



(19) 대한민국특허청(KR)  
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2010년03월17일  
(11) 등록번호 10-0948436  
(24) 등록일자 2010년03월11일

(51) Int. Cl.

H01L 21/027 (2006.01)

(21) 출원번호 10-2008-0065776

(22) 출원일자 2008년07월08일

심사청구일자 2008년07월08일

(65) 공개번호 10-2009-0005984

(43) 공개일자 2009년01월14일

(30) 우선권주장

JP-P-2007-00180155 2007년07월09일 일본(JP)

(56) 선행기술조사문헌

JP16158555 A

JP15142389 A

JP14340520 A

JP16264127 A

전체 청구항 수 : 총 7 항

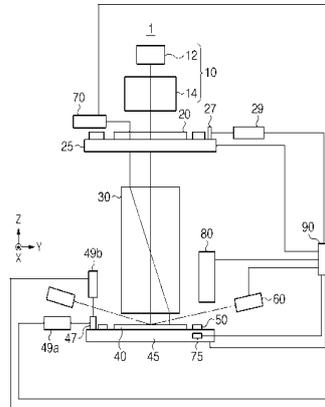
심사관 : 설관식

(54) 노광장치 및 디바이스의 제조방법

(57) 요약

본 발명은 레티클의 패턴을 기판에 투영하는 투영광학계, 및 상기 레티클의 위치 및 상기 기판의 위치 중의 적어도 한쪽을 검출하는 위치검출장치를 제공한다.

대표도 - 도1



## 특허청구의 범위

### 청구항 1

레티클의 패턴을 기관에 투영하는 투영광학계; 및

상기 레티클의 위치 및 상기 기관의 위치 중의 적어도 한쪽을 검출하는 위치 검출 장치를 구비한 노광장치로서, 상기 위치 검출 장치는,

위치를 변경 가능한 광학부재를 포함한 광학계,

상기 광학계를 통하여 상기 레티클의 위치 및 상기 기관의 위치를 검출하기 위한 마이크로부터의 광을 수광해서 검출신호를 출력하는 광전변환소자, 및

상기 광학부재의 복수의 위치의 각각에 대한 상기 검출 신호의 파형의 대칭성을 나타내는 제 1 평가치에 관한 정보, 및 상기 광학부재의 복수의 위치의 각각에 대해 상기 마크의 상기 광학계의 광축의 방향의 위치를 변경했을 때에 검출되는 상기 마크의 위치의 어긋남을 나타내는 제 2 평가치에 관한 정보에 의거하여 상기 광학부재의 위치를 제어하는 제어부

를 가지고,

상기 제어부는 상기 제 1 평가치에 관한 정보를 미리 가지고 있는 것을 특징으로 하는 노광장치.

### 청구항 2

제 1 항에 있어서,

상기 제어부는 상기 제 1 평가치 및 상기 제 2 평가치의 각각이 허용치를 만족시키도록, 상기 광학부재의 위치를 제어하는 것을 특징으로 하는 노광장치.

### 청구항 3

제 2 항에 있어서,

상기 제 1 평가치의 허용치 및 상기 제 2 평가치의 허용치를 설정하는 설정부를 부가하여 구비하는 것을 특징으로 하는 노광장치.

### 청구항 4

제 2 항에 있어서,

상기 제어부는, 상기 광학부재가 상기 제 1 평가치의 허용치를 만족시키는 상기 광학부재의 위치와 상기 제 2 평가치의 허용치를 만족시키는 상기 광학부재의 위치 사이의 중간위치에 위치하도록, 제어하는 것을 특징으로 하는 노광장치.

### 청구항 5

제 1 항에 있어서,

상기 제어부는 상기 제 1 평가치 및 상기 제 2 평가치의 가중량에 의거하여 상기 광학부재의 위치를 제어하는 것을 특징으로 하는 노광장치.

### 청구항 6

제 1 항에 있어서,

상기 광학부재는 상기 마크를 조명하기 위한 광을 사출하는 광원과 상기 광학계의 동공면에 삽입된 개구조리개 중의 하나를 포함하는 것을 특징으로 하는 노광장치.

### 청구항 7

제 1 항 내지 제 6항 중 어느 한 항에 기재된 노광장치를 사용하여 기관을 노광하는 공정; 및

상기 노광된 기관의 현상처리를 행하는 공정을 구비하는 것을 특징으로 하는 디바이스의 제조방법.

**명세서**

**발명의 상세한 설명**

**기술분야**

[0001] 본 발명은 노광장치 및 디바이스 제조방법에 관한 것이다.

**배경기술**

[0002] 포토리소그래피 기술을 사용해서 반도체 디바이스를 제조하기 위해, 레티클(마스크)에 묘화된 회로패턴을 투영광학계에 의해 웨이퍼 등에 투영해서 회로패턴을 전사하는 투영노광장치가 종래부터 사용되고 있다.

[0003] 반도체 디바이스의 미세화에 따라서, 투영노광장치는 보다 높은 해상력으로 레티클의 패턴을 노광에 의해 웨이퍼에 전사하는 것이 요구되고 있다. 투영노광장치에 의해 전사할 수 있는 최소의 치수(해상도)는 노광광의 파장에 비례하고, 투영광학계의 개구수(NA)에 반비례한다. 이 때문에, 노광광의 단파장화 및 투영광학계의 고NA화가 진행되고 있다.

[0004] 현재, 노광광원은 초고압 수은램프 (i선(파장: 약 365nm))로부터 KrF 엑시머레이저(파장: 약 248nm) 및 ArF 엑시머레이저(파장: 약 193nm)로 시프트되고, F<sub>2</sub>레이저(파장: 약 157nm)의 실용화도 진행되고 있다. 더욱이, 파장 10nm 내지 15nm정도의 EUV광(극자외선광)의 채택이 전망되고 있다.

[0005] 투영광학계와 웨이퍼 사이의 공간의 적어도 일부를 액체(예를 들면, 1 보다 큰 굴절률을 가지는 액체)로 충전함으로써 투영광학계의 고NA화를 도모하는 액침노광도 제안되어 있다. 액침노광은 웨이퍼측에서 투영광학계의 NA를 증가시킴으로써 해상도를 향상시킨다.

[0006] 이러한 해상도의 향상에 수반해서, 투영노광장치는 오버레이 정밀도, 즉 웨이퍼에 수 개의 패턴을 중첩하는 정밀도의 향상도 요구되고 있다. 일반적으로, 오버레이 정밀도는 해상도의 1/5 정도가 되어야 한다. 반도체 디바이스의 미세화에 따라서, 오버레이 정밀도의 향상이 더욱더 중요해진다. 소망한 오버레이 정밀도를 얻기 위해서, 레티클과 웨이퍼를 고정밀도로 얼라인먼트할 필요가 있다. 이 때문에, 투영노광장치에는 복수의 얼라인먼트검출계(즉, 위치검출장치)가 포함되어 있다.

[0007] 웨이퍼얼라인먼트검출계는, 대략 2 개, 즉 오프엑시스(Off-axis) 검출계와 TTL-AA(Through the Lens Auto Alignment) 검출계로 대별된다. 오프엑시스검출계는 투영광학계를 사용하지 않고 웨이퍼 상의 얼라인먼트마크를 검출한다. TTL-AA검출계는 투영광학계를 통하여 비노광광의 얼라인먼트 파장에 의해 웨이퍼 상의 얼라인먼트마크를 검출한다.

[0008] 최근에는, 반도체 디바이스의 생산이 소품종 대량생산형으로부터 다품종 소량생산형으로 이행하고 있다. 이 추세에 따라서, 여러 가지 조건하에서의 (예를 들면, 재질, 두께, 막두께, 및 선폭에 대한) 웨이퍼 프로세스에 있어서 검출오차를 최소화할 수 있는 얼라인먼트검출계가 요구되고 있다. 예를 들면, 얼라인먼트검출계가 TIS(Tool Induced Shift)를 포함하고 있는 경우에, 대칭적인 단차구조를 가지는 얼라인먼트마크를 검출하는 경우에도 검출오차를 발생시킨다. 검출오차는 TIS의 원인이 되는 얼라인먼트검출계의 광학계에 잔존하는 수차(특히, 편심에 의한 코마수차) 및 이 광학계의 광축의 경사(광축 어긋남(optical axis shift))에 의해 발생된다. 여러 가지 조건하에서의 웨이퍼 프로세스에 있어서 검출오차를 최소화할 수 있는 얼라인먼트검출계를 제공하기 위해서는, 얼라인먼트검출계의 광학계의 코마수차 및 광축 어긋남을 감소시키는 것이 필요하다.

[0009] 조정용 마크를 검출했을 때 얻어진 파형의 비대칭성을 대칭이 되도록, 얼라인먼트검출계의 광학부재를 이동(광학 중심을 조정)함으로써 얼라인먼트검출계의 코마수차를 감소시키는 경우가 많이 있다. 이 기술의 상세에 대해서는 일본국 특개평 9-167738호 공보를 참조한다. 그리고, 노광장치에 구성된 얼라인먼트마크(크롬 패턴)를 각 디포커스 상태에서 검출하고, 얼라인먼트검출계는 상기 얼라인먼트마크의 상(像)의 검출위치(디포커스 특성)가 소정의 범위(규격) 내에 들어가도록 조정되고 있다.

**발명의 내용**

**해결 하고자하는 과제**

- [0010] 그러나, 종래 기술은 얼라인먼트검출계의 광학계의 코마수차와 광축 어긋남을 전체적으로 상쇄하도록 얼라인먼트검출계를 조정한다. 환언하면, 종래 기술은 얼라인먼트검출계의 광학계의 코마수차와 광축 어긋남을 0까지 감소시키지는 않는다.
- [0011] 조정용 마크를 검출했을 때의 얻어진 파형은 코마수차의 영향뿐만 아니라 광축 어긋남의 영향에 의해 비대칭으로 된다. 파형 대칭성이 소정의 범위(규격)에 들어가도록 얼라인먼트검출계를 조정한 경우에도, 코마수차의 영향에 의해 광축 어긋남에 의한 파형 비대칭 성분이 상쇄되는 것뿐이며, 실제로는, 얼라인먼트검출계에 코마수차나 광축 어긋남이 잔존하는 경우가 있다. 코마수차 및 광축 어긋남이 웨이퍼얼라인먼트검출계에 잔존한 상태에서, 웨이퍼얼라인먼트검출계의 광축 어긋남의 지표인 디포커스 특성이 규격을 만족시키도록 얼라인먼트검출계를 조정하면, 파형의 대칭성이 무너져서 검출오차가 발생하게 된다.
- [0012] 얼라인먼트검출계는 웨이퍼 프로세스마다 검출파형의 콘트라스트가 가장 높은 파장대역을 선택해서 얼라인먼트마크를 검출한다. 어떤 웨이퍼 프로세스에 의해 얼라인먼트검출계에 구비된 파장 대역에서 필요한 콘트라스트를 얻을 수 없는 경우에는, 이러한 웨이퍼 프로세스에 대해서 필요한 콘트라스트를 얻을 수 있는 파장 대역을 새롭게 추가하는 경우가 있다. 얼라인먼트검출계에 새로운 파장대역을 추가했을 경우에는, 새로운 파장 대역에서의 디포커스 특성이 규격을 만족시키도록 얼라인먼트검출계를 조정할 필요가 있다. 그러나, 이 경우에도, 새로운 파장 대역에서의 디포커스 특성이 규격을 만족시키도록 얼라인먼트검출계를 조정하면, 파형의 대칭성이 무너져서 검출오차가 발생하게 된다.
- [0013] 본 발명은 여러 가지 조건하에서의 웨이퍼 프로세스에 있어서 검출오차를 감소시켜서 검출 정밀도를 향상시킬 수 있는 위치검출장치를 가지는 노광장치를 제공한다.

