



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2008-0050305
(43) 공개일자 2008년06월05일

(51) Int. Cl.

H01L 21/027 (2006.01)

(21) 출원번호 10-2007-0110095

(22) 출원일자 2007년10월31일

심사청구일자 2007년10월31일

(30) 우선권주장
JP-P-2006-00325229 2006년12월01일 일본(JP)

(71) 출원인

캐논 가부시끼가이사

일본 도쿄도 오오따꾸 시모마루꼬 3조메 30방 2고

(72) 발명자

아사이시 타다히로

일본국 도쿄도 오오따꾸 시모마루꼬 3조메 30방
2고 캐논가부시끼가이샤나이

(74) 대리인

신중훈, 임옥순

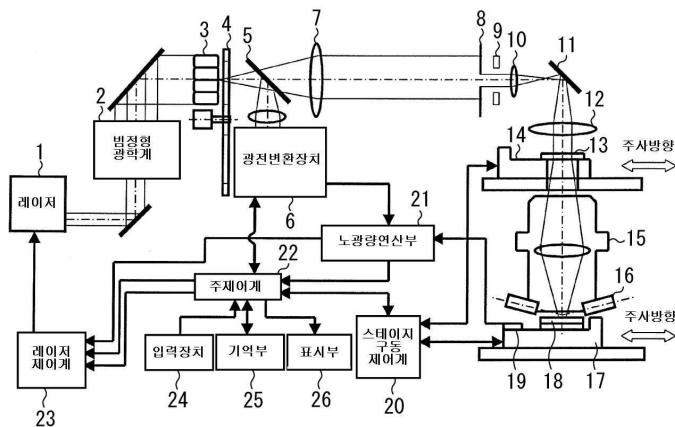
전체 청구항 수 : 총 6 항

(54) 노광장치 및 디바이스의 제조방법

(57) 요 약

레이저를 통하여 기판을 노광하도록 구성된 노광장치는 광을 사출하는 광원, 상기 광원으로부터 사출된 광의 파장 스펙트럼을 계측하는 계측 디바이스 및 콘트롤러를 포함하고 있다. 상기 콘트롤러는 디바이스에 의해 상기 계측된 파장 스펙트럼에 의거하여, 상기 광원으로부터 사출된 광의 중심파장을 산출하고, 상기 산출된 중심파장과 상기 계측시에 상기 광원에 대해서 설정된 중심 파장 간의 차이를 산출하고, 또한 상기 산출된 차이에 의거하여 상기 광원에 대해서 설정되는 중심 파장을 개선한다.

대표도 - 도1



특허청구의 범위

청구항 1

레티클을 통하여 기판을 노광하도록 구성된 노광장치로서,
 광을 사출하도록 구성된 광원;
 상기 광원으로부터 사출된 광의 파장스펙트럼을 계측하도록 구성된 계측디바이스; 및
 상기 계측디바이스에 의해 계측된 상기 파장스펙트럼에 의거하여 상기 광원으로부터 사출된 광의 중심파장을 산
 출하고, 상기 산출된 중심파장과 상기 계측시에 상기 광원에 대해 설정된 중심파장 간의 차이를 산출하고, 또한
 상기 산출된 차이에 의거하여 상기 광원에 대해 설정된 중심파장을 갱신하도록 구성된 콘트롤러
 를 구비하는 것을 특징으로 하는 노광장치.

청구항 2

제 1 항에 있어서,
 상기 광원은 펄스광원인 것을 특징으로 하는 노광장치.

청구항 3

제 2 항에 있어서,
 상기 콘트롤러는 상기 광원으로부터 사출된 복수의 광펄스에 대해서 계측된 파장 스펙트럼을 적산하고, 상기 적
 산된 파장스펙트럼에 의거하여 상기 중심파장을 산출하는 것을 특징으로 하는 노광장치.

청구항 4

제 3 항에 있어서,
 상기 콘트롤러는 상기 적산된 파장스펙트럼을 파장축을 따라서 누적하고, 상기 누적된 파장스펙트럼에 의거하여
 상기 중심파장을 산출하는 것을 특징으로 하는 노광장치.

청구항 5

제 1 항에 있어서,
 상기 콘트롤러는 상기 기판에 대해서 설정된 노광량에 의거하여 상기 광원에 대해 상기 중심파장을 설정하는 것
 을 특징으로 하는 노광장치.

청구항 6

광을 사출하는 광원;
 상기 광원으로부터 사출된 광의 파장스펙트럼을 계측하는 계측디바이스; 및
 상기 계측디바이스에 의해 계측된 상기 파장스펙트럼에 의거하여 상기 광원으로부터 사출된 광의 중심파장을 산
 출하고, 상기 산출된 중심파장과 상기 계측시에 상기 광원에 대해 설정된 중심파장 간의 차이를 산출하고 또한
 상기 산출된 차이에 의거하여 상기 광원에 대해 설정된 중심파장을 갱신하는 콘트롤러를 구비하고, 레티클을 통
 하여 기판을 노광하는 노광장치를 사용한 디바이스의 제조방법으로서,
 상기 노광장치를 사용하여 기판을 노광하는 공정;
 상기 노광된 기판을 현상하는 공정; 및
 상기 현상된 기판을 처리하여 디바이스를 제조하는 공정
 을 구비하는 것을 특징으로 하는 디바이스의 제조방법.

