한다. 이때 사용하는 레티클은, 실제의 소자 패턴과, 스크라이브 라인에 해당하는 영역에 형성된 검사 마크를 갖고, 이들은 동시에 노광된다.
- <59> 기판 위의 실제의 소자 패턴을, 예를 들면 SEM을 사용해서 평가한다. 실제의 소자 패턴을 설계값으로 형성하는 포커스 값 및 노광량 또는 포커스 변동 및 노광량 변동에 대한 중심 포커스 값 및 중심 노광량을 포함한 최적 노광 조건에 의거하여, 최적 포커스값  $F_0$  및 최적 노광량  $E_0$ 를 취득한다. 한편, 검사 마크에 대해서는, FEM 기판을 투영 노광장치(10)로 로드한다. 얼라인먼트 검출계는, 상기의 방법에 의해, 각 노광량  $E$  및 포커스값  $F$ 에 근거해 노광된 검사 마크의 라인 길이  $L(E, F)$ 을 측정한다. 이때, 본 실시 예에서는, 얼라인먼트 검출 광학계(15)의 파장 선택부(40)가 조명 파장을 바꾸면서 각 포커스 값 및 각 노광량에 대응하는 검사 마크를 측정한다. 즉, 도 1a 및 1b에 나타나 있는 바와 같이, 1개의 검사 마크에 대하여, 각 조명 파장마다 다른 신호 파형을 얻을 수 있다. 예를 들면, 조명 파장  $\lambda_1$ 에서의 엣지 간격(라인 길이)의 측정 값을  $L_1(E, F)$ 로 하고, 조명 파장

$\lambda_2$ 에서의 엣지 간격(라인 길이)의 계측 값을  $L_2(E, F)$ 로 한다. 이 경우, 도 7에 나타나 있는 바와 같은 특성의 곡선을 얻을 수 있다.

<60> 도 7에 있어서, 조건 1은 조명 파장  $\lambda_1$ 에 대응하고, 조건 2는 조명 파장  $\lambda_2$ 에 대응한다. 또한,  $E_1, E_2$ 는 각각 노광량을 나타낸다. 이렇게, 라인 길이  $L_1$ 과 라인 길이  $L_2$ 는, 디포커스값에 대하여 2차 함수적인 변동을 나타내는 동시에, 극대치를 나타내는 포커스 위치가, 조명 파장에 따라 변화하는 것이, 본 발명자의 실험 및 레지스트 시뮬레이션에 의해 밝혀졌다. 도 8은, 검사 마크의 1개의 직사각형 엘리먼트의 레지스트 형상의 시뮬레이션 결과를 나타내는 조감도다. 투영 노광장치(10)의 - 디포커스측과 + 디포커스측에서는, 레지스트 엣지의 후퇴와 함께 엣지의 경사각의 변화가 발생한다.

<61> 상측으로부터 이 마크를 촬상했을 경우, 엣지의 상하면에서의 간섭의 영향을 받아서 신호가 형성된다. 이 때문에, 극대 위치에 해당하는 포커스 위치가 조명 파장에 의존해서 변화한다. 한편, 노광량이 변화하면, 조명 파장에 의존하지 않고, 라인 길이가 거의 리니어한 변동을 나타낸다.

<62> 다음에, 이러한 포커스에 의존해서 변화하는 극대치를 각각 갖는, 2개의 라인 길이 정보( $L_1, L_2$ )를 사용하여 얻은 효과에 대해서, 도 9를 사용하여 설명한다. 도 9는 노광량  $E$ 에 해당하는 도 7의 특성을 사용하여 얻은,  $L_1$ 과  $L_2$ 의 차분, 즉,  $L_2(E, F) - L_1(E, F)$ 을 나타낸다. 이 차분( $L_2-L_1$ )은, 디포커스값에 대하여 선형 관계를 갖는다(이 차분은, 포커스에 대하여  $L_1, L_2$ 이 우함수를 나타내더라도, 기함수를 나타낸다). 따라서, 디포커스값을 부호로 취득하는 것이 가능하다. 또한, 통상의 포커스 계측방법에서는, 베스트 포커스 위치 부근에서, 검사 마크 형상의 변화가 적어지고, 계측 분해능이 저감한다. 그렇지만, 차분값을 사용하면, 디포커스값에 의존해서 계측 분해능이 변하지 않는다. 디포커스값이  $1\mu m$  변화하면, 차분값( $L_2-L_1$ )은 약  $90nm$  변화한다. 따라서, 라인 길이의 계측 정밀도를  $2nm$ 정도로 하면, 포커스 계측 분해능은  $(1\mu m/90) \times 2 =$  약  $20nm$ 이 된다.

<63> 이하, 수식을 사용하여, 구체적으로, 포커스 값 및 노광량의 계산 방법에 대해서 상세히 설명한다. 우선, FEM 기판을 계측해서 얻은 조명 파장  $\lambda_1$ 에서의 라인 길이  $L_1$ 과, 조명 파장  $\lambda_2$ 에서 얻은 라인 길이  $L_2$ 을 이하의 수식(4) 및 수식(5)으로 근사한다.