**과제 해결수단**

- [0014] 본 발명의 일 측면에 의하면, 레티클의 패턴을 기관에 투영하는 투영광학계; 및 상기 레티클의 위치 및 상기 기관의 위치 중의 적어도 한쪽을 검출하는 위치 검출 장치를 구비한 노광장치로서, 상기 위치 검출 장치는, 위치를 변경 가능한 광학부재를 포함한 광학계, 상기 광학계를 통하여 상기 레티클의 위치 및 상기 기관의 위치를 검출하기 위한 마크로부터의 광을 수광해서 검출신호를 출력하는 광진변환소자, 및 상기 광학부재의 복수의 위치의 각각에 대한 상기 검출 신호의 파형의 대칭성을 나타내는 제 1 평가치에 관한 정보, 및 상기 광학부재의 복수의 위치의 각각에 대해 상기 마크의 상기 광학계의 광축의 방향의 위치를 변경했을 때에 검출되는 상기 마크의 위치의 어긋남을 나타내는 제 2 평가치에 관한 정보에 의거하여 상기 광학부재의 위치를 제어하는 제어부를 가지고, 상기 제어부는 상기 제 1 평가치에 관한 정보를 미리 가지고 있는 것을 특징으로 하는 노광장치를 제공한다.
- [0015] 본 발명의 다른 측면에 의하면, 상기 노광장치를 사용하여 기관을 노광하는 공정, 및 상기 노광된 기관의 현상처리를 행하는 공정을 구비하는 것을 특징으로 하는 디바이스의 제조방법을 제공한다.
- [0016] 본 발명의 다른 특징은 첨부도면을 참조한 다음의 전형적인 실시형태의 설명으로부터 명백해질 것이다.

**효과**

- [0017] 본 발명에 의하면, 여러 가지 조건하에서의 웨이퍼 프로세스에 있어서 검출오차를 감소시켜서 검출 정밀도를 향상시킬 수 있는 위치검출장치를 가지는 노광장치를 제공할 수 있다.

**발명의 실시를 위한 구체적인 내용**

- [0018] 이하, 첨부 도면을 참조하면서, 본 발명의 바람직한 실시형태에 대해 설명한다. 도면 전체를 통해서, 동일한 부재에 대해서는 동일한 참조번호를 부여하고, 반복되는 설명은 생략한다.
- [0019] 도 1은 본 발명의 1 측면에 의한 노광장치(1)의 구성을 나타내는 개략 블록도이다. 본 실시형태에서는, 노광장치(1)는 레티클(20) 및 웨이퍼(40)를 주사방향으로 서로 동기 주사시키면서 레티클(20)의 패턴을 웨이퍼(40) 상에 노광하는 주사형의 노광장치(스캐너)이다. 그러나, 노광장치(1)는 레티클(20)을 고정된 상태에서 레티클(20)의 패턴을 노광에 의해 웨이퍼(40) 상에 전사하는 투영노광장치(축소투영형 노광장치)이어도 된다.
- [0020] 도 1에 도시된 바와 같이, 노광장치(1)는 조명장치(10), 레티클(20)을 지지하는 레티클스테이지(25), 투영광학

계(30), 및 웨이퍼(40)를 지지하는 웨이퍼스테이지(45)를 구비한다. 노광장치(1)는 스테이지기준플레이트(50), 포커스검출계(60), 레티클얼라인먼트검출계(70) 및 (75), 웨이퍼얼라인먼트검출계(80), 및 제어부(90)도 구비한다. 이하 설명에서는, 투영광학계(30)의 광축의 방향을 Z축방향으로 정의하고, Z축방향과 수직인 평면 내에서 레티클(20)과 웨이퍼(40)의 주사방향을 Y축방향으로 정의하며, Z축방향 및 Y축방향과 수직인 방향(비주사 방향)을 X축방향으로 정의한다. X축, Y축 및 Z축 주위의 회전방향을  $\Theta X$ 방향,  $\Theta Y$ 방향 및  $\Theta Z$ 방향으로 각각 정의한다.

- [0021] 조명장치(10)는 전사될 회로패턴이 형성된 레티클(20)을 조명하고, 광원(12)과 조명광학계(14)를 가진다.
- [0022] 광원(12)은, 예를 들면, 파장 약 248nm의 KrF 엑시머레이저나 파장 약 193 nm의 ArF 엑시머레이저 등의 엑시머레이저를 사용한다. 그러나, 광원(12)은 엑시머레이저로 한정되지 않고, 예를 들면, 파장 약 157 nm의 F<sub>2</sub>레이저이어도 된다.
- [0023] 조명광학계(14)는 광원(12)으로부터의 광속에 의해 레티클(20)을 조명한다. 조명광학계(14)는 본 실시형태에서는, 레티클(20) 상의 소정의 조명영역을 균일한 조도분포를 나타내는 광(노광광)으로 조명한다.
- [0024] 레티클(20)은 회로패턴을 가지고, 레티클스테이지(25)에 의해 지지 및 구동된다. 레티클(20)에 의해 발생된 회절광은 투영광학계(30)를 통하여 웨이퍼(40)에 투영된다.
- [0025] 레티클스테이지(25)는 레티클(20)을 지지한다. 본 실시형태에서는, 투영광학계(30)의 광축과 수직인 평면 내에, 즉, XY평면 내에서 미세하게 2차원적으로 이동가능하고, 또한  $\Theta Z$ 방향으로 미소 회전가능하다. 레티클스테이지(25)는 적어도 1축에 관하여 구동가능하지만, 6축에 관하여 구동가능한 것이 바람직하다. 레티클스테이지(25)는 리니어모터 등의 레티클스테이지 구동기구에 의해 구동된다.
- [0026] 레티클스테이지(25) 상에는 미러(27)가 배치되어 있다. 미러(27)에 대항하는 위치에 미러(27)의 X축방향 및 Y축방향의 위치를 계측하는 레이저간섭계(29)가 배치되어 있다. 레티클스테이지(25)에 의해 지지되는 레티클(20)의 2차원 방향의 위치 및 회전각은 레이저간섭계(29)에 의해 리얼타임으로 계측된다. 레이저간섭계(29)의 계측결과는 제어부(90)에 출력된다.
- [0027] 투영광학계(30)는 복수의 광학소자를 포함하고, 레티클(20)의 패턴을 소정의투영 배율 $\beta$ 로 웨이퍼(40)에 투영한다. 본 실시형태에서는, 투영광학계(30)는, 예를 들면, 1/4배 또는 1/5배의 투영배율을 가진 축소 투영광학계이다.
- [0028] 웨이퍼(40)는 레티클(20)의 패턴이 투영(전사)되는 기판이다. 그러나, 웨이퍼(40)는 유리플레이트나 그 외의 기판으로 치환할 수 있다. 웨이퍼(40)에는 레지스트(감광제)가 도포되어 있다.
- [0029] 웨이퍼스테이지(45)는 웨이퍼(40)를 지지하고 구동한다. 본 실시형태에서는, 웨이퍼스테이지(45)는 웨이퍼척을 개재하여 웨이퍼(40)를 유지하는 Z스테이지, Z스테이지를 지지하는 X-Y스테이지, 및 X-Y스테이지를 지지하는 베이스를 가진다. 웨이퍼스테이지(45)는 리니어모터 등의 웨이퍼스테이지 구동기구에 의해 구동된다.
- [0030] 미러(47)는 웨이퍼스테이지(45) 상에 배치되어 있다. 미러(47)의 X축방향 및 Y축방향의 위치를 계측하는 레이저간섭계(49a)와 미러(47)의 Z축방향의 위치를 계측하는 레이저간섭계(49b)가 미러(47)에 대항하여 배치되어 있다. 웨이퍼스테이지(45)의 X축방향의 위치, Y축방향의 위치, 및  $\Theta Z$ 방향의 위치는 레이저간섭계(49a)에 의해 리얼타임으로 계측된다. 웨이퍼스테이지(45)의 Z축방향의 위치,  $\Theta X$ 방향의 위치, 및  $\Theta Y$ 방향의 위치는 레이저간섭계(49b)에 의해 리얼타임으로 계측된다. 레이저간섭계(49a) 및 레이저간섭계(49b)의 계측결과는 제어부(90)에 출력된다.
- [0031] 또, 웨이퍼스테이지(45) 상의 코너에는 스테이지기준플레이트(50)가 배치되어 있다. 도 2는 웨이퍼스테이지(45) 상의 스테이지기준플레이트(50)의 구성을 나타낸다. 스테이지기준플레이트(50)는 웨이퍼(40)의 표면과 대략 동일한 높이가 되도록 배치된다. 도 2에 도시된 바와 같이, 스테이지기준플레이트(50)는 레티클얼라인먼트검출계(70) (또는 레티클얼라인먼트검출계(75))에 의해 검출되는 레티클얼라인먼트검출계용 기준마크(52)를 가진다. 스테이지기준플레이트(50)는 웨이퍼얼라인먼트검출계(80)에 의해 검출되는 웨이퍼얼라인먼트검출계용 기준마크(54)도 가진다.
- [0032] 스테이지기준플레이트(50)는 웨이퍼스테이지(45) 상의 하나의 코너에 배치되어도 되고, 또는 웨이퍼스테이지(45) 상의 복수의 코너에 배치되어도 된다. 스테이지기준플레이트(50)는 복수의 레티클얼라인먼트검출계용 기준마크(52) 및 복수의 웨이퍼얼라인먼트검출계용 기준마크(54)를 가지고 있어도 된다. 레티클얼라인먼트검출계용

기준마크(52)와 웨이퍼얼라인먼트검출계용 기준마크(54) 사이의 소정의 위치관계(X축방향 및 Y축방향)는 미리 설정된다. 레티클얼라인먼트검출계용 기준마크(52) 및 웨이퍼얼라인먼트검출계용 기준마크(54)는 공통의 마크이 어도 된다.