명세서

발명의 상세한 설명

기술 분야

<1> 본 발명은 반도체칩(예를 들면, 집적회로(IC: integrated circuit) 또는 대규모집적회로(LSI: large integrated circuit), 액정패널, 전하결합소자(CCD: charge couple device), 박막자기헤드 또는 마이크로 머신 등의 디바이스를 제조하기 위한 노광장치에 관한 것이다.

배경 기술

<2> 반도체에 소망한 회로패턴을 형성하는 방법으로서, 리소그래피 가공방법이 잘 알려져 있다. 이 리소그래피는 회로패턴이 형성된 마스크(레티클)를 통하여 감광성 유기막(포토레지스트)이 도포되어 있는 반도체 기판을 노광하는 공정을 포함한다.

<3> 최근, 고집적화된 LSI에 의해 회로패턴의 한층 더 미세화가 요구되고 있다. 이 요구조건을 실현하기 위해서는, 상기 리소그래피에 있어서 노광을 실시하는 노광장치의 해상력을 향상시킬 필요가 있다.

<4> 이하의 식에 정의된 바와 같이, 노광장치의 해상력은 비례 상수를 k_1 으로 나타낼 때 광원의 파장(λ)에 비례하고, 투영광학계의 개구수(NA)에 반비례하는 것이 알려져 있다.

$$<5> \text{해상력} = k_1 \cdot (\lambda / \text{NA}) \quad (1)$$

<6> 따라서, 노광장치의 해상력을 향상시키기 위해서는, 광원의 파장을 짧게 하거나, 또는, 투영광학계의 개구수를 증가시키는 것이 유용하다.

<7> 노광장치의 광학특성의 하나로서 초점심도(DOF: depth of focus)가 있다. 이 초점심도는 투영되는 상의 디포커스가 허용되는 범위를 나타내는 포커스점으로부터의 거리이다. 상기 초점심도는, 비례 상수를 k_2 로 나타낼 때, 이하의 식에 의해 나타낼 수 있다.

$$<8> \text{DOF} = k_2 \cdot (\lambda / \text{NA}^2) \quad (2)$$

<9> 따라서, 노광장치의 해상력을 향상시키기 위해서, 광원의 파장을 짧게 하거나 렌즈의 개구수를 증가시키면, 초점심도가 현저하게 감소된다. 그 결과, 투영상의 디포커스의 허용 범위를 벗어날 수도 있다.

<10> 특히, 회로패턴의 미세화와 입체화는 고집적화의 달성이 기대되는 차세대의 디바이스에 대해서 중요한 요인 중의 하나이다. 따라서, 초점심도의 감소는 심각한 문제가 되고 있다. 즉, 회로패턴의 입체화를 위해서는 광축 방향의 가공치수가 비교적 길어지는 것이 필요하다. 따라서, 초점심도가 큰 것이 요구된다. 회로의 미세도에 관계없이, 충분한 초점심도가 항상 필요하다.

<11> 상기의 문제를 해결하기 위하여, 광축 상의 다른 위치에 결상시키도록 복수의 파장을 가진 노광광을 사용하여 마스크패턴을 기판 상에 투영함으로써, 초점심도를 확대하려는 시도가 행해지고 있다.

<12> 예를 들면, 일본국 특허번호 2619473호에 개시된 바와 같이, 종래의 광학계는 제 1 파장을 발진하는 광원, 제 2 파장을 발진하는 광원 및 2개의 광원으로부터 얻은 합성노광광을 생성시키는 유닛을 구비하고 있다.

<13> 또한, 일본국 특개평 11-162824호 공보에 기재된 바와 같이, 종래의 광학계는 광원과 웨이퍼의 사이의 광로 상에 복수의 파장대역의 광을 선택적으로 투과시키는 필터를 구비함으로써, 복수의 파장을 가진 노광광을 사용하여 노광동작을 행하고 있다. 상기 2개의 종래 방식은 노광광이 복수의 파장 스펙트럼을 갖게 할 수 있다.

<14> 웨이퍼의 노광시에 노광량(즉 도스(dose)은 어느 일정한 발광 펄스수(또는 어느 일정한 시간 동안)에 대해서 누적된다. 일본국 특개평 06-252021호 공보에 기재된 바와 같이, 광원의 설정파장을 웨이퍼 노광중에 변경함으로써, 복수의 파장을 가진 광을 사용하여 웨이퍼의 노광을 실현할 수 있다. 이 종래시스템에 의하면, 노광중의 발광펄스의 파장을 도 5에 도시한 바와 같이, $-\Delta \lambda$ 내지 $+\Delta \lambda$ 의 사이에서 제어한다. 웨이퍼 상에 누적된 스펙트럼 분포는, 도 4에 도시된 바와 같이, 2개의 피크 파장을 가지는 스펙트럼이 된다.

발명의 내용

해결 하고자하는 과제

<15> 도 6은 일반적인 노광장치의 광원으로서 사용되는 엑시머 레이저를 예시한다. 엑시머 레이저는 레이저 가스가

충전된 레이저챔버(27)를 구비하고 있다. 상기 레이저챔버(27) 내에 한 쌍의 주방전전극(30) 및 (31)이 설치되어 있다. 상기 주방전전극(30) 및 (31)간에 방전을 해서 레이저가스가 여기 되면 레이저챔버(27) 내에서 광이 발생된다.