<64> 
$$L_1(E, F) = k_1 + k_e \cdot E + k_{f1} \cdot F + k_f \cdot F^2 \quad \cdots (4)$$

<65> 
$$L_2(E, F) = k_2 + k_e \cdot E + k_{f2} \cdot F + k_f \cdot F^2 \quad \cdots (5)$$

<66> 수식(4) 및 수식(5)에 있어서의 각 계수는, 라인 길이 계측값  $L_1, L_2$ 와, FEM 기판을 작성할 때 투영 노광장치(10)에 준 노광량 변수  $E$  및 포커스 값  $F$ 를 사용하여, 최소 제곱법에 의해, 용이하게 얻을 수 있다. 반대로, 포커스 값  $F$ 는, 수식(5)-수식(4)에 의해, 즉 수식(6)으로 나타낸다.

<67> 
$$F = \{(L_2 - L_1) - (k_2 - k_1)\} / (k_{f2} - k_{f1}) \quad \cdots (6)$$

<68> 한편, 노광량  $E$ 는, 수식(6)을 수식(4)에 대입함으로써, 수식(7)으로 나타낸다.

<69> 
$$E = \{L_1 - (k_1 + k_{f1} \cdot F + k_f \cdot F^2)\} / k_e \quad \cdots (7)$$

<70> 다만, 미리 FEM 기판을 이용해, 라인 길이  $L_1(E, F)$  및  $L_2(E, F)$ 를 계측하고, 수식(4) 및 수식(5)에 있어서의 각 계수를 결정한다. 그리고, 평가 대상 기판의 검사 마크의 라인 길이  $L_{1m}$  및  $L_{2m}$ 을 계측하여, 수식(6) 및 수식(7)의  $L_1, L_2$ 에 대입함으로써, 포커스값  $F_m$ 과 노광량  $E_m$ 을 얻는다. 또한, 최적의 포커스값  $F_o$ 로부터의 편차량  $\Delta F$ 와 최적의 노광량  $E_o$ 로부터의 편차량  $\Delta E$ 는, 이하의 수식(8) 및 수식(9)으로 나타낸다.

<71> 
$$\Delta F = F_m - F_o \quad \cdots (8)$$

<72> 
$$\Delta E = E_m - E_o \quad \cdots (9)$$

<73> 이렇게 해서 얻은 편차량  $\Delta F$  및  $\Delta E$ 에 의거하여, 이러한 편차량을 보정하기 위해서 포커스 오프셋 및 노광량 오프셋을 투영 노광장치(10)에 준다. 이에 따라, 최적의 노광 조건( $E_o, F_o$ ) 하에서, 레티클 위의 패턴이 기판에 전사 노광되도록 보정 및 제어를 행할 수 있다. 투영 노광장치(10)로의 피드백 및 피드 포워드의 방법은, 상술한 방법에 한정되지 않는다. 예를 들면, 노광량 및 디포커스값에 대하여, 최적의 노광조건에 의거해서 소정의 임계값을 설정해도 된다. 노광량 및 디포커스값이 그 임계값을 초과한 경우에만, 투영 노광장치(10)에 오프셋을 준다. 또한, 피드백 또는 피드 포워드 대상장치 및 장치변수로서는, 현상장치의 PEB 온도 및 시간을 이용해도 된다. 또, 레지스트 현상 후에 사용하는 에칭장치의 에칭 파라미터를 사용해도 된다.