- [0033] 포커스검출계(60)는 웨이퍼(40)의 포커스 (Z축방향의 위치)를 검출하는 기능을 가진다. 본 실시형태에서는, 웨이퍼(40)의 표면에 검출광을 투사하는 투사계와 웨이퍼(40)의 표면에 의해 반사된 검출광을 수광하는 수광계를 포함한다. 포커스검출계(60)의 검출결과는 제어부(90)에 출력된다.
- [0034] 레티클얼라인먼트검출계(70)는 레티클스테이지(25)의 부근에 배치되어 있다. 레티클얼라인먼트검출계(70)는 레티클스테이지(25)에 의해 지지되는 레티클(20) 상의 레티클기준마크(도시하지 않음)를 검출한다. 레티클얼라인먼트검출계(70)는 투영광학계(30)를 통하여 웨이퍼스테이지(45) 상에 배치된 스테이지기준플레이트(50)의 레티클얼라인먼트검출계용 기준마크(52)도 검출한다.
- [0035] 레티클얼라인먼트검출계(70)는 실제로 웨이퍼(40)를 노광하는 광원(12)과 동일한 광원을 사용해서 레티클기준마크 및 레티클얼라인먼트검출계용 기준마크(52)를 조사하고, 이들 마크로부터의 반사광을 광전변환소자(예를 들면, CCD 카메라)를 사용하여 검출한다. 레티클(20) 상의 레티클기준마크와 스테이지기준플레이트(50) 상의 레티클얼라인먼트검출계용 기준마크(52)의 위치 및 포커스를 조정함으로써, 레티클스테이지(25)와 웨이퍼스테이지(45) 간의 상대적인 위치관계를 소망한 위치관계로 조정할 수 있다. 레티클얼라인먼트검출계(70)에 의한 검출결과는 제어부(90)에 출력된다.
- [0036] 레티클얼라인먼트검출계(75)는 투과형의 검출계이며, 레티클얼라인먼트검출계용 기준마크(52)가 투과형의 마크인 경우에 사용된다. 레티클얼라인먼트검출계(75)는 광원(12)과 동일한 광원을 사용해서 레티클기준마크 및 레티클얼라인먼트검출계용 기준마크(52)를 조사하고, 이들 마크를 투과한 광속을 광량센서로 검출한다. 레티클얼라인먼트검출계(75)는 웨이퍼스테이지(45)를 X축방향(또는 Y축방향) 및 Z축방향으로 구동시키면서 투과광속의 광량을 검출한다. 이에 의해, 레티클(20) 상의 레티클기준마크와 스테이지기준플레이트(50) 상의 레티클얼라인먼트검출계용 기준마크(52)의 위치 및 포커스를 조정할 수 있다. 그 결과, 레티클스테이지(25)와 웨이퍼스테이지(45) 간의 상대적인 위치 관계를 소망의 위치관계로 조정할 수 있다. 레티클얼라인먼트검출계(75)의 검출결과는 제어부(90)에 출력된다.
- [0037] 이와 같이, 레티클얼라인먼트검출계(70) 또는 (75) 중의 어느 쪽을 사용해도, 레티클스테이지(25)와 웨이퍼스테이지(45) 간의 상대적인 위치관계를 소망의 위치관계로 조정할 수 있다.
- [0038] 웨이퍼얼라인먼트검출계(80)는 웨이퍼(40) 상의 웨이퍼얼라인먼트마크(42) 및 스테이지기준플레이트(50) 상의 웨이퍼얼라인먼트검출계용 기준마크(54)에 검출광속을 투사하는 투사계 및 이들 마크에 의해 반사된 반사광을 수광하는 수광계를 가진다. 웨이퍼얼라인먼트검출계(80)의 검출결과는 제어부(90)에 출력된다.
- [0039] 제어부(90)는 CPU 및 메모리(도시하지 않음)를 가지고, 노광장치(1)의 동작을 제어한다. 제어부(90)는 레티클스테이지(25), 레이저간섭계(29), 웨이퍼스테이지(45), 및 레이저간섭계(49a) 및 (49b)와 전기적으로 접속되어 있다. 제어부(90)는 포커스검출계(60), 레티클얼라인먼트검출계(70) (또는 레티클얼라인먼트검출계(75)) 및 웨이퍼얼라인먼트검출계(80)와 전기적으로 접속되어 있다.
- [0040] 레이저간섭계(29)의 계측결과에 의거해서, 제어부(90)는 레티클스테이지(25)(즉, 레티클스테이지 구동기구)를 제어해서 레티클스테이지(25)에 의해 지지되는 레티클(20)을 위치결정한다. 레이저간섭계(49a) 및 (49b)의 계측결과에 의거해서, 제어부(90)는 웨이퍼스테이지(45)(즉, 웨이퍼스테이지 구동기구)를 제어해서 웨이퍼스테이지(45)에 의해 지지되는 웨이퍼(40)를 위치결정한다. 포커스검출계(60)의 검출결과에 의거해서, 제어부(90)는 웨이퍼스테이지(45)에 의해 지지되는 웨이퍼(40)의 Z축방향의 위치(포커스 위치) 및 경사각을 조정한다. 레티클얼라인먼트검출계(70) 또는 (75)의 검출결과에 의거해서, 제어부(90)는 레티클스테이지(25)와 웨이퍼스테이지(45)를 얼라인먼트한다. 웨이퍼얼라인먼트검출계(80)에 의해 얻어진 검출결과에 의거해서, 제어부(90)는 웨이퍼스테이지(45)를 X축방향 및 Y축방향으로 구동해서 웨이퍼(40)의 X축방향 및 Y축방향의 위치를 조정한다. 더욱이, 제어부(90)는 웨이퍼얼라인먼트검출계(80) 등의 위치검출장치의 조정처리(후술함)를 제어한다.
- [0041] 도 3을 참조하면서, 웨이퍼얼라인먼트검출계(80)에 대해 상세하게 설명한다. 도 3은 웨이퍼얼라인먼트검출계(80)의 상세한 구성을 나타내는 개략 단면도이다. 본 실시형태에서는, 웨이퍼얼라인먼트검출계(80)는 조명광원(801), 릴레이광학계(802), 개구조리개(803), 조명계(804), 편광빔스플리터(805), λ/4위상판(806), 및 대물렌즈(807)를 포함한다. 상기 조명광원(801)은, 예를 들면, 파이버 등을 포함한다. 웨이퍼얼라인먼트검출계(80)는 또한 릴레이렌즈(808), 제 1 결상광학계(809), 코마수차를 조정하기 위한 광학부재(810), 제 2 결상광학계

(811), 광전변환소자(812), 과장선택기구(813), 및 구동부(814) 내지 (817)을 포함한다. 과장선택기구(813)는, 예를 들면, 다른 과장대를 가진 광성분을 통과시키는 복수의 필터로 구성되고, 조명광원(801)에 의해 사출되고 소정의 과장을 가지는 광성분만을 투과하는(즉, 투과하는 광성분의 과장을 선택하는) 기능을 가진다. 구동부(814)는 제어부(90)의 제어하에서 웨이퍼얼라인먼트검출계(80)의 광학계(본 실시형태에서는, 릴레이 광학계(802) 및 조명계(804)를 포함함)의 광축과 수직인 방향으로 조명광원(801)(보다 구체적으로는, 조명광원(801)의 광축의 사출구)을 구동한다. 구동부(815)는 제어부(90)의 제어하에서 웨이퍼얼라인먼트검출계(80)의 광학계(본 실시형태에서는, 릴레이광학계(802) 및 조명계(804)를 포함함)의 광축과 수직인 방향으로 개구조리개(803)(보다 구체적으로는, 개구조리개(803)의 개구)을 구동한다. 또, 구동부(815)는 개구조리개(803)의 개구직경을 변경하고, 개구조리개(803)를 다른 개구조리개(즉, 조명  $\sigma$  값이 다른 개구조리개)로 전환하는 기능도 가진다. 이에 의해, 웨이퍼얼라인먼트검출계(80)가 피검물체로서의 얼라인먼트마크를 조명할 때의 조명  $\sigma$  값을 변경할 수 있다. 구동부(816)는 제어부(90)의 제어하에서 웨이퍼얼라인먼트검출계(80)의 광학계(본 실시형태에서는, 릴레이렌즈(808), 제 1 결상광학계(809), 및 제 2 결상광학계(811)를 포함함)의 광축과 수직인 방향으로 광학부재(810)를 구동한다. 이와 같이, 구동부(814) 내지 (816)는 조명광원(801), 개구조리개(803) 및 광학부재(810)의 위치를 변경할 수 있다. 구동부(817)는 제어부(90)의 제어하에서 과장선택기구(813)의 복수의 필터를 전환하는 기능을 가진다. 이에 의해, 웨이퍼 프로세스에 대해서 검출과정의 콘트라스트가 가장 높은 과장대역을 선택할 수 있다. 각각의 구동부(814) 내지 (817)에는 당해 기술분야의 숙련된자들에게 주지된 어떠한 구성도 적용할 수 있다. 또, 본 실시형태에 의한 웨이퍼얼라인먼트검출계(80)는 조명광원(801) 내지 조명계(804) 및 과장선택기구(813)를 포함한 광학계의 광축과, 편광빔스플리터(805) 내지 광전변환소자(812)를 포함한 광학계의 광축을 포함하지만, 이들을 일괄해서 광축이라고 칭한다.

[0042] 도 3을 참조하면, 조명광원(801)에 의해 사출된 광속은 릴레이광학계(802) 및 과장선택기구(813)를 통하여 웨이퍼얼라인먼트검출계(80)의 동공면(물체면에 대한 광학적인 푸리에 변환면)에 삽입된 개구조리개(803)에 도달한다. 도 4에 도시된 바와 같이, 개구조리개(803)에서의 빔직경  $LD_{803}$ 는 조명광원(801)에서의 빔직경  $LD_{801}$ 보다 충분히 작다. 여기서, 도 4는 조명광원(801)에서의 빔직경  $LD_{801}$ 과 개구조리개(803)에서의 빔직경  $LD_{803}$  간의 관계를 나타낸다.

[0043] 개구조리개(803)에 도달한 광속은 조명계(804)를 통하여 편광빔스플리터(805)에 도광된다. 편광빔스플리터(805)에 도광된 광속 중, 지면과 수직인 S편광성분은 편광빔스플리터(805)에 의해 반사되고  $\lambda/4$ 위상판(806)을 투과해서 원형편광으로 변환된다.  $\lambda/4$ 위상판(806)을 투과한 광속은 대물렌즈(807)를 통하여 웨이퍼(40) 상에 형성된 웨이퍼얼라인먼트마크(42)를 필터조명한다.

[0044] 웨이퍼얼라인먼트마크(42)로부터의 반사광, 회절광 및 산란광은 대물렌즈(807)를 통하여  $\lambda/4$ 위상판(806)을 투과하고 지면과 평행한 P편광으로 변환되어 편광빔스플리터(805)를 투과한다. 편광빔스플리터(805)를 투과한 광속은 릴레이렌즈(808), 제 1 결상광학계(809), 광학부재(810), 및 제 2 결상광학계(811)를 통하여 광전변환소자(812) 상에 웨이퍼얼라인먼트마크(42)의 상(像)을 형성한다.

[0045] 웨이퍼얼라인먼트검출계(80)는 광전변환소자(812)에 의해 광전변환된 웨이퍼얼라인먼트마크(42)의 검출신호의 과형에 의거해서 웨이퍼(40)의 위치를 검출한다.

[0046] 웨이퍼얼라인먼트검출계(80)가 웨이퍼(40) 상의 웨이퍼얼라인먼트마크(42)를 모노크롬 광에 의해 검출하는 경우, 웨이퍼얼라인먼트마크(42) 상에는 레지스트(투명층)가 도포(형성)되어 있기 때문에, 간섭패턴을 발생시킨다. 이에 의해, 광전변환소자(812)로부터 출력된 검출신호(얼라인먼트 신호)에 간섭패턴의 신호가 가산되기 때문에 웨이퍼얼라인먼트마크(42)를 고정밀도로 검출할 수 없게 된다. 이 문제를 해결하기 위해서, 본 실시형태에서는, 비교적 광대역의 과장을 가지는 광원을 조명광원(801)으로서 사용해서, 광전변환소자(812)로부터의 검출신호에 간섭패턴의 신호가 가산되는 것을 방지하고 있다.

[0047] 웨이퍼(40) 상의 웨이퍼얼라인먼트마크(42)를 고정밀도로 검출하기 위해서는, 웨이퍼얼라인먼트마크(42)의 상(像)을 명확하게 검출해야 할 필요가 있다. 환언하면, 웨이퍼얼라인먼트검출계(80)는 웨이퍼얼라인먼트마크(42)에 초점을 맞추어야 할 필요가 있다. 이 때문에, 본 실시형태의 웨이퍼얼라인먼트검출계(80)는 AF검출계(도시하지 않음)를 가지고, 상기 AF검출계에 의해 얻어진 검출결과에 의거해서 웨이퍼얼라인먼트마크(42)를 베스트포커스위치로 구동함으로써, 웨이퍼얼라인먼트마크(42)를 검출한다.

[0048] 본 실시형태에서는, 웨이퍼얼라인먼트검출계(80)는 오프액시스 검출계이지만, TTL-AA검출계이어도 된다. 웨이퍼얼라인먼트검출계(80)가 TTL-AA검출계인 경우에는, 투영광학계(30)를 통하여, 오프액시스 검출계와 동일한 기

본구성에 의해 웨이퍼얼라인먼트마크(42)를 검출한다.