<16> 상기 발생된 광은 원도우(28) 및 (29)를 투과해서 프론트 미러(32)와 협대역화부(40)의 사이에서 공진되면서 증폭된다. 광은 협대역화부(40) 내에 설치된 과장선택소자(예를 들면, 프리즘, 격자) 등에 의해 협대역화되어 프론트미러(32)로부터 레이저광속(33)으로서 출력된다. 출력 레이저광(33)의 일부는 빔스플리터(34)에서 반사되어 과장 모니터로서의 모니터에탈론(36), 회절격자형분광기(37)에 입사된다. 과장 모니터(36) 및 회절격자형분광기(37)에서는 출력 레이저광(33)의 발진중심파장 λ_{cr} 및 발진스펙트럼폭 $\Delta\lambda$ 이 계측된다. 과장 모니터(36) 및 회절격자형분광기(37)로부터의 계측치는 과장콘트롤러(38)에 의해 송신된다.

<17> 상기 엑시머 레이저에 의해 일정한 에너지 강도로 도 5에 도시된 바와 같이 노광중의 설정 파장을 제어했을 경우, 도 4에 도시된 좌우대칭의 과장스펙트럼을 얻을 수 없다. 상기 얻어진 과장은 도 7에 나타내는 비대칭이 과장스펙트럼이 된다.

<18> 이 현상은 엑시머레이저 내부의 광학특성에 의존한다. 예를 들면, 격자(즉, 과장선택소자)는 선택파장에 따라 반사율이 다른 특성을 가진다. 그 때문에, $-\Delta\lambda$ (설정중심 파장보다 단파장측)에서의 광강도가 $+\Delta\lambda$ (설정중심 파장보다 장파장측)에서의 광강도와 다르게 된다. $-\Delta\lambda$ 에서의 광강도와 $+\Delta\lambda$ 에서의 광강도 간의 차이에 의해, 디포커스를 발생시킨다.

<19> 본 발명은 과장 스펙트럼의 비대칭성에 의한 디포커스를 저감시키는 것을 예시적 목적으로 한다.

과제 해결수단

<20> 본 발명의 1 측면에 의하면, 노광장치는 레티클을 통하여 기판을 노광한다. 상기 노광장치는 광을 사출하는 광원; 상기 광원으로부터 사출된 광의 과장스펙트럼을 계측하는 계측디바이스; 및 상기 계측디바이스에 의해 계측된 상기 과장스펙트럼에 의거하여 상기 광원으로부터 사출된 광의 중심파장을 산출하고, 상기 산출된 중심파장과 상기 계측시에 상기 광원에 대해 설정된 중심파장 간의 차이를 산출하고 또한 상기 산출된 차이에 의거하여 상기 광원에 대해 설정된 중심파장을 개선하는 콘트롤러를 구비하는 것을 특징으로 한다.

<21> 본 발명의 다른 측면에 의하면, 상기의 노광장치를 사용하여 기판을 노광하는 공정, 상기 노광된 기판을 현상하는 공정; 및 상기 현상된 기판을 처리하여 디바이스를 제조하는 공정을 구비하는 것을 특징으로 한다.

<22> 본 발명의 다른 특징은 첨부된 도면을 참조한 다음의 상세한 전형적인 실시형태로부터 명백해질 것이다.

<23> 명세서의 일부를 구성하고, 본 발명의 전형적인 실시형태 및 특징을 설명하는 첨부도면은, 상세한 설명과 함께 본 발명의 원리의 적어도 일부를 설명하는 기능을 한다.

효과

<24> 본 발명에 의하면, 예를 들면, 과장 스펙트럼의 비대칭성에 의한 디포커스를 저감시키는 것이 가능해진다.

발명의 실시를 위한 구체적인 내용

<25> 이하의 전형적인 실시형태의 설명은 구체예를 사실적으로 나타낸 것이며, 본 발명, 그 적용 또는 용도를 제한하는 것은 아니다. 명세서 전체에 걸쳐서 이하의 도면에 있어서 동일한 참조번호 및 참조부호는 동일구성요소를 나타내므로, 한 도면에서 한 구성요소가 일단 설명되면, 다음의 도면에서는 논의하지 않는다. 다음에, 도면을 참조하면서 전형적인 실시형태를 설명한다.

<26> 본 발명의 전형적인 실시형태에는 펄스광원 및 콘트롤러를 구비하고 있다. 상기 콘트롤러는 상기 광원으로부터의 발광 펄스마다 계측된 과장스펙트럼을 적산하고, 상기 적산된 과장스펙트럼에 의거하여 중심파장을 산출한다. 또는, 상기 콘트롤러는 상기 적산된 과장스펙트럼을 누적하고, 상기 누적된 과장스펙트럼에 의거하여 중심파장을 산출한다. 또는, 상기 콘트롤러는 상기 적산된 과장스펙트럼 또는 상기 누적된 과장스펙트럼에 부가해서, 상기 기판에 대해 설정된 노광량에 의거하여 중심파장을 산출한다. 그리고, 상기 산출된 중심파장과 상기 계측시에 상기 광원에 대해서 설정된 중심파장과의 차이를 나타내는 어긋남 성분을 산출한다. 또한, 상기 콘트롤러는 상기 산출된 차이에 의거하여 상기 광원에 대해서 설정되는 중심 파장을 산출한다.