- <74> 또한, 라인 길이 L1, L2와, 노광량 E와, 포커스값 F와의 관계식은, 먼저 나타난 것에 한정되지 않는다. 또한, 본 실시 예에 있어서는, 도 4에 나타난 바와 같이, 직사각형 패턴이 Y방향으로 배열된 마크의 X방향의 엣지 간격(라인 길이)을, X방향 검출용의 얼라인먼트 스코프로 측정하는 예를 나타냈다. 이외에도, 도 4의 마크를 90도 회전시켜서 X방향으로 패턴을 배열함으로써 형성된 마크의 Y방향의 엣지 간격(라인 길이)을 Y방향 검출용의 얼라인먼트 스코프로 측정해도 좋다. 또한, 포커스값 및 노광량의 산출에 있어서는, X방향의 측정값과 Y방향의 측정값의 평균값을 사용하는 것이 바람직하다. 또는, 노광 대상 디바이스 패턴 중에서 가장 노광/전사 정밀도가 엄격한 패턴의 배열 방향에 대응하는 검사 마크를 사용하여, 포커스값 및 노광량을 산출하는 것이 바람직하다.
- <75> (제 2의 실시 예)
- <76> 다음에, 본 발명의 바람직한 제 2의 실시 예에 관하여 설명한다. 전술한 바와 같이, 포커스에 대한 검사 마크의 라인 길이 측정값의 변화를 나타내는 특성에 있어서, 다른 측정 조건 하에서 검사 마크를 측정하는 경우에는, 라인 길이의 극값(극대치)을 나타내는 포커스 위치가 변화한다. 이것을 달성하기 위해서, 제 1 실시 예에서는, 측정장치의 조명 파장을 변경한다. 그러나, 본 제 2 실시 예에서는, 조명 파장이 아니라, 조명의 코히어런스를 변경한다. 검사 마크는, 제 1의 실시 예와 같은 것을 사용하기 때문에, 그 설명은 생략한다. 측정장치로서는, 투영 노광장치(10) 위의 얼라인먼트 스코프를 사용한다. 도 2의 개구 조리개(20)의 직경을 변화시킴으로써, 코히어런스  $\sigma$ 를 변경할 수 있다. 본 실시 예에서는, 1개의 검사 마크를 도 14a에 나타난 것과 같은  $\sigma = 0.9$ 과, 도 14b에 나타난 것과 같은  $\sigma = 0.4$ 에서 측정하여, 라인 길이 L에 대응하는 라인 길이 측정값 L1 및 L2를 얻는다. 이렇게, 조명계의 코히어런스  $\sigma$ 를 변화시킴으로써, 도 7에 나타나 있는 바와 같이 디포커스값에 대응하는 극대위치를 시프트시키는 것이 가능하다. 즉, 본 실시 예에서는, 도 7의 조건 1이  $\sigma = 0.9$ 에서의 측정 데이터에 대응하고, 조건 2가  $\sigma = 0.4$ 에서의 측정 데이터에 대응한다.
- <77> 이하, 이 측정 데이터 L1 및 L2를 사용한 포커스값 및 노광량의 계산방법 및 보정방법은 제 1 실시 예에 나타난 방법과 같으므로, 그 설명을 생략한다.
- <78> (제 3의 실시 예)
- <79> 다음에, 본 발명의 바람직한 제 3의 실시 예에 관하여 설명한다. 본 실시 예에서는, 라인 길이의 극값(극대치)을 나타내는 포커스 위치를 변경하기 위해서, 1개의 검사 마크로부터 취득한 신호 파형의 복수의 특징량을 사용하여, 엣지에 의존하는 2개의 라인 길이 측정값 L1 및 L2를 산출한다. 도 15는, 본 실시 예에 따른 신호 파형, 파형 특징량, 및 라인 길이의 측정 위치를 설명하는 그래프다. 도 2에 나타난 얼라인먼트 검출계에 의해 조명 파장 및 조명계의 코히어런스를 고정한 상태에서, 검사 마크를 측정한다. 그리고, 검사 마크의 엣지에 의해 생긴 신호 파형의 메인 로브(lobes) 사이의 간격을 L1로서 측정하고, 사이드 로브의 간격을 L2로서 측정한다. 이 경우에 있어서, 조건 1이 메인 로브 사이의 간격에 대응하고, 조건 2가 사이드 로브 사이의 간격에 대응한다. 극대치를 나타내는 포커스 위치가 시프트함으로써, 먼저 나타난 실시 예와 동등한 효과를 얻을 수 있다. 또한, 본 실시 예에서는, 사이드 로브 및 메인 로브의 콘트라스트가, 모두 필요하다. 이 때문에,  $\sigma$ (예를 들면  $\sigma = 0.4$  이하)을 줄이도록 도 2에 있어서의 개구 조리개(20)를 설정하는 것이 바람직하다.
- <80> (제 4의 실시 예)
- <81> 다음에, 본 발명의 바람직한 제 4의 실시 예에 관하여 설명한다. 본 실시 예에서는, 라인 길이의 극값(극대치)을 나타내는 포커스 위치를 변화시키기 위해서, 2개의 특성을 가지는 엘리먼트로 구성된 검사 마크를 사용하고 있다. 본 실시 예에서 사용하는 검사 마크는, 제 1~제 3의 실시 예에서 사용하는 도 4에 나타난 검사 마크와는 다르게, 도 16에서 나타나 있는 바와 같이, 솔리드 마크(55P)와 오픈 마크(55N)로 구성되어 있다. 솔리드 마크(55P)는, 기판 위에 직사각형 레지스트 패턴을 배열함으로써 형성되어 있다. 오픈 마크(55N)는, 레지스트 패턴 중에 오픈 직사각형 패턴(레지스트가 없다)을 배열함으로써 형성되어 있다. 도 17a 및 17b는, 본 실시 예에 따른 신호 파형, 파형 특징량, 및 라인 길이의 측정 위치를 설명하는 그래프이다. 도 2에 나타난 얼라인먼트 검출계에 의해 조명 파장 및 조명계의 코히어런스를 고정한 상태에서, 검사 마크를 측정한다. 그리고, 검사 마크(55)의 솔리드 마크(55P)의 엣지에 의해 생긴 신호 파형에 근거해 L1을 측정한다. 이 검사 마크의 오픈 마크(55N)의 엣지에 기인하는 신호 파형에 의거해서 L2를 측정한다. 이 경우에 있어서, 조건 1이 솔리드 마크의 라인 길이 L1에 대응하고, 조건 2가 오픈 마크의 라인 길이 L1에 대응한다. 극대값을 나타내는 포커스 위치가 시프트함으로써, 먼저 나타난 실시 예와 동등한 효과를 얻을 수 있다.
- <82> 이상과 같이, 제 1~제 4의 실시 예를 참조해서 본 발명을 설명했다. 그렇지만, 이들 4개의 실시 예를 조합해도 된다. 상술한 예에서는, 2개의 서로 다른 측정조건 하에서 2개의 마크 길이 정보 L1 및 L2를 취득한다. 계

측 조건은 적어도 2개 필요하고, 더욱 계측 조건의 수를 늘리는 것도 가능하다.