- [0049] 여기서, 웨이퍼얼라인먼트검출계(80)의 광학계의 코마수차의 조정에 대해 설명한다. 웨이퍼얼라인먼트검출계(80)의 광학계의 코마수차를 조정하기 위해서는, 도 5에 도시된 바와 같이, 실리콘(Si) 면에 단차 DL를 가지는 조정전용 웨이퍼를 사용할 필요가 있다. 상기 조정용 웨이퍼는 노광장치(1)(웨이퍼얼라인먼트검출계(80))의 외부로부터 반송되어 노광장치(1)에는 수용되어 있지 않다. 여기서, 도 5는 웨이퍼얼라인먼트검출계(80)의 광학계의 코마수차를 조정할 때에 사용되는 조정용 웨이퍼의 일례를 나타내는 개략 단면도이다.
- [0050] 예를 들면, 조명광원(801)으로부터의 광속의 파장이  $\lambda$ 일 때, 도 5에 도시된 조정전용 웨이퍼의 단차 DL를  $\lambda/8$ 로 설정하는 경우, 상기 조정전용 웨이퍼를 웨이퍼얼라인먼트검출계(80)가 조명  $\sigma$  값 0.9로 검출(조명)해서, 도 6에 도시된 바와 같이 비대칭인 검출파형을 얻을 수 있었다고 가정한다. 도 6에 도시된 검출파형의 비대칭성은 웨이퍼얼라인먼트검출계(80)의 광학계의 코마수차 및 광축어긋남에 기인하여 발생한다. 그러나, 본 실시형태에서는, 웨이퍼얼라인먼트검출계(80)의 광학계의 코마수차만에 기인하여서 발생했다고 가정한다.
- [0051] 도 6에 도시된 바와 같이 비대칭인 검출파형을 도 7에 도시된 바와 같이 대칭인 검출파형으로 변환하기 위해서는, 구동부(816)를 개재하여 광학부재(810)를 광축과 수직인 방향으로 구동해서 웨이퍼얼라인먼트검출계(80)의 광학계 전체의 코마수차를 조정한다. 보다 구체적으로는, 도 6에 나타내는 비대칭적인 검출파형이 도 7에 도시된 대칭적인 검출파형이 될 때까지, 광학부재(810)를 광축과 수직인 방향으로 구동한다. 여기서, 도 7은 도 5에 도시된 조정전용 웨이퍼를 웨이퍼얼라인먼트검출계(80)가 검출했을 경우의 검출파형의 일례를 나타낸 차트이다.
- [0052] 이와 같이, 웨이퍼얼라인먼트검출계(80)의 광학계의 광축과 수직인 방향으로 광학부재(810)를 구동함으로써, 웨이퍼얼라인먼트검출계(80)의 광학계의 코마수차를 조정할 수 있다.
- [0053] 웨이퍼얼라인먼트검출계(80)의 광학계의 광축 어긋남의 조정에 대해 설명한다. 도 8에 도시된 바와 같이, 웨이퍼얼라인먼트검출계(80)의 광학계에 광축 어긋남이 존재하지 않는 경우에는, 조명광원(801)으로부터의 광속의 주광선은 웨이퍼(40)(웨이퍼얼라인먼트마크(42))에 수직으로 입사한다. 이 경우, 웨이퍼얼라인먼트검출계(80)의 광학계의 코마수차가 완전하게 조정되고 있는 한, 도 7에 도시된 바와 같이 대칭적인 검출파형을 얻을 수 있다. 도 8은 웨이퍼얼라인먼트검출계(80)의 광학계에 광축 어긋남이 존재하지 않는 경우를 나타내는 개략단면도이다.
- [0054] 도 9에 도시된 바와 같이, 웨이퍼얼라인먼트검출계(80)의 개구조리개(803)가 광축에 대해서 어긋나 있는 경우에는, 조명광원(801)으로부터의 광속의 주광선은 웨이퍼(40)에 대해서 수직으로 입사하지 않고 경사져서(각도 $\theta$ 를 가지고) 입사한다. 도 4에 도시된 바와 같이, 개구조리개(803)에서의 빔 직경  $LD_{803}$ 의 중심위치는 조명광원(801)에서의 빔직경  $LD_{801}$ 의 중심위치에 대해서 어긋난 위치에 위치하게 된다. 이후, 이 상태를 "광학계에 광축 어긋남이 존재한다" 라고 말한다. 이 경우에, 웨이퍼얼라인먼트검출계(80)의 광학계의 코마수차가 완전하게 조정되어 있는 경우에도, 도 6에 도시된 바와 같이 웨이퍼얼라인먼트검출계(80)에 의해 비대칭적인 검출파형을 얻는다. 여기서, 도 9는 웨이퍼얼라인먼트검출계(80)에 광축 어긋남이 존재하는 경우를 나타내는 개략단면도이다.
- [0055] 본 실시형태에서는, 도 9에 도시된 바와 같이, 개구조리개(803)의 위치 어긋남을 예로서 웨이퍼얼라인먼트검출계(80)의 광학계의 광축 어긋남을 설명하고 있다. 그러나, 웨이퍼얼라인먼트검출계(80)의 광학계의 광축 어긋남은, 예를 들면, 조명광원(801)의 위치 어긋남 등에 의해서도 발생한다. 웨이퍼얼라인먼트검출계(80)의 광학계에 광축 어긋남이 존재하면, 비대칭 검출파형을 생성시킨다. 이에 의해, 웨이퍼얼라인먼트검출계(80)의 광학계에 코마수차가 존재하는 경우와 마찬가지로, 검출오차가 발생한다.
- [0056] 웨이퍼얼라인먼트검출계(80)의 광학계에 광축 어긋남이 존재하는 경우에는, 구동부(814) 또는 (815)를 개재하여, 조명광원(801) 또는 개구조리개(803)를 광축과 수직인 방향으로 구동해서 웨이퍼얼라인먼트검출계(80)의 광학계의 광축 어긋남을 조정한다. 보다 구체적으로는, 웨이퍼얼라인먼트검출계(80)의 광학계의 광축 어긋남의 지표인 디포커스 특성을 사용해서 웨이퍼얼라인먼트검출계(80)의 광학계의 광축 어긋남을 조정한다.
- [0057] 도 10 내지 도 13을 참조하면서, 디포커스 특성에 대해 설명한다. 디포커스 특성을 획득하기 위해서는, 크롬 패턴으로부터 형성된 얼라인먼트마크를 디포커스 시키면서 검출한다. 상기 얼라인먼트마크는, 예를 들면, 스테이지기준플레이트(50) 상에 형성되어 있고, 노광장치(1)에 의해 디포커스 특성을 용이하게 획득할 수 있다.
- [0058] 웨이퍼얼라인먼트검출계(80)의 광학계에 코마수차 또는 광축 어긋남이 존재하지 않는 이상적인 상태에서 베스트 포커스 위치에 형성된 얼라인먼트마크를 검출했을 경우에 얻어진 검출파형을 도 10의 b에 나타낸다. 도 10의 b에 나타내는 검출파형을 플러스(+) 방향으로 디포커스해서(즉, 도 10의 b에 도시된 상태에서부터 얼라인먼트마크를 플러스 방향으로 디포커스해서) 얻어진 검출파형을 도 10의 a에 나타낸다. 도 10의 b에 나타내는 검출파형을

마이너스(-) 방향으로 디포커스해서(즉, 도 10의 b에 도시된 상태에서부터 얼라인먼트마크를 마이너스 방향으로 디포커스해서) 얻어진 검출파형을 도 10의 c에 나타낸다. 여기서, 도 10은 웨이퍼얼라인먼트 검출계(80)의 광학계에 코마수차 또는 광축 어긋남이 존재하지 않는 이상적인 상태에서 얼라인먼트마크를 검출했을 경우에 얻어진 검출파형을 나타내는 차트이다.

[0059] 도 10의 a 및 도 10의 c에 도시된 검출파형은 도 10의 b에 도시된 검출파형의 것보다 콘트라스트가 저하되어 있지만, 웨이퍼얼라인먼트검출계(80)의 광학계에 코마수차나 광축 어긋남이 존재하지 않기 때문에, 이들의 검출파형 대칭성은 악화되지 않는다. 따라서, 도 10의 a 및 c에 도시된 검출파형으로부터 검출되는 얼라인먼트마크의 중심위치(즉, 도 10의 a 및 c에 도시된 검출파형의 중심위치)는 도 10의 b에 도시된 검출파형으로부터 검출되는 얼라인먼트마크의 중심위치와 동일하다.

[0060] 도 11은 도 10에 나타내는 검출파형에서의 디포커스에 대한 검출파형의 중심 위치를 나타내는 그래프이다. 도 11에 도시된 바와 같이, 도 10에 도시된 검출파형의 중심위치는 디포커스에 관계없이 일정한 값을 가진다. 디포커스에 대한 검출파형의 중심위치의 경사가 디포커스 특성이다. 도 11에서는, 디포커스 특성은 0이다. 디포커스에 대해서 검출파형의 중심위치가 변화하지 않는 한, 웨이퍼얼라인먼트 시에(즉, 얼라인먼트마크를 검출할 때에) 얼라인먼트마크가 디포커스되는 경우에도 검출파형의 중심위치의 위치 어긋남(검출오차)은 발생되지 않는다.

[0061] 검출파형이 대칭이 되도록 코마수차를 조정했지만, 웨이퍼얼라인먼트검출계(80)의 광학계에 코마수차 및 광축 어긋남이 잔존하고 있는 상태에서 베스트 포커스 위치에 형성된 얼라인먼트마크를 검출했을 경우에 얻어진 검출파형을 도 12의 b에 나타낸다. 도 12의 b에 도시된 검출파형을 플러스(+) 방향으로 디포커스해서(즉, 도 12의 b 상태에서부터 얼라인먼트마크를 플러스 방향으로 디포커스해서) 얻어진 검출파형을 도 12의 a에 나타낸다. 도 12의 b에 도시된 검출파형을 마이너스(-) 방향으로 디포커스해서(즉, 도 12의 b 상태에서부터 얼라인먼트마크를 마이너스 방향으로 디포커스해서) 얻어진 검출파형을 도 12의 c에 나타낸다. 여기서, 도 12는 검출파형이 대칭이 되도록 코마수차를 조정했지만, 웨이퍼얼라인먼트검출계(80)의 광학계에 코마수차 및 광축 어긋남이 잔존하고 있는 상태에서 얼라인먼트마크를 검출했을 경우에 얻어진 검출파형을 나타내는 차트이다.

[0062] 도 12의 a 및 c에 도시된 검출파형은 도 12의 b에 도시된 검출파형의 것보다 콘트라스트가 저하할 뿐만 아니라, 웨이퍼얼라인먼트검출계(80)의 광학계의 광축 어긋남의 영향에 의해 비대칭이 된다.

[0063] 도 13은 도 12에 도시된 검출파형에서의 디포커스에 대한 검출파형의 중심 위치를 나타내는 그래프이다. 도 13을 참조하면, 검출파형의 중심위치는 디포커스에 의존한 값(즉, 디포커스에 대해서 변동하는 값)을 가진다. 상술한 바와 같이, 디포커스에 대한 검출파형의 중심위치의 경사가 디포커스 특성이다. 도 13에서, 디포커스 특성은 있는 0이 아닌 값을 가진다. 도 13에 도시된 바와 같이, 디포커스에 대해서 검출파형의 중심위치가 변화하는 경우에는, 베스트 포커스 위치에서는 검출파형의 중심위치의 위치 어긋남이 발생하지 않는다. 그러나, 실제의 웨이퍼얼라인먼트시에는 다소의 디포커스가 발생하기 때문에, 위치 어긋남이 발생된다. 웨이퍼얼라인먼트검출계(80)의 광학계의 광축 어긋남을 조정하기 위해서는, 디포커스 특성에 의거해서, 조명광원(801) 또는 개구조리개(803)를 웨이퍼얼라인먼트검출계(80)의 광학계의 광축과 수직인 방향으로 구동한다.