<27> 상기 콘트롤러는, 예를 들면, 0으로 간주된 어긋남성분이나 또는 이전의 노광동작에 대해 적용된 어긋남성분에

의거하여 상기 광장스펙트럼의 계측을 위해 상기 광원에 대해 설정되는 중심파장(노광파장 지령치)을 산출할 수 있다.

- <28> 도 1은 본 발명의 전형적인 실시예에 의한 주사형 반도체노광장치를 나타낸다. 상기 노광장치는 레티클(원판)(13) 및 투영광학계(15)를 통하여 반도체 웨이퍼(기판)(18)를 노광하도록 구성되어 있다. 또한, 상기 노광장치는 기판(즉, 피가공물)에 실제노광 전에 광을 조사하기 위해 "전처리"를 행한다. 상기 전처리에는 광을 조사하는 노광광원에 공급되는 노광파장 지령치를 산출하는 공정, 상기 산출된 노광파장 지령치에 따라 광원을 제어하는 공정, 및 광원으로부터 사출된 광의 광장스펙트럼을 계측하는 공정을 구비하고 있다.
- <29> 상기 광장스펙트럼에 의거하여 발광한 광의 중심파장(도 7에 도시된 λ_{meas})을 산출하는 공정, 미리 설정된 광장지령치(노광파장 지령치)에 대한 상기 산출된 광의 중심파장의 어긋남성분(도 7 나타낸 λ_{diff})을 산출하는 공정, 및 기록 매체에 상기 산출된 값을 저장하는 공정을 부가하여 구비하고 있다. 그리고, 실제노광(즉, 상기 기판에 광을 조사)을 실행하는 상기 광원에 공급되는 광장 지령치는, 상기 어긋남성분을 수정하기 위해, 상기 노광파장 지령치와 상기 어긋남성분의 가감산을 함으로써 얻는다.
- <30> 도 1에서, 광원(레이저)(1)으로부터 광은 상기 빔정형광학계(2)를 통과할 때 소정의 형상을 가진 광속이 된다. 옵티컬 인터그레이터(3)는 상기 빔정형광학계(2)를 통과한 광속을 수광하는 입사면을 가진다. 상기 옵티컬 인터그레이터(3)는 복수의 미소한 렌즈를 포함하고 있고 그 광출사면 근방에는 다수의 2차광원을 형성한다.
- <31> 도 1을 더 참조하면, 조리개터릿(4)은 상술한 2차광원의 실질적인 면적을 제한하는 소정의 조리개를 포함하고 있다. 상기 조리개터릿(4)은 각각 할당된 번호(예를 들면, 조명 모드 번호)를 가진 복수의 조리개를 포함하고 있다. 예를 들면, 조리개터릿(4)은 코히런스팩터(0)에 대한 복수의 값을 설정하기 위한 원형 개구면적이 상이하게 되는 개구조리개, 윤대조명용의 링 형상의 조리개, 또는 4중극 조리개를 포함할 수 있다. 조리개의 타입은 상기 광원으로부터 입사되는 조명광의 형상에 따라 선택가능하고, 상기 선택된 조리개는 광로 중에 배치된다.
- <32> 제 1 광전 변환 장치(6)는 하프미러(5)에 의해 반사된 펠스광의 일부를 펠스당의 광량으로서 검출하고, 상기 검출된 광량을 나타내는 아날로그 신호를 노광량 연산부(21)에 출력한다.
- <33> 콘덴서 렌즈(7)는 옵티컬 인터그레이터(3)의 출사면 부근에 설치된 2차 광원으로부터의 광속에 의해 블라인드(8)를 켈러조명(Kohler's illumination)하고 있다. 블라인드(8)의 근방에는 배치된 슬릿(9)은, 블라인드(8)를 조명하는 슬릿광의 프로파일을 직사각형 또는 원호형상으로 변형한다.
- <34> 슬릿광은 소자패턴이 형성된 레티클(13) 상에 결상된다. 슬릿광의 조도와 입사각도는 상기 레티클(13) 상에서 균일하다. 상기 레티클(13)은 콘덴서렌즈(10) 및 (12)와 미러(11)를 개재하여 블라인드(8)의 공역면에 위치결정되어 있다.
- <35> 블라인드(8)의 개구영역은 레티클(13)의 소망한 패턴노광영역과 광학 배율비에서 상사형이다. 노광 작업시, 블라인드(8)는 레티클(13)의 노광영역 외부를 차광하고 레티클스테이지(14)에 대해서 광학배율비로 동기주사를 한다.
- <36> 레티클스테이지(14)에 의해 레티클(13)을 지지한다. 슬릿광은 레티클(13)을 통과하고 투영광학계(15)에 입사한다. 상기 슬릿광은 레티클(13)의 패턴면과 광학적 공역면인 노광 필드면 상의 노광화각 영역에 재차 결상된다.
- <37> 포커스검출계(16)는 웨이퍼스테이지(17) 상에 유지된 웨이퍼(18)의 노광면의 높이와 기울기를 검출한다. 주사노광시에, 웨이퍼스테이지(17)에 대해서 행해지는 제어는 포커스검출계(16)에 의해 얻어진 정보에 의거하여 웨이퍼(18)의 노광면의 위치가 노광필드면의 위치와 일치하도록 행해질 수 있다. 레티클스테이지(14)와 웨이퍼스테이지(17)는 투영광학계(15)의 광축과 교차하는 방향으로 동기주행(주사)할 수 있다. 동시에, 웨이퍼(18)가 슬릿광에 의해 노광되고, 웨이퍼(18) 상의 포토레지스트층에 패턴이 전사된다. 웨이퍼스테이지(17) 상에 배치된 제2 광전변환장치(19)는 노광화각 내의 펠스광량을 측정할 수 있다.
- <38> 다음에, 전형적인 실시형태에 의한 제어시스템을 설명한다. 도 1에 있어서, 스테이지 구동제어계(20)에 의해 주사 노광시의 (노광면위치 제어까지 포함한) 레티클스테이지(14)와 웨이퍼스테이지(17)의 동기주행 제어를 실시한다.
- <39> 노광량 연산기(21)는 제 1 광전변환장치(6) 및 제 2 광전변환장치(19)로부터 광전 변환된 전기신호를 수신하고, 상기 수신된 신호로부터 변환된 논리치를 주제어계(22)에 출력하도록 구성되어 있다. 제 1 광전변환장치(6)는 노광 중에 계측을 행하도록 구성되어 있다.