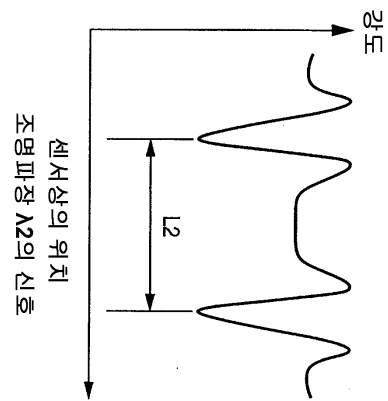
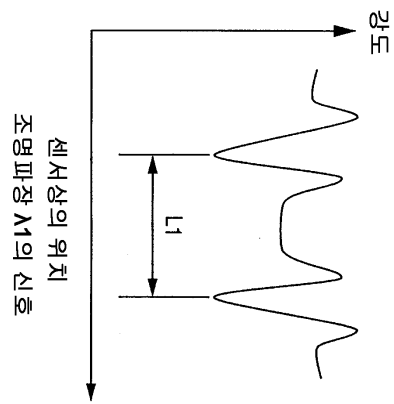
- <83> 계측 조건은 상기의 방법에 한정되는 것은 아니다. 라인 길이의 극값(극대치)을 나타내는 포커스 위치를 변경하는 본 발명의 특징을 충족시키는 조건이면 어떤 조건이든 이용 가능하고, 다른 편광의 광의 성분이나 밝은 시야 및 어두운 시야를 사용해도 된다.
- <84> 또한, 계측장치로서는, 투영 노광장치 위의 얼라인먼트 검출계를 사용한다. 대신에, 전용의 계측장치를 사용해도 된다. 또한, 반도체 제조라인에서 사용되고 있는 오버레이 검사장치를 오버레이 정밀도를 평가하는 표준 검사장치로서 사용할 수도 있다.
- <85> 본 발명에 대해서 예시적인 실시 예를 참조하면서 설명했지만, 본 발명은, 이 개시한 예시적인 실시 예에 한정되는 것은 아니라는 것을 알 수 있을 것이다. 이하의 특허청구범위는 모든 변형, 균등 구조 및 기능을 포함하도록 가장 넓게 해석되어야 한다.

### 도면의 간단한 설명

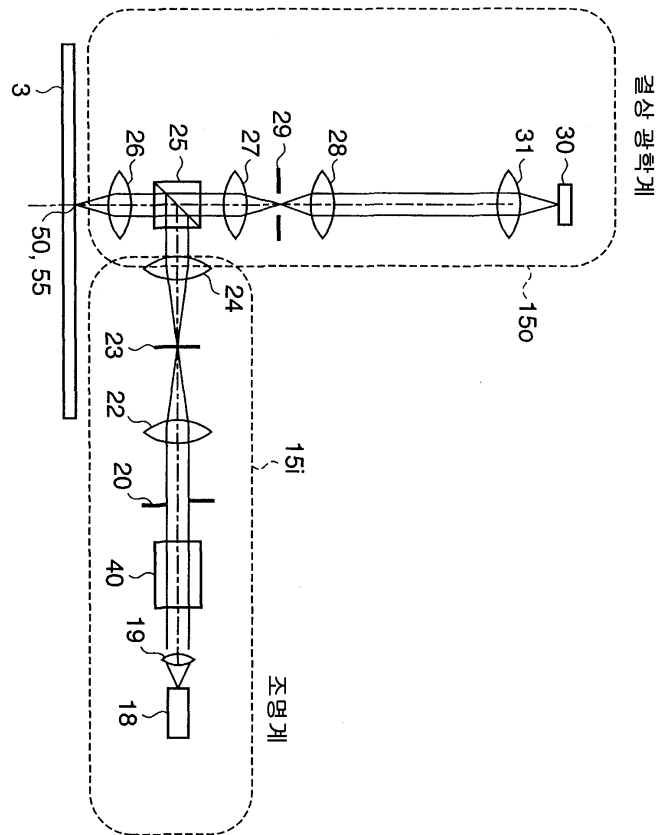
- <86> 도 1a 및 1b는 본 발명의 바람직한 제 1의 실시 예에서 취득되는 신호 파형을 설명하는 그래프이다.
- <87> 도 2는 본 발명의 바람직한 제 1의 실시 예에서 사용하는 계측장치를 설명하는 도면이다.
- <88> 도 3은 본 발명의 바람직한 제 1의 실시 예에서 사용하는 계측장치의 파장 가변 유닛의 구성을 설명하는 도면이다.
- <89> 도 4는 본 발명에서 사용하는 포커스/노광량 검사 마크를 설명하는 도면이다.
- <90> 도 5는 본 발명에서 사용하는 투영 노광장치의 도면이다.
- <91> 도 6은 본 발명에서 사용하는 FEM 웨이퍼 및 최적 노광 조건으로부터의 편차를 설명하는 도면이다.
- <92> 도 7은 본 발명의 포인트인 2개의 계측 조건에 의거한 패턴 길이의 차이를 도시한 그래프이다.
- <93> 도 8은 직사각형 레지스트 패턴의 디포커스 특성을 도시한 도면이다.
- <94> 도 9는 디포커스값과 2개의 라인 길이 계측값 간의 차분값과의 관계를 도시한 그래프이다.
- <95> 도 10은 본 발명의 시퀀스를 나타내는 플로차트다.
- <96> 도 11a 및 11b는 본 발명에서 사용하는 얼라인먼트 마크의 형상을 도시한 도면이다.
- <97> 도 12는 본 발명의 얼라인먼트 신호 파형을 도시한 그래프이다.
- <98> 도 13은 본 발명의 얼라인먼트 신호 파형의 처리방법을 설명하는 도면이다.
- <99> 도 14a 및 14b는 본 발명의 바람직한 제 2의 실시 예에 따른 신호 파형을 설명하는 그래프이다.
- <100> 도 15는 본 발명의 바람직한 제 3의 실시 예에 따른 신호 파형을 설명하는 그래프이다.
- <101> 도 16은 본 발명의 바람직한 제 4의 실시 예에서 사용하는 검사 마크를 도시한 도면이다.
- <102> 도 17a 및 17b는 본 발명의 바람직한 제 4의 실시 예에 따른 신호 파형을 설명하는 그래프이다.
- <103> 도 18a 내지 18c는 종래 기술의 문제를 설명하는 그래프이다.
- <104> 도 19는 종래의 포커스 계측방법을 설명하는 도면이다.