[0064] 웨이퍼얼라인먼트검출계(80)의 광학계의 코마수차 및 광축 어긋남의 조정방법에 대해 설명한다. 본 실시형태에 의한 웨이퍼얼라인먼트검출계(80)의 조정방법에 대해 설명하기 전에, 종래기술의 웨이퍼얼라인먼트검출계(80)에 의한 조정방법에 대해 설명한다.

[0065] 우선, 종래기술에 의한 웨이퍼얼라인먼트검출계(80)의 조정방법에 있어서, 노광장치(1)의 외부로부터 도 5에 도시된 바와 같이 조정전용 웨이퍼를 반송한다. 상기 조정전용 웨이퍼를 사용해서 웨이퍼얼라인먼트검출계(80)의 광학계의 코마수차를 조정한다. 다음에, 스테이지기준플레이트(50) 상의 크롬 패턴으로부터 형성된 얼라인먼트마크를 사용해서 디포커스 특성을 획득한다. 상기 디포커스 특성이 0이 되도록, 웨이퍼얼라인먼트검출계(80)의 광학계의 광축 어긋남을 조정한다.

[0066] 그러나, 종래기술에 의한 웨이퍼얼라인먼트검출계(80)의 조정방법은 2개의 문제점이 있다. 첫번째의 문제점은, 디포커스 특성이 0이 되는 광축 어긋남량과 검출파형이 대칭이 되는 광축 어긋남량이 다르다는 것이다. 이 때문에, 디포커스 특성이 0이 되도록 광학계의 광축 어긋남을 조정하면, 검출파형의 대칭성이 악화되면서 검출오차가 발생한다. 2번째의 문제점은, 노광장치(1) 상에서 웨이퍼얼라인먼트검출계(80)에 새로운 파장 대역을 추가로 설정하고, 이 파장대역에서 디포커스 특성이 규격을 만족시키도록 광축 어긋남을 조정하면, 검출파형의 대칭성이 악화되면서 검출오차가 발생하는 것이다.

- [0067] 종래기술에 의한 웨이퍼얼라인먼트검출계(80)의 조정방법의 문제점에 대해 상세하게 설명한다. 도 14는 웨이퍼얼라인먼트검출계(80)의 광학계의 광축 어긋남(광축 어긋남량)에 대한 검출과형 대칭성 및 디포커스 특성의 변화를 나타내는 그래프이다. 도 14를 참조하면, 종축에는 디포커스 특성 또는 과형 대칭성을 나타내고, 횡축에는 광축 어긋남량을 나타내고 있다. 여기서, 도 6에 도시된 바와 같이, 과형 대칭성은, 검출과형의 베이스 강도를  $I_a$ , 검출과형의 에지 부분의 강도를  $I_b$  및  $I_c$ 로 했을 경우에,  $(I_b - I_c) / I_a$  [%]로 정의된다.
- [0068] 검출과형은 웨이퍼얼라인먼트검출계(80)의 광학계의 코마수차를 조정함으로써 대칭으로 할 수 있기 때문에, 과형대칭성은 도 14의 점  $W_{So}$ 으로 나타낸 바와 같이, 대략 0으로 설정할 수 있다. 그러나, 웨이퍼얼라인먼트검출계(80)의 광학계에 코마수차 또는 광축 어긋남이 잔존하는 경우에, 디포커스 특성은 도 14의 점  $DC_a$ 으로 나타낸 바와 같이, 어느 값을 가지고, 디포커스 특성의 규격  $DC_s$ 를 초과하는 경우가 있다. 환언하면, 검출과형 대칭성은 규격을 만족시키지만, 디포커스 특성이 규격을 만족시키지 않는 경우가 있다. 종래 기술에 의하면, 디포커스 특성의 규격을 만족시키기 위해서, 도 14의 점  $DC_a$ 로 나타낸 바와 같이, 디포커스 특성이 0이 되도록 웨이퍼얼라인먼트검출계(80)의 광학계의 광축 어긋남을 조정한다. 광축 어긋남을 조정함으로써, 디포커스 특성은 0이 되지만, 검출과형의 대칭성이 악화된다. 이 때문에, 디포커스 특성이, 도 14의 점  $W_{S_a}$ 으로 나타낸 바와 같이, 어느 값을 가지고, 디포커스 특성의 규격  $W_{S_s}$ 를 넘어 버리는 경우가 있다.
- [0069] 이 상황을 회피하기 위해서, 도 15에 도시된 바와 같이, 본 실시형태에서는 제어부(90)의 메모리(도시하지 않음)에 미리 기억(획득)되어 있는 과형 대칭성을 사용해서 웨이퍼얼라인먼트검출계(80)를 조정한다. 환언하면, 본 실시형태의 특징은 도 15에 도시된 바와 같이 웨이퍼얼라인먼트검출계(80)의 광학계의 광축 어긋남량에 대한 과형 대칭성의 정보를 제어부(90)가 미리 가지고 있는 것에 있다. 상술한 바와 같이, 상기 과형 대칭성의 정보는 도 5에 도시된 실리콘면에 단차 DL를 가지는 조정전용 웨이퍼를 사용해서 획득한다. 여기서, 도 15는 본 실시형태에 의한 웨이퍼얼라인먼트검출계(80)의 광학계의 광축 어긋남(광축 어긋남량)에 대한 검출과형 대칭성 및 디포커스 특성의 변화를 나타내는 그래프이다.
- [0070] 상술한 바와 같이, 과형 대칭성은 웨이퍼얼라인먼트검출계(80)의 광학계의 코마수차를 조정하는 단계에서 0으로 설정할 수 있다(도 14의 점  $W_{S_0}$ ). 그러나, 이 상태에서는, 디포커스 특성(도 14의 점  $DC_a$ )이 디포커스 특성의 규격(도 14의 점  $DC_s$ )을 만족시키지 않는다. 이 문제를 해결하기 위해서, 디포커스 특성이 디포커스 특성의 규격을 만족시키도록 웨이퍼얼라인먼트검출계(80)의 광축 어긋남량을 조정한다. 단, 디포커스 특성이 0(도 14의 점  $DC_0$ )이 될 때까지 광축 어긋남량을 조정하면, 과형 대칭성이 규격을 만족시키지 않게 된다.
- [0071] 본 실시형태에서는, 미리 획득되어 있는 과형 대칭성의 정보를 사용해서, 도 15의 점  $OS_a$ 으로 도시된 바와 같이, 과형 대칭성이 규격  $W_{S_s}$ 을 만족시키도록 웨이퍼얼라인먼트검출계(80)의 광축 어긋남을 조정한다. 조정해야 할 광축어긋남량이 도 15의 점  $OS_a$ 으로 나타내는 것인 경우, 디포커스 특성은 도 15의 점  $DC_b$ 으로 나타내는 바와 같은 값을 가져서, 디포커스 특성의 규격  $DC_s$ 을 만족시키고, 또한 과형 대칭성은 도 15의 점  $W_{Sb}$ 에으로 나타내는 바와 같은 값을 가져서, 과형 대칭성의 규격  $W_{S_s}$ 을 만족시킨다.
- [0072] 도 15를 참조하면서, 과형 대칭성의 규격 및 디포커스 특성의 규격을 만족시키는 광축 어긋남량(도 15의 점  $OS_a$ )을 얻을 수 있도록 웨이퍼얼라인먼트검출계(80)의 광학계의 광축 어긋남을 조정한다고 설명했다. 보다 구체적으로는, 웨이퍼얼라인먼트검출계(80)의 광학계의 광축 어긋남량은 디포커스 특성의 규격의 한계값을 만족시키는 광축 어긋남량과 과형 대칭성의 규격의 한계값을 만족시키는 광축 어긋남량과의 중간점이 되도록 조정하는 것이 바람직하다.
- [0073] 도 16에 도시된 바와 같이, 디포커스 특성의 규격의 한계값을 만족시키는 광축 어긋남량이 점  $OS_D$ 으로 나타낸 값을 가지고, 과형 대칭성의 규격의 한계값을 만족시키는 광축 어긋남량이 점  $OS_W$ 으로 나타낸 값을 가지는 것으로 가정한다. 이 경우, 웨이퍼얼라인먼트검출계(80)의 광학계의 광축 어긋남은 점  $OS_D$ 으로 나타내는 광축 어긋남량과 점  $OS_W$ 으로 나타내는 광축 어긋남량과의 중간점인 점  $OS_M$ 으로 나타내는 광축 어긋남량을 가지도록 조정한다. 여기서, 도 16은 본 실시형태에 의한 웨이퍼얼라인먼트검출계(80)의 광학계의 광축 어긋남(광축 어긋남량)에 대한 검출과형 대칭성 및 디포커스 특성의 변화를 나타내는 그래프이다.
- [0074] 본 실시형태에서는, 과형 대칭성(제 1 평가치) 및 디포커스 특성(제 2 평가치)이 이들의 규격(허용치)을 만족시키도록 웨이퍼얼라인먼트검출계(80)를 조정할 수 있다. 이에 의해, 웨이퍼얼라인먼트검출계(80)는 다양한 조건

하에서의 웨이퍼 프로세스에 있어서 검출오차를 감소시킬 수 있다. 그 결과, 노광장치(1)는 여러가지 조건하에서의 웨이퍼 프로세스에 대해서 정밀한 얼라인먼트를 행하는 것이 가능해진다.

[0075] 본 실시형태에서는, 디포커스 특성의 규격의 한계값을 만족시키는 광축 어긋남량과 파형 대칭성의 규격의 한계값을 만족시키는 광축 어긋남량 사이의 중간점과 동일한 양을 가지도록 웨이퍼얼라인먼트검출계(80)의 광학계의 광축어긋남을 조정하는 것을 설명했다. 그러나, 파형 대칭성 및 디포커스 특성 중의 적어도 한쪽을 가중함으로써, 웨이퍼얼라인먼트검출계(80)를 조정하기 위한 광축 어긋남량을 결정해도 된다. 예를 들면, 디포커스 특성과 파형 대칭성 간의 가중비가 7:3이면, 광축 어긋남량이  $(07 \times (\text{점 } OS_b \text{으로 나타내는 광축 어긋남량}) + 0.3 \times (\text{점 } OS_w \text{으로 나타내는 광축 어긋남량}))$ 이 되도록, 웨이퍼얼라인먼트검출계(80)를 조정한다. 이와 같이, 얼라인먼트(마크의 검출)에 요구되는 정밀도에 따라서 디포커스 특성 및 파형 대칭성중의 적어도 한쪽을 가중하여, 웨이퍼얼라인먼트검출계(80)의 광학계의 광축 어긋남을 조정하는 것도 가능하다.

[0076] 웨이퍼얼라인먼트검출계(80)의 광학계의 광축 어긋남의 조정이 없어도, 디포커스 특성의 규격 및 파형 대칭성의 규격을 만족시키는 경우도 있다. 이 경우, 웨이퍼얼라인먼트검출계(80)는 소망한 성능을 발휘할 수 있기 때문에, 웨이퍼얼라인먼트검출계(80)의 광학계의 광축 어긋남을 조정할 필요는 없다. 환언하면, 웨이퍼얼라인먼트검출계(80)의 광학계의 코마수차를 조정해서 웨이퍼얼라인먼트검출계(80)의 광학계의 광축 어긋남량이 점  $OS_w$ 와 점  $OS_b$  사이의 범위 내에 들어가면, 파형 대칭성 및 디포커스 특성이 이들의 규격을 만족시킨다. 이에 의해, 웨이퍼얼라인먼트검출계(80)의 광학계의 광축 어긋남을 조정할 필요는 없다.