- <40> 제 2 광전변환장치(19)는 노광공정 전에 웨이퍼(18)를 조사하는 슬릿광의 광량을 검출한다. 동시에, 제 2 광전변환장치(19)는 이 검출된 슬릿광량과 제 1 광전변환장치(6)에 의해 검출된 광량 간의 상관을 얻는다. 제 2 광전변환장치(19)는 얻어진 상관을 참조해서 제 1 광전변환장치(6)의 출력치에 상당하는 웨이퍼(18) 상의 광량인 노광제어용의 모니터 광량을 산출한다.
- <41> 이하 설명에서, 이 모니터 광량은 웨이퍼 상의 펄스광량과 동일한 것으로서 설명한다. 제 1 광전변환장치(6) 및 제 2 광전변환장치(19)의 출력신호로부터 변환되는 광량 연산부(21)의 논리값(단위: 비트)은 펄스광량을 나타낸다.
- <42> 제 2 광전변환장치(19)는 웨이퍼스테이지(17)에 의해 노광 슬릿광을 주사하여 측정한다. 상기 제 2 광전변환장치(19)에 의해 노광영역 상의 각 점으로부터 측정된 적산 노광량과 설정 노광량으로부터의 적산 노광량의 편차를 얻을 수 있다.
- <43> 레이저 제어계(즉, 레이저 출력 및 발진주파수 결정수단)(23)는 소망한 펄스 광량에 따라 트리거 신호 및 인가전압 신호를 광원(1)에 출력한다. 광원(1)은 그 발진 주파수(파장) 및 출력에너지레벨을 상기 수신된 트리거 신호 및 인가전압 신호에 따라서 조정하고 있다. 상기 레이저제어계(23)는 노광량 연산기(21)로부터 공급된 펄스광량 신호 및 주제어계(22)로부터 공급된 노광 파라미터에 의거하여 트리거 신호 및 인가전압 신호를 생성한다.
- <44> 소망한 노광 파라미터(예를 들면, 적산 노광량이나 필요 적산 노광량 정밀도, 또는 조리개 형상)는 사용자가 맨 머신 인터페이스(man machine interface) 또는 미디어 인터페이스(media interface)로서 기능하는 입력장치(24)에 의해 주제어계(22)에 입력할 수 있다. 기억부(25)에는 상기 입력된 노광파라미터가 기억된다. 제 1 광전변환장치(6) 및 제 2 광전변환장치(19)로부터 얻어진 측정결과 및 상기 측정 결과의 상관을 표시부(26)에 표시한다.
- <45> 주제어계(22)는 입력장치(24)에 의해 입력된 데이터, 노광장치 고유의 파라미터, 측정수단(예를 들면, 제 1 광전변환장치(6) 및 제 2 광전변환장치(19))에 의해 계측된 측정데이터에 의거하여 주사노광에 필요한 파라미터를 산출한다. 상기 주제어계(22)에 의해 상기 산출된 파라미터를 레이저제어계(23) 및 스테이지구동제어계(20)에 전달한다.
- <46> 도 2는 주제어계(22)에 의해 실행되는 웨이퍼를 노광하는 처리 시퀀스의 흐름도이다. 상기 처리 시퀀스는 2개의 시퀀스(100) 및 (101)를 포함하고 있다. 상기 제 1 시퀀스(100)는 웨이퍼 노광(실제 노광)의 전처리인 노광캘리브레이션 처리이다. 도 2에 도시된 상기 시퀀스(100)는 본 발명의 전형적인 실시형태에 관련되는 부분을 예시하고 있다.
- <47> 그러나, 실제 전처리시에 웨이퍼반송유닛(도 1에는 도시되지않음)에 의해 웨이퍼스테이지(17)에 웨이퍼(18)를 반송한 후, 노광장치는 중첩정밀도 및 해상력을 보증하는 웨이퍼의 위치결정 계측 및 포커스 계측을 실행한다.
- <48> 상기 제 2 시퀀스(101)는 노광시퀀스(즉, 웨이퍼의 실제노광처리)이다. 웨이퍼면은 일반적으로 수십 개의 쇼트(즉, 피노광 영역)를 가진다. 상기 시퀀스는 각각의 쇼트에 대해서 발진조건설정과 발진처리를 반복적으로 실행한다. 상기 처리 시퀀스 종료후, 웨이퍼반송유닛에 의해 웨이퍼스테이지(17)로부터 처리된 웨이퍼가 반송되고, 새로운 웨이퍼가 웨이퍼스테이지(17) 상에 반송된다. 그 후, 주제어계(22)에 의해 상기 시퀀스(100) 및 (101)을 포함하는 처리 시퀀스를 재개한다.
- <49> 상기 시퀀스(100)의 스텝 102에서는, 상기 주제어계(22)에 의해 도 7에 나타낸 λ diff를 계측하기 위해서 발진의 조건을 설정한다. 이 발진조건 설정에서는, 주제어계(22)에 의해, 웨이퍼에 설정된 노광량에 따라서, 스테이지의 스캔속도, 광원의 발진주파수, 발광펄스의 타겟에너지레벨, 발광펄스수, 및 노광파장 지령치(λ set)를 산출한다. 각 설정치의 산출 후, 주제어계(22)는 스테이지 구동부제어계(20), 노광량제어부(21), 및 레이저제어계(23)에 제어 파라미터를 출력한다. 이 경우에, 설정치는 각각 웨이퍼의 노광처리(실제노광) 조건과 동일하거나 또는 유사한 조건을 설정하는 것이 유용하다.
- <50> 스텝 103에서, 상기 주제어계(22)는 레이저(1)로부터 발광된 에너지의 제 1 광전변환장치(6)에 의한 검출 및 노광량연산부(21)에 상기 검출된 데이터의 전송을 포함하는 노광제어 처리를 실행한다. 노광량연산부(21)는 제 1 광전변환장치(6)의 출력과 주제어계(22)에 의해 설정된 발광펄스의 타겟에너지레벨에 의거하여 다음의 발광펄스에 필요한 에너지레벨을 산출한다. 다음에, 상기 노광량연산부(21)는 상기 산출된 값을 레이저제어계(23)에 전송한다.