도면

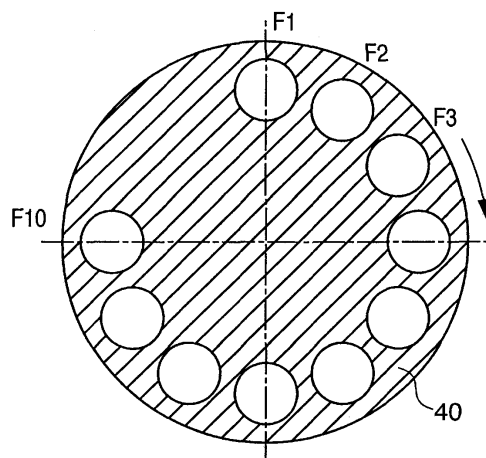
도면1



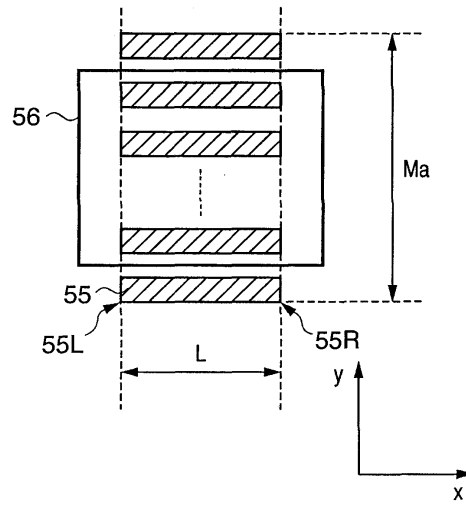
도면2



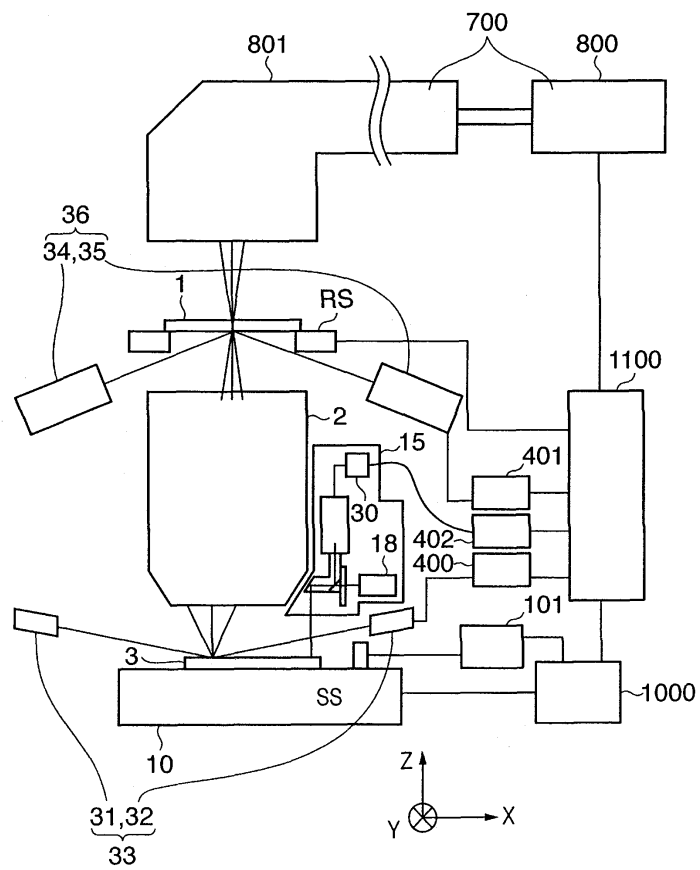
도면3



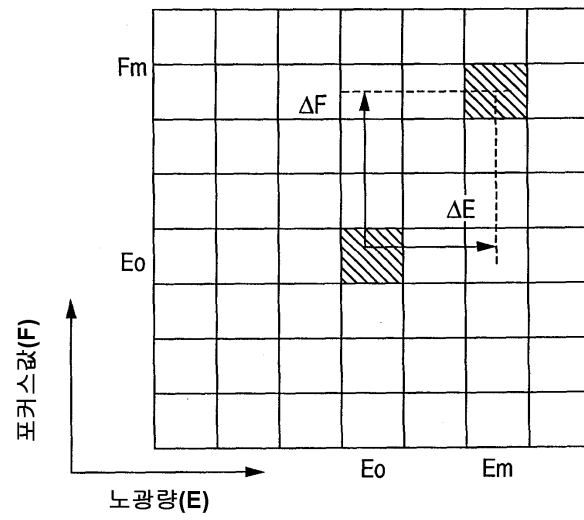
도면4



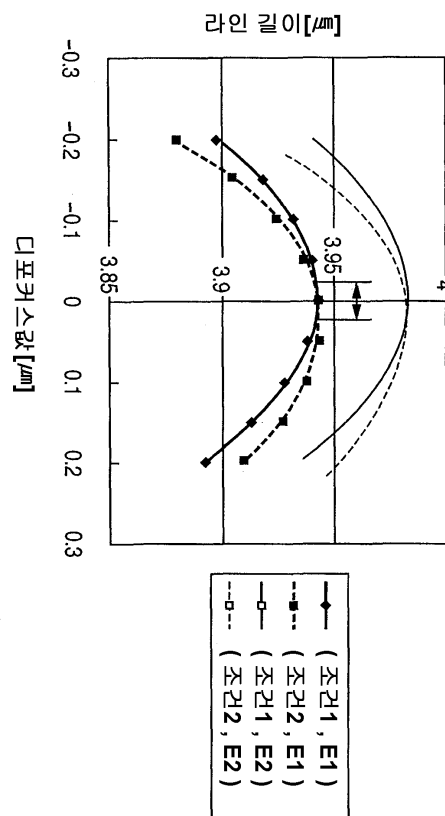