[0077] 노광장치(1)에 설치되고 파형 대칭성 및 디포커스 특성의 규격치를 설정하는 설정부를 개재하여 파형 대칭성의 규격 및 디포커스 특성의 규격을 변경하는 것도 가능하다. 환언하면, 웨이퍼얼라인먼트검출계(80)의 광학계의 광축 어긋남의 조정 범위(광축 어긋남량의 조정범위)를 변경할 수 있다. 예를 들면, 도 17에 도시된 바와 같이, 디포커스 특성의 규격이  $DC_s$ 로부터  $DC'_s$ 로 변경한 경우, 디포커스 특성의 규격  $DC'_s$ 의 한계값을 만족시키는 광축 어긋남량은 점  $OS_b$ 으로 나타낸 것이다. 이 경우, 파형 대칭성의 규격  $WS_s$  및 디포커스 특성의 규격  $DC'_s$ 를 만족시키는 광축 어긋남량은 점  $OS_w$ 와 점  $OS_b$  사이의 범위 내에 들어가고, 도 16에 도시된 범위(점  $OS_w$ 와 점  $OS_b$ 의 사이)보다 좁다. 이에 의해, 웨이퍼얼라인먼트검출계(80)를 보다 고정밀도로 조정하는 것이 가능해진다. 여기서, 도 17은 본 실시형태에 의한 웨이퍼얼라인먼트검출계(80)의 광학계의 광축 어긋남(광축 어긋남량)에 대한 검출파형 대칭성 및 디포커스 특성의 변화를 나타내는 그래프이다.

[0078] 본 실시형태에서는, 디포커스 특성의 규격을 변경했을 때의 광축 어긋남량의 범위에 대해 설명했지만, 파형 대칭성의 규격을 변경해도 된다. 파형 대칭성의 규격을 변경하는 경우에도 광축 어긋남량의 범위를 변경하는 것이 가능하고, 따라서 웨이퍼얼라인먼트검출계(80)를 보다 고정밀도로 조정할 수 있다.

[0079] 또, 본 실시형태는, 노광장치(1) 상에서 웨이퍼얼라인먼트검출계(80)에 새로운 파장 대역이나 조명  $\sigma$  값을 추가로 설정한 때의 웨이퍼얼라인먼트검출계(80)의 조정(특히, 광축 어긋남)에도 적용할 수 있다. 예를 들면, 웨이퍼얼라인먼트검출계(80)에 새로운 조명 조건이 추가로 설정된 것으로 가정한다. 이 경우, 새로운 조명 조건하에서 웨이퍼얼라인먼트검출계(80)의 광학계의 광축 어긋남이 조정되어 있지 않기 때문에, 새로운 조명 조건하에서 웨이퍼얼라인먼트검출계(80)를 조정할 필요가 있다.

[0080] 상술한 바와 같이, 종래 기술에 의하면, 새로운 조명 조건하에서 디포커스 특성이 0에 가까워지도록 웨이퍼얼라인먼트검출계(80)의 광학계의 광축 어긋남을 조정하지만, 디포커스 특성이 0이 되는 경우에도 파형 대칭성이 그 규격을 만족시키지 않는 경우가 있다. 이에 의해, 검출오차가 발생하고, 여러가지 조건하에서의 웨이퍼 프로세스에 대해서 정밀한 얼라인먼트를 행할 수 없게 된다.

[0081] 본 실시형태와 같이, 새로운 조명 조건하에서의 웨이퍼얼라인먼트검출계(80)의 광학계의 광축 어긋남량에 대한 파형 대칭성의 정보를 미리 가지고 있으면, 파형 대칭성 및 디포커스 특성이 이들의 규격을 만족시키도록, 웨이퍼얼라인먼트검출계(80)를 조정할 수 있다. 그 결과, 웨이퍼얼라인먼트검출계(80)에 새로운 조명조건이 추가로 설정되었을 경우에도, 검출오차를 감소시켜서, 정밀한 얼라인먼트를 행할 수 있다. 즉, 본발명에서는, 웨이퍼얼라인먼트검출계(80)를 위해 설정된 가장 넓은 파장 대역에서 모든 조명  $\sigma$  값의 각각에 대해서 웨이퍼얼라인먼트검출계(80)의 광학계의 광축 어긋남량에 대한 파형대칭성의 정보를 미리 획득해 둔다.

[0082] 또, 광축 어긋남량에 대한 파형 대칭성과 디포커스 특성과의 관계(즉, 도 15 내지 도 17에 도시된 바와 같은 파형 대칭성 및 디포커스 특성의 정보)는 정기적으로 갱신되어도 된다. 이에 의해, 그 관계에 관한 얼라인먼트검출계(80)의 현재 상태를 반영해서 웨이퍼얼라인먼트검출계(80)를 조정하는(즉, 광축 어긋남량의 조정 범위를 결

정하는) 것이 가능하다.

- [0083] 본 실시형태는, 웨이퍼얼라인먼트검출계(80)의 조정뿐만이 아니라, 레티클얼라인먼트검출계(70)의 조정 또는 그 외의 위치검출장치의 조정에도 적용할 수 있다.
- [0084] 노광장치(1)의 동작에 있어서, 우선, 레티클얼라인먼트검출계(70) 및 웨이퍼얼라인먼트검출계(80)를 조정한다. 상술한 바와 같이, 레티클얼라인먼트검출계(70) 및 웨이퍼얼라인먼트검출계(80)는 파형 대칭성 및 디포커스 특성이 이들의 규격을 만족시키도록 조정된다.
- [0085] 파형 대칭성 및 디포커스 특성이 이들의 규격을 만족시키도록 조정된 레티클얼라인먼트검출계(70) 및 웨이퍼얼라인먼트검출계(80)를 사용해서, 레티클(20) 및 웨이퍼(40)의 얼라인먼트를 한다. 레티클얼라인먼트검출계(70) 및 웨이퍼얼라인먼트검출계(80)는 여러가지 조건하에서의 웨이퍼 프로세스에 있어서 검출오차를 감소시킬 수 있기 때문에, 레티클(20) 및 웨이퍼(40)를 높은 정밀도로 얼라인먼트할 수 있다.
- [0086] 레티클(20)의 패턴을 노광에 의해 웨이퍼(40)에 전사한다. 광원(12)으로부터 방출된 광속은 조명광학계(14)에 의해 레티클(20)을 조명한다. 레티클(20)의 패턴을 반영하는 광성분은 투영광학계(30)에 의해 웨이퍼(40) 상에 결상한다. 레티클(20) 및 웨이퍼(40)는 고정밀도로 얼라인먼트되고 있기 때문에, 높은 중첩정밀도로 레티클(20)의 패턴을 노광에 의해 웨이퍼(40)에 전사할 수 있다. 따라서, 노광장치(1)는 높은 쓰루풋이며, 고품위이며, 경제성이 양호한 디바이스(예를 들면, 반도체소자, LCD소자, 촬상소자(CCD), 및 박막 자기헤드)를 제공할 수 있다. 이들 디바이스는 노광장치(1)를 사용해서 레지스트(감광제)가 도포된 기관(예를 들면, 웨이퍼, 유리플레이트)을 노광하는 노광공정과 노광된 기관을 현상하는 현상공정과 그 외의 공지의 공정에 의 의해 제조된다.
- [0087] 본 발명은 전형적인 실시예를 참조하면서 설명하였지만, 본 발명은 상기 개시된 전형적인 실시예로 한정되지 않는 것으로 이해되어야 한다. 이하 특허 청구범위는 이러한 모든 변경과 등가의 구성 및 기능을 망라하도록 최광의로 해석되어야 한다.

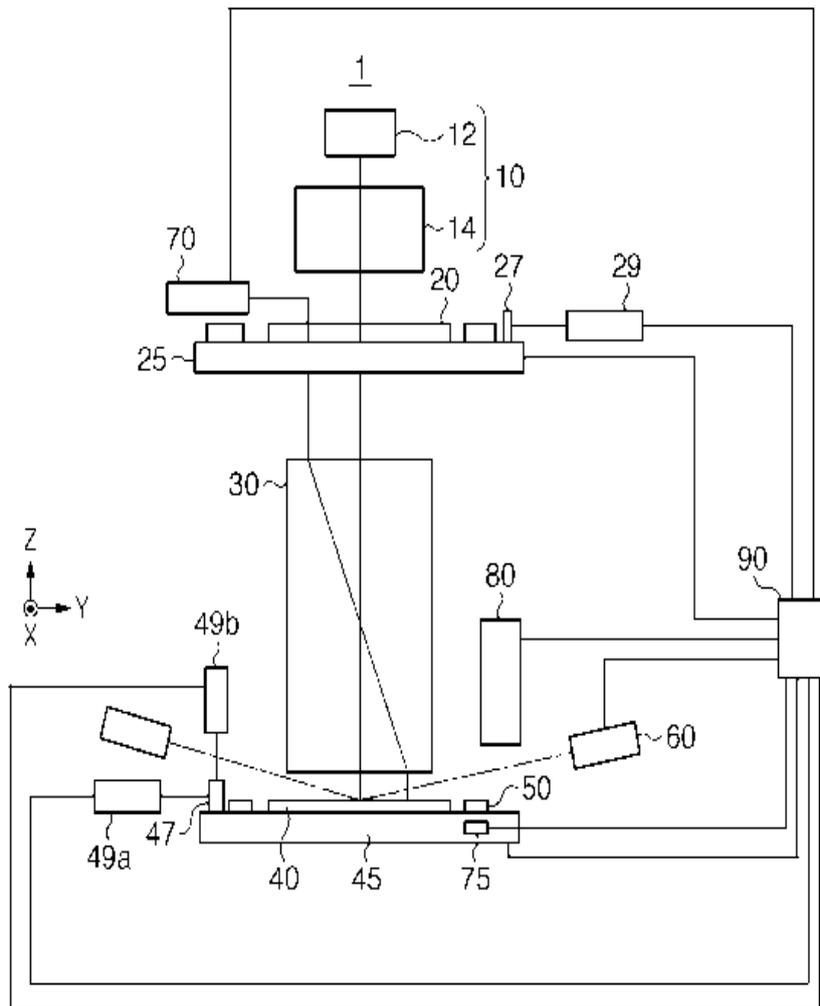
**도면의 간단한 설명**

- [0088] 도 1은 본 발명의 일 측면에 의한 노광장치를 도시한 개략적인 블록도;
- [0089] 도 2는 도 1에 도시된 노광장치의 웨이퍼스테이지 상에 배치되는 스테이지 기준플레이트의 구성을 도시한 도면;
- [0090] 도 3은 도 1에 도시된 노광장치의 웨이퍼얼라인먼트검출계의 상세한 구성을 도시한 개략단면도;
- [0091] 도 4는 도 3에 도시된 웨이퍼얼라인먼트검출계에 있어서, 조명광원에서의 빔직경과 개구조리개에서의 빔직경 사이의 관계를 도시한 도면;
- [0092] 도 5는 도 1에 도시된 노광장치의 웨이퍼얼라인먼트검출계의 광학계의 코마수차의 조정전용 웨이퍼의 일례를 도시한 개략단면도;
- [0093] 도 6은 도 5에 도시된 조정전용 웨이퍼를 웨이퍼얼라인먼트검출계가 검출했을 경우의 검출파형(비대칭 파형)의 일례를 도시한 차트;
- [0094] 도 7은 도 5에 도시된 조정전용 웨이퍼를 웨이퍼얼라인먼트검출계가 검출했을 경우의 검출파형(대칭 파형)의 일례를 도시한 차트;
- [0095] 도 8은 도 3에 도시된 웨이퍼얼라인먼트검출계의 광학계가 광축 어긋남을 가지지 않는 경우의 예를 도시한 개략 단면도;
- [0096] 도 9는 도 3에 도시된 웨이퍼얼라인먼트검출계의 광학계가 광축 어긋남을 가지는 경우를 도시한 개략단면도;
- [0097] 도 10은 웨이퍼얼라인먼트검출계의 광학계가 코마수차도 광축 어긋남도 가지지 않는 이상적인 상태에서 얼라인먼트마크를 검출했을 경우에 얻어진 검출파형을 도시한 차트;
- [0098] 도 11은 도 10에 도시된 검출파형의 디포커스에 대한 검출파형의 중심위치를 도시한 그래프;
- [0099] 도 12는 검출파형이 대칭이 되도록 코마수차를 조정하였지만, 웨이퍼얼라인먼트검출계의 광학계에 코마수차 및 광축 어긋남이 잔존하고 있는 상태에서 얼라인먼트마크를 검출했을 경우에 얻어진 검출파형을 도시한 차트;
- [0100] 도 13은 도 12에 도시된 검출파형의 디포커스에 대한 검출파형의 중심위치를 도시한 그래프;
- [0101] 도 14는 웨이퍼얼라인먼트검출계의 광학계의 광축 어긋남(광축 어긋남량)에 대한 검출파형 대칭성 및 디포커스