- <51> 스텝 104에서는, 상기 주제어계(22)에 의해 레이저의 발광처리를 실행한다. 보다 구체적으로는, 레이저제어계(23)는 노광량연산부(21)에 의해 설정된 에너지를 생성할 수 있는 레이저 챔버(27)에의 인가전압량을 산출한다. 상기 레이저제어계(23)는 산출한 인가전압을 레이저(1)에 설정하고, 레이저의 발광트리거를 레이저(1)에 출력한다. 상기 레이저(1)는 레이저발광(레이저 발진)을 실행한다.
- <52> 스텝 105에서는, 레이저(1)의 발광 후에, 주제어계(22)는 스펙트럼계측유닛에 의해 노광광의 스펙트럼을 계측하게 한다. 도 6에 도시된 엑시머레이저 내에 형성된 모니터 에탈론(monitor etalon)(36) 및 회절격자형 분광기(37)에 의해 스펙트럼을 계측할 수 있다. 계측결과는 노광장치에 고속시리얼 통신매체에 의해 전송가능하다. 상기 노광장치는 회절형분광기 등의 내장된 스펙트럼 계측유닛을 포함하여도 된다.
- <53> 스텝 106에서는, 주제어계(22)에 의해 레이저발진(레이저발광)을 종료하는지의 여부를 판정한다. 예를 들면, 상기 주제어계(22)에 의해 상기 발진이 소정의 종료조건(예를 들면, 발광 펄스수 및 발진 에너지의 적산량 등)을 만족시키는지의 여부를 확인할 수 있다. 상기 종료조건을 만족시키면(스텝 106에서의 예), 주제어계(22)는 발광을 종료한다. 상기 처리 흐름은 다음의 스텝 107로 진행한다. 상기 종료조건을 만족시키지 않으면(스텝 106에서의 아니오), 상기 처리 흐름은 스텝 103으로 복귀해서 타겟에너지 레벨을 산출한다.
- <54> 스텝 107에서는, 상기 주제어계(22)에 의해 과장지령치의 오프셋을 산출한다. 보다 상세하게는, 스텝 105에서 계측된 노광광의 스펙트럼을 도 3에 점선으로 도시된 바와 같이 과장축을 따라서 누적한다. 누적되는 스펙트럼은 실제의 노광조건에 대응하는 펄스수(윈도 사이즈)에 의해 이동평균처리된 스펙트럼으로부터 얻어도 된다.
- <55> 주사 노광시의 윈도 사이즈는 광원의 발진주파수(F), 스테이지의 스캔속도 (V), 및 웨이퍼스테이지 상에 형성되는 노광광(슬릿상)의 주사 방향에 있어서의 폭(W)에 의해 규정할 수 있다. 상기 윈도 사이즈는 웨이퍼 상의 한 점당 노광광(펄스광)의 수를 의미한다.
- <56> 윈도 사이즈 = $F / V \times \lambda$ [pulse] (3)
- <57> 상기 주제어계(22)는 상기 얻어진 노광광의 적산 스펙트럼으로부터 계측된 중심파장 λ_{meas} (도 7 참조)를 구하고, 상기 계측된 중심파장 λ_{meas} 와 설정된 노광파장 지령치 λ_{set} 사이의 차분 λ_{diff} (도 7 참조)를 산출한다. 상기 산출된 값은 메모리 또는 기록매체에 기록한다. 도 3에 도시된 바와 같이, 광강도가 상기 누적된 광스펙트럼의 광강도의 절반과 동일한 파장을 λ_{meas} 라고 정의한다.
- <58> 다음에, 상기 주제어계(22)는 실제 노광시퀀스(101)를 실행한다. 스텝 108에서는, 상기 주제어계(22)가 웨이퍼의 제 1 쇼트의 노광처리를 개시한다. 스텝 109에서는, 상기 주제어계(22)가 발진조건설정을 행한다. 상기 주제어계(22)는 웨이퍼에 설정된 노광량 등에 따라서 스테이지의 스캔속도, 광원의 발진주파수(파장), 발광펄스의 타겟에너지레벨, 및 발광펄스의 수를 산출한다. 각각의 설정치의 산출을 완료한 후, 상기 주제어계(22)는 스테이지 구동제어계(20), 노광량제어부(21), 및 레이저제어계(23)에 제어 파라미터를 설정한다. 파장의 설정값은 노광파장지령치(λ_{set})로부터 전처리 시퀀스(100)에서 계측된 차분(λ_{diff})을 감산함으로써 얻을 수 있다.
- <59> 스텝 110에서는, 상기 주제어계(22)가 노광제어 처리를 실시한다. 노광제어처리는 스텝 103의 처리와 마찬가지로, 제 1 광전변환장치(6)에 의해 레이저(1)로부터 방출된 광에너지의 검출 및 다음의 발광펄스를 위한 타겟에너지 레벨의 연산을 포함하고 있다.
- <60> 스텝 111에서는, 주제어계(22)는 연산된 타겟에너지 지령치에 따라 광원에 의해 광을 발광시킨다. 스텝 112에서는, 상기 주제어계(22)가 광원(1)의 광품위를 확인한다. 즉, 발광한 펄스마다 광원(2)의 광품위(광원의 파장이나 선폭(스펙트럼폭)의 안정성)을 모니터 한다. 도 1에 도시된 예에 의하면, 상기 주제어계(22)는 레이저(1)의 발광펄스마다 광의 중심파장, 선폭(예를 들면, FWHM)을 모니터한다. 노광광원(2)의 광품위가 소정의 요구되는 정밀도를 만족시키지 못하면, 노광장치(주제어계(22))에 의해 레이저제어계(23)에 광품위가 상기 요구 정밀도를 만족시키지 못한다는 것을 알린다.
- <61> 스텝 113에서는, 주제어계(22)가 발진(레이저 발광)을 종료하는지의 여부를 판정한다. 발진의 종료를 점검하기 위해서, 상기 주제어계(22)는 발진의 종료조건(예를 들면, 발광 펄스수, 발진한 에너지의 적산값)을 만족시키는지의 여부를 확인한다. 주제어계(22)가 상기 종료조건을 만족시킨다고 판정하는 경우(스텝 113에서 예)에는, 상기 처리 흐름은 다음의 스텝 114로 진행한다. 주제어계(22)가 상기 종료조건을 만족시키지 않는다고 판정하는 경우(스텝 113에서 아니오)에는, 상기 처리 흐름은 스텝 110에 돌아와 타겟에너지 레벨을 산출한다.
- <62> 스텝 114에서는, 주제어계(22)가 스텝 112에서 모니터된 광품위의 확인결과에 의거하여 광품위가 양호한지의 여부를 판정한다. 주제어계(22)가, 광품위가 노광성능을 보증할 수 없다고 판정하는 경우(스텝 114에서 아니오)에