도면5



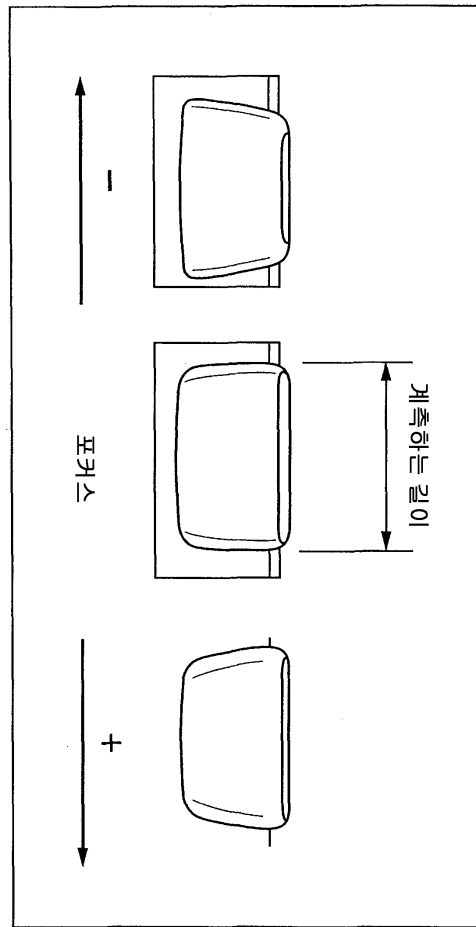
도면6



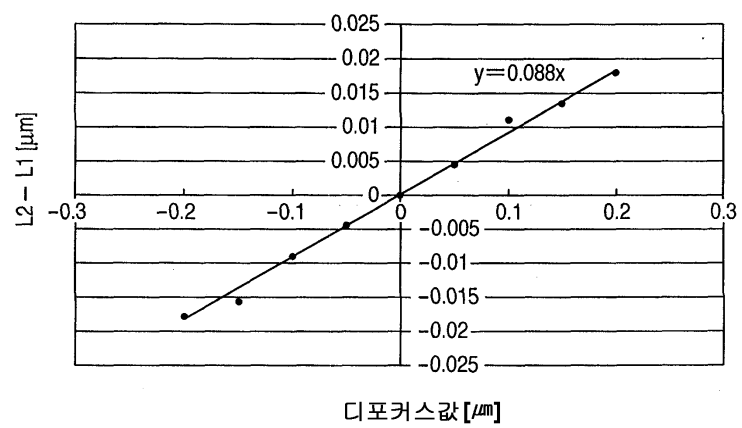
도면7



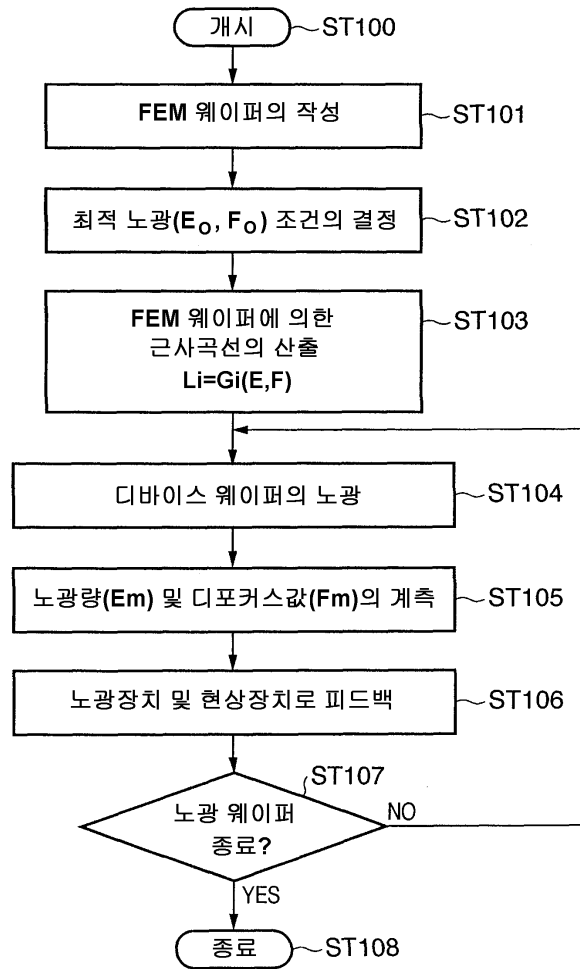
도면8



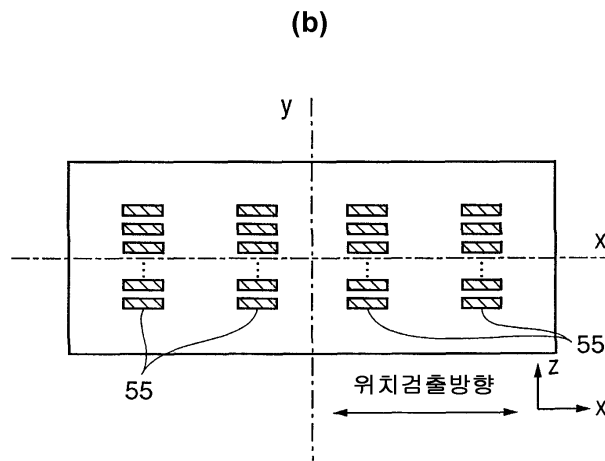
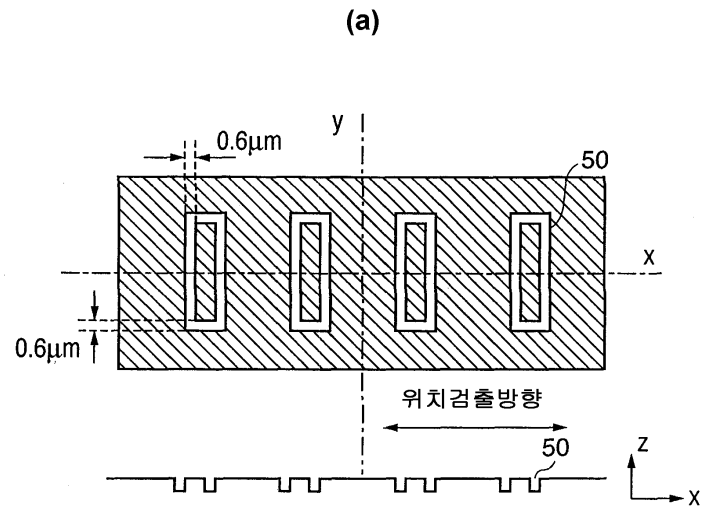
도면9