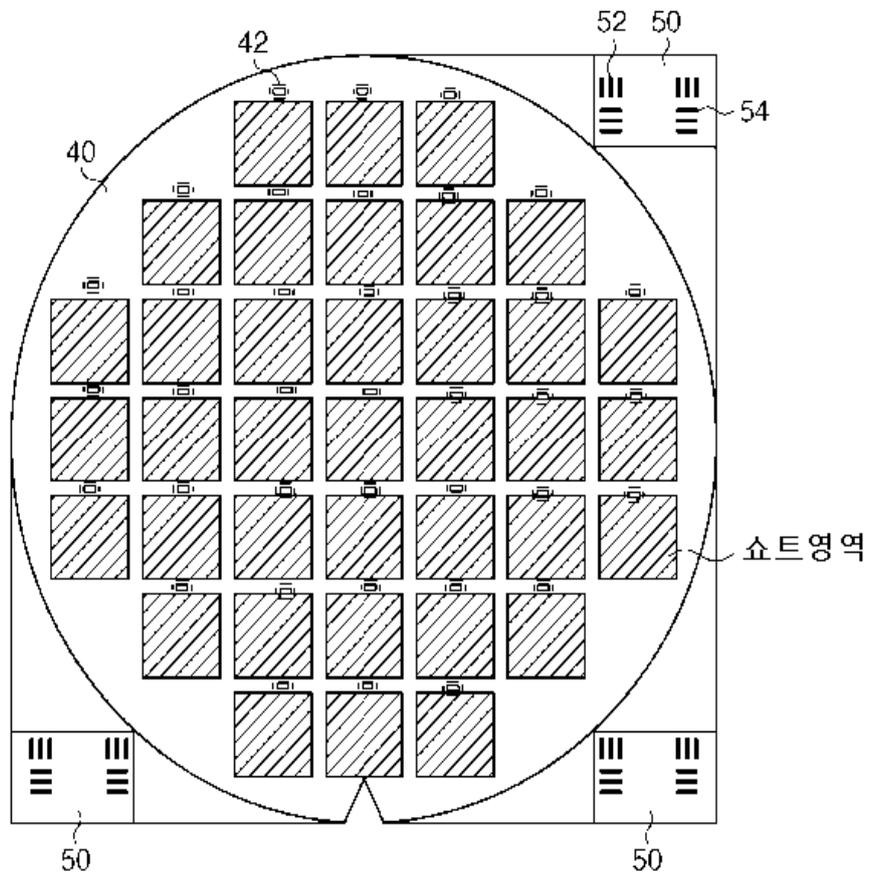


도면

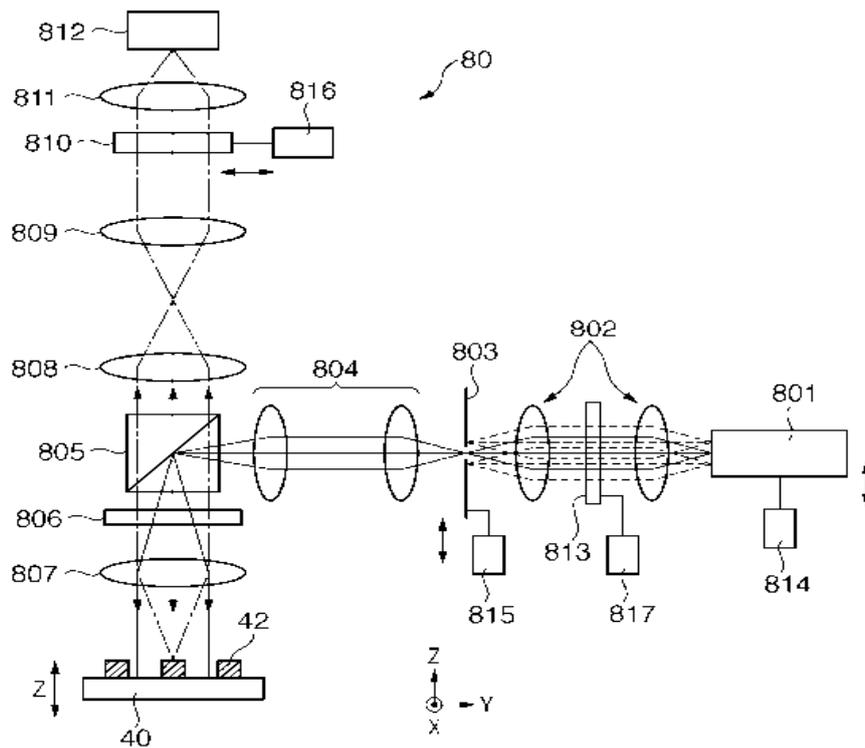
도면1



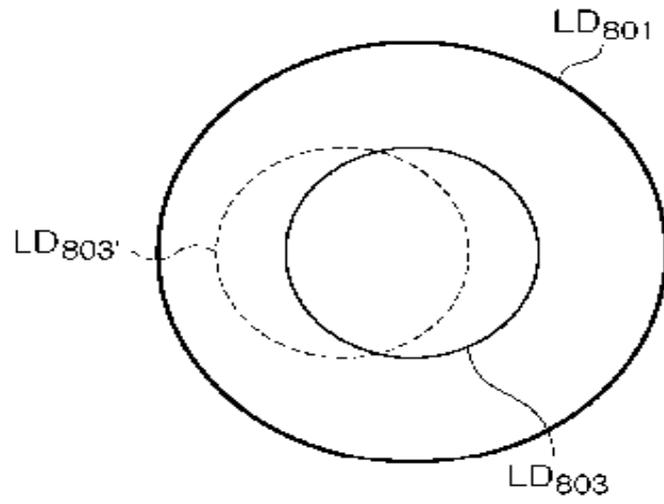
도면2



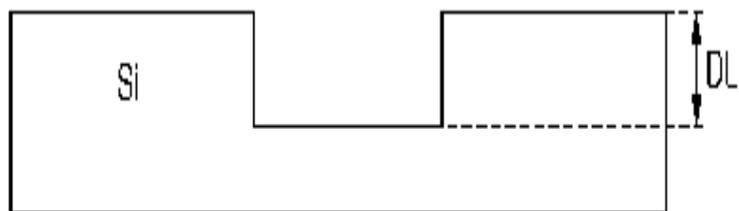
도면3



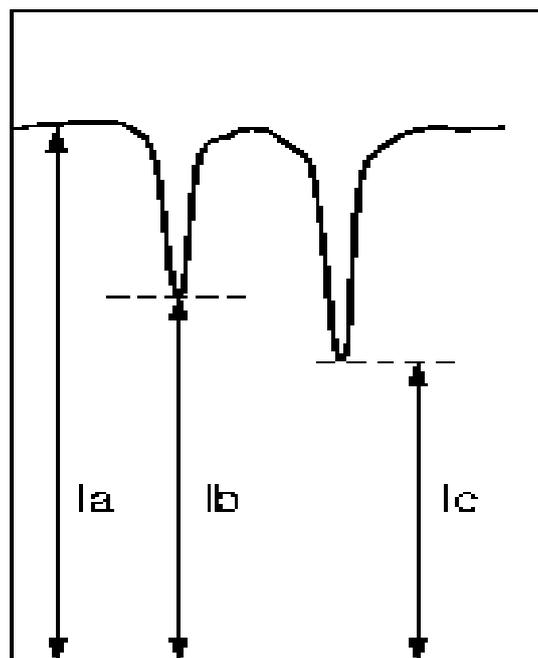
도면4



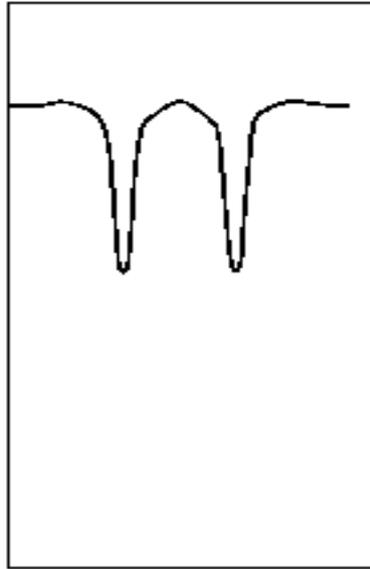
도면5



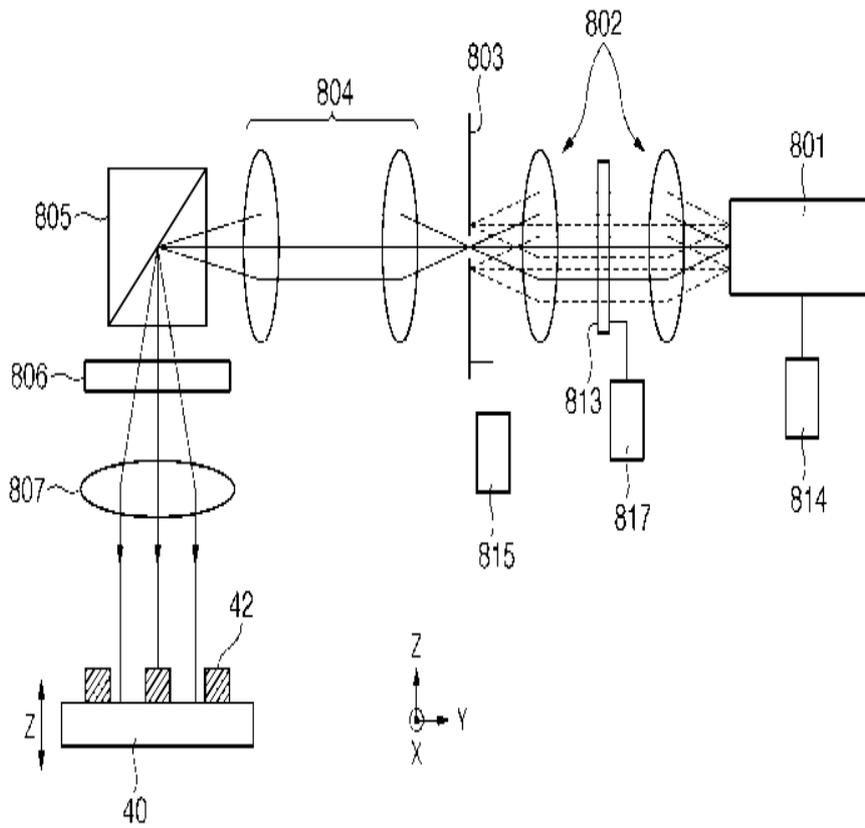
도면6



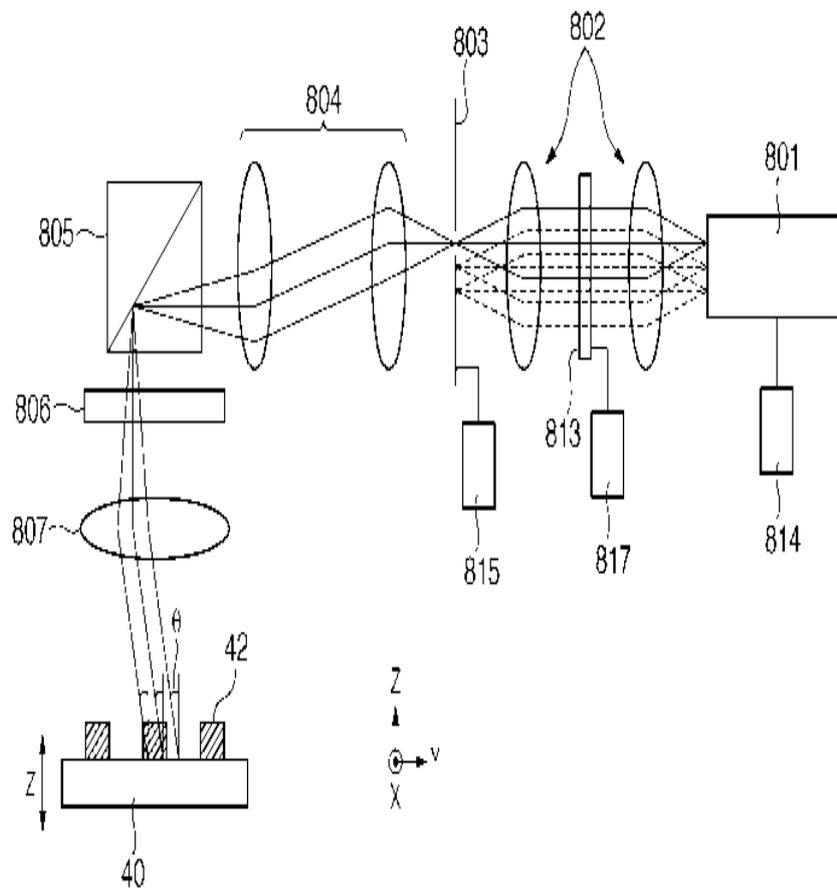