는, 상기 처리는 예외로 종료한다. 주제어계(22)가, 광품위가 노광성능을 보증할 수 있다고 판정하는 경우(스텝 114에서 예)에는, 상기 주제어계(22)에 의해 다음의 쇼트의 노광을 개시하기 위해 다음의 쇼트의 발진조건의 설정을 실행한다. 이후, 웨이퍼의 전체 쇼트의 노광이 완료할 때까지, 스텝 109 내지 스텝 114의 처리를 반복적으로 실행한다.

<63> 상기와 같이, 광원으로부터 사출된 광이 복수의 파장을 포함하면, 전형적인 실시형태에서는 파장스펙트럼의 파장축방향의 대칭성이 어긋났을 경우에도, 실제 노광전에 파장 스펙트럼의 편차량을 계측하고, 상기 계측된 편차량에 의거하여 파장스펙트럼을 보정한다. 따라서, 전형적인 실시형태에서는 파장스펙트럼의 대칭성의 편차에 의한 디포커스의 영향을 억제하는 것이 가능해진다.

<64> 상술의 실시예에서는 전처리를 매 웨이퍼마다 실시하고, 또한 전처리에 있어서의 파장 지령치(λ set)는 실제 노광시의 파라미터에 의거하여 산출한다. 그러나, 전형적인 실시형태에서는 1 웨이퍼 카셋트마다, 1 로트마다, 또는, 노광 파라미터나 실제 노광작업시의 노광량 검출치가 소정량을 초과하는 경우, 또는 광원이나 투영광학계의 특성이나 안정도에 의거하여 전처리를 실시하여도 된다. 또한, 전처리에 있어서의 파장지령치(λ set)는 직전의 실제 노광시의 값, 또는 다른 값으로부터 얻을 수도 있다.