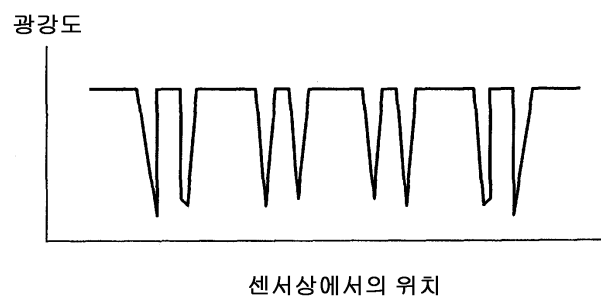
도면10



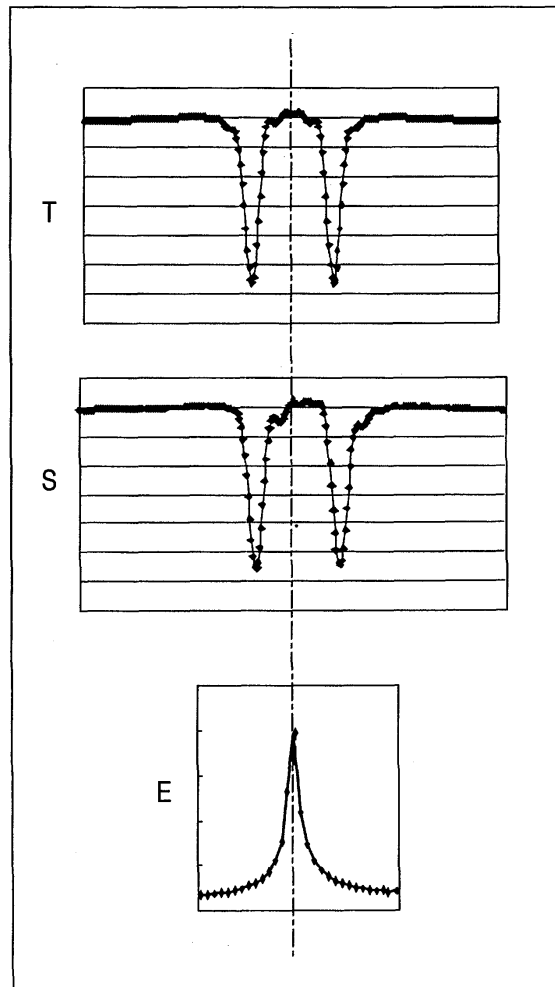
도면11



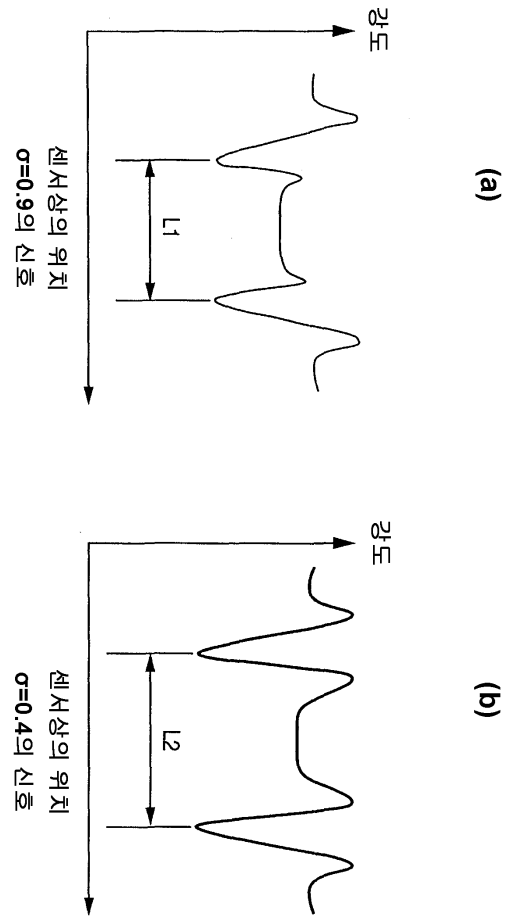
도면12



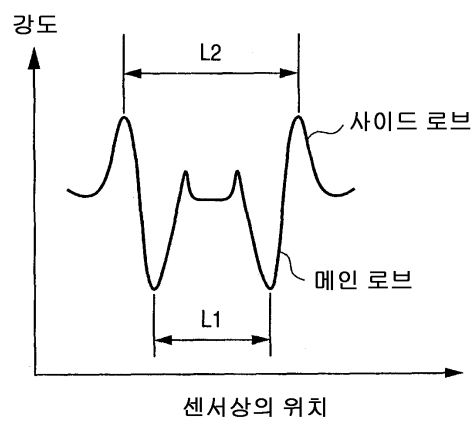
도면13



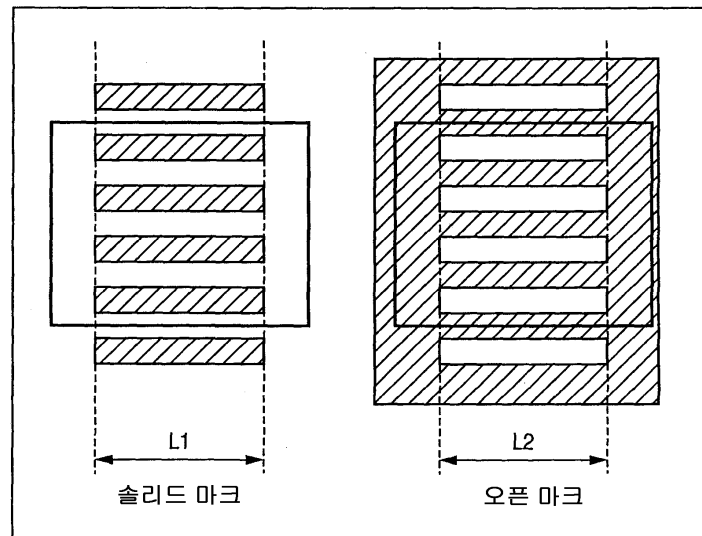