도면7



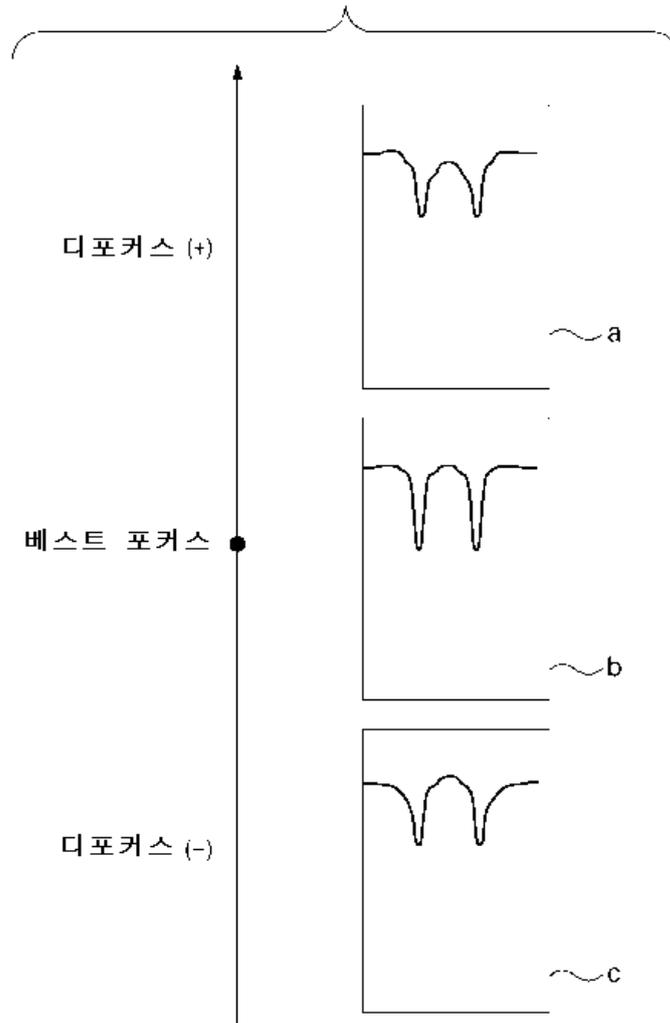
도면8



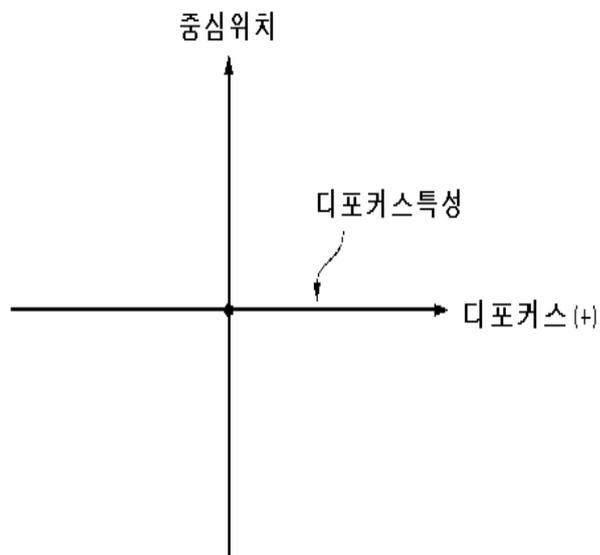
도면9



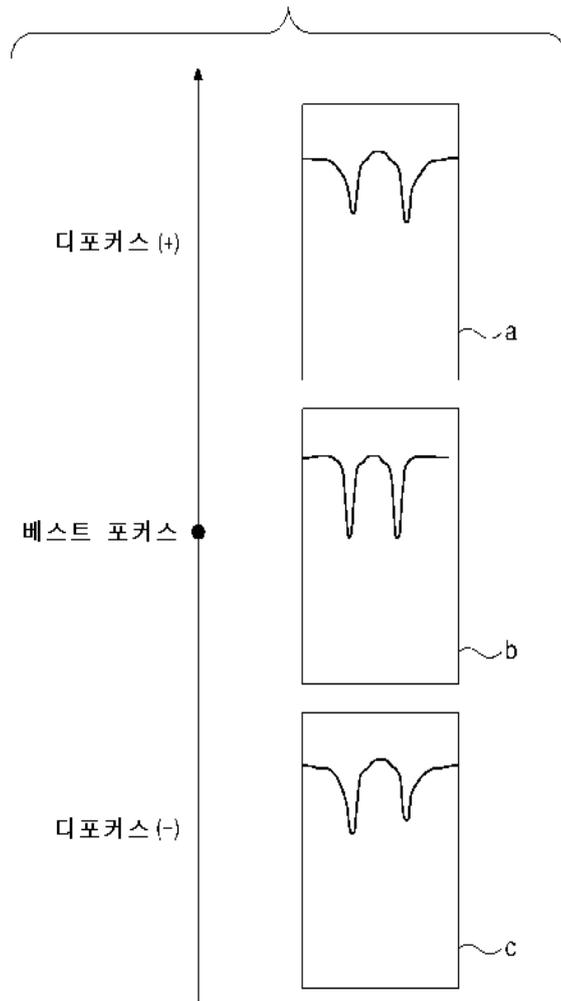
도면10



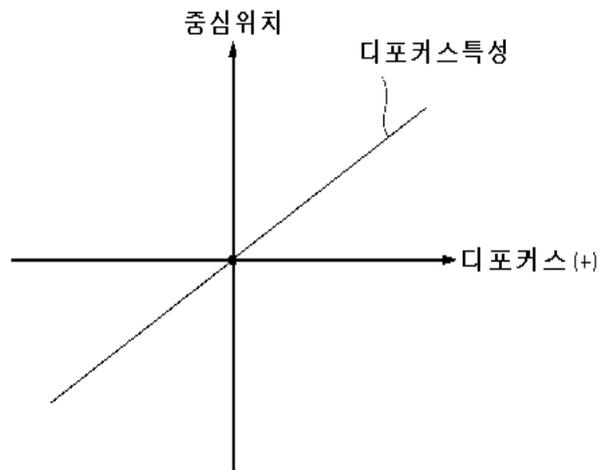
도면11



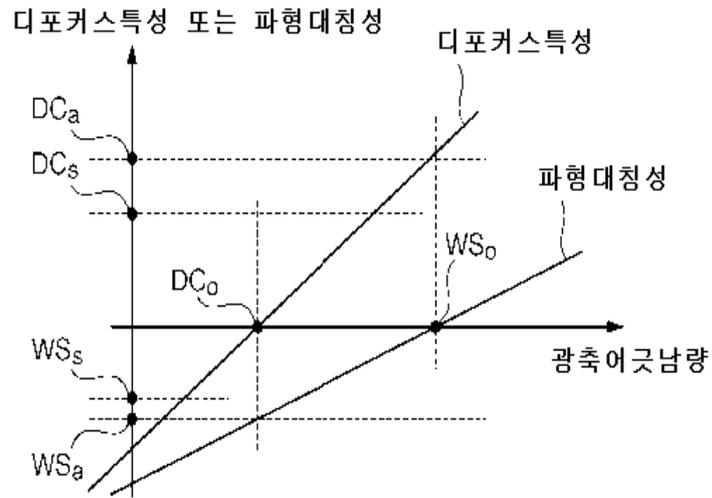
도면12



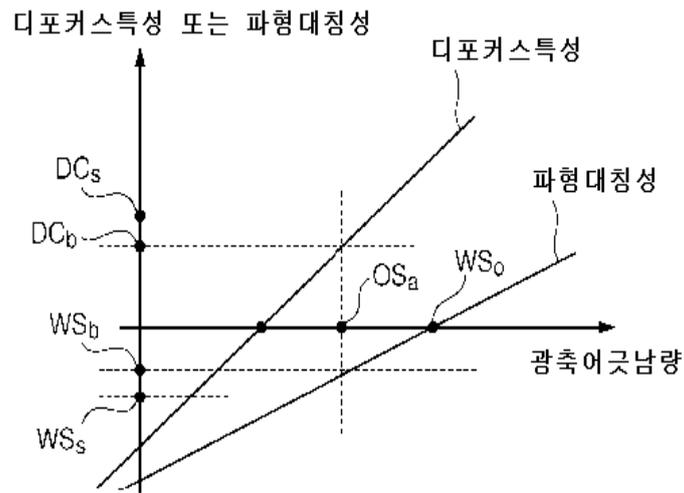
도면13



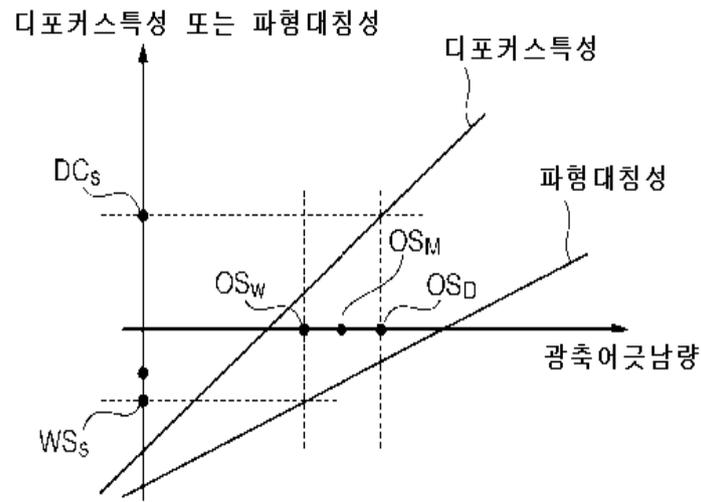
도면14



도면15



도면16



도면17