도면14



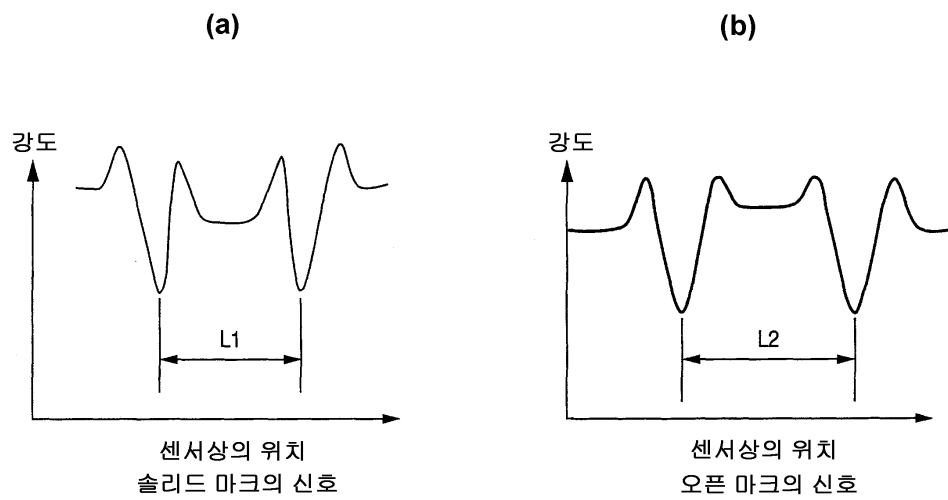
도면15



도면16

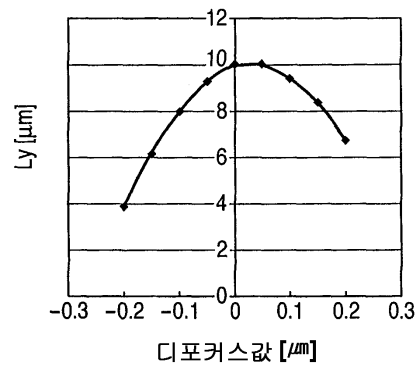


도면17

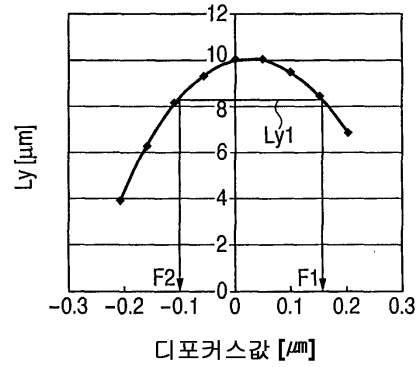


도면18

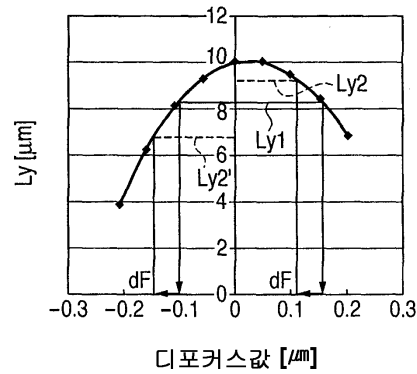
(a)



(b)



(c)



도면19