<65> 상술의 노광장치를 사용한 미소 디바이스(반도체칩(예를 들면, IC나 LSI), 액정 패널, CCD, 박막자기헤드, 마이크로 머신 등)의 제조 프로세스를 이하에 설명한다.

<66> 도 8은 반도체 디바이스의 전형적인 제조 프로세스를 설명하는 흐름도이다. 스텝 S1은 반도체 디바이스의 회로를 설계하는 회로설계 공정이다. 스텝 S2는 설계한 패턴을 형성한 마스크를 제작하는 마스크(원판 또는 레티클이라고도 함)제작공정이다. 스텝 S3은 실리콘 또는 동등한 재료로부터 웨이퍼(기판이라고도 함)를 제조하는 웨이퍼제조공정이다. 스텝 S4는 상기 준비된 마스크와 노광장치를 사용하여 리소그래피 기술에 의해 웨이퍼 상에 실제의 회로를 형성하는 (전공정으로 부르는) 웨이퍼 프로세스이다.

<67> 스텝 S5는 스텝 S4에서 제작된 웨이퍼를 사용하여 반도체 칩을 형성하는 (후공정으로 부르는) 조립공정이다. 후공정은 어셈블리 공정(다이싱, 본딩), 패키징 공정(칩 밀봉)을 포함한다. 스텝 S6은 스텝 S5에서 제작된 반도체 디바이스를 검사하는 검사공정이다. 상기 검사는 동작확인 테스트 및 내구성 테스트를 포함한다. 스텝 S7은 상기 공정을 거쳐서 완성된 반도체 디바이스를 출하하는 출하공정이다.

<68> 상기 스텝 S4의 웨이퍼 프로세스는 웨이퍼의 표면을 산화시키는 산화 스텝, 웨이퍼 표면에 절연막을 형성하는 화학적 증착(CVD) 스텝, 및 웨이퍼 상에 전극을 증에 의해 형성하는 전극형성스텝을 가진다.

<69> 또한, 웨이퍼프로세스는 웨이퍼에 이온을 주입하는 이온주입 스텝, 웨이퍼에 감광제를 도포하는 레지스트처리 스텝, 및 상기의 노광장치를 사용하여 회로패턴을 가지는 마스크에 의해 레지스트처리 스텝이 행해진 웨이퍼를 노광하는 노광스텝을 가진다.

<70> 또한, 상기 웨이퍼프로세스는 상기 노광스텝에서 노광된 웨이퍼를 현상하는 현상스텝, 현상스텝에서 현상된 레지스터상 이외의 부분을 절단하는 에칭스텝, 및 에칭스텝이 완료된 후 불필요하게 잔류하는 레지스트를 제거하는 레지스트박리 스텝을 가진다. 상기 스텝을 반복하는 처리에 의해, 웨이퍼 상에 다중 회로패턴을 형성할 수 있다.

<71> 따라서, 상기 전형적인 실시형태에서는 파장스펙트럼의 비대칭에 의한 디포커스를 저감시킬 수 있다.

<72> 본 발명은 전형적인 실시형태에 대해서 설명하였지만, 본 발명은 상기 개시된 전형적인 실시형태에 한정되지 않는 것으로 이해되어야 한다. 다음의 특허청구범위는 이러한 모든 변경 및 등가의 구성 및 기능을 망라하도록 가장 넓게 해석되어야 한다.

도면의 간단한 설명

<73> 도 1은 본 발명의 전형적인 실시예에 의한 노광장치의 개략 구성도;

도 2는 도 1에 도시된 노광장치에 의해 수행되는 웨이퍼의 노광시퀀스를 나타내는 흐름도;

<75> 도 3은 본 발명의 전형적인 실시예에 의해 정의된 중심파장과 함께 복수의 파장을 가진 광의 적산된 파장스펙트럼을 나타낸 도면;

도 4는 복수의 파장을 가진 광의 적산된 파장 스펙트럼을 나타낸 도면;

<77> 도 5는 복수의 파장을 가진 광을 사용한 노광시의 파장스펙트럼도;

<78> 도 6은 엑시머 레이저의 전형적인 구성도;

<79> 도 7은 복수의 파장을 가진 광의 적산된 파장스펙트럼이, 비대칭인 에너지 강도분포를 나타내는 도면;

<80> 도 8은 디바이스의 제조 프로세스의 예를 나타내는 흐름도.

<81> [도면의 주요부분에 대한 부호의 설명]

<82> 1: 광원(레이저) 2: 빔정형광학계

<83> 3: 옵티컬 인터그레이터 4: 조리개터릿

<84> 5: 하프미러 6: 제 1 광전변환장치

<85> 7, 10: 콘덴서 렌즈 8: 블라인드

<86> 9: 슬릿 11: 미러

<87> 13: 레티클(원판) 14: 레티클스테이지

<88> 15: 투영광학계 16: 포커스검출계

<89> 17: 웨이퍼스테이지 18: 웨이퍼(기판)

<90> 19: 제 2 광전변환장치 20: 스테이지 구동제어계

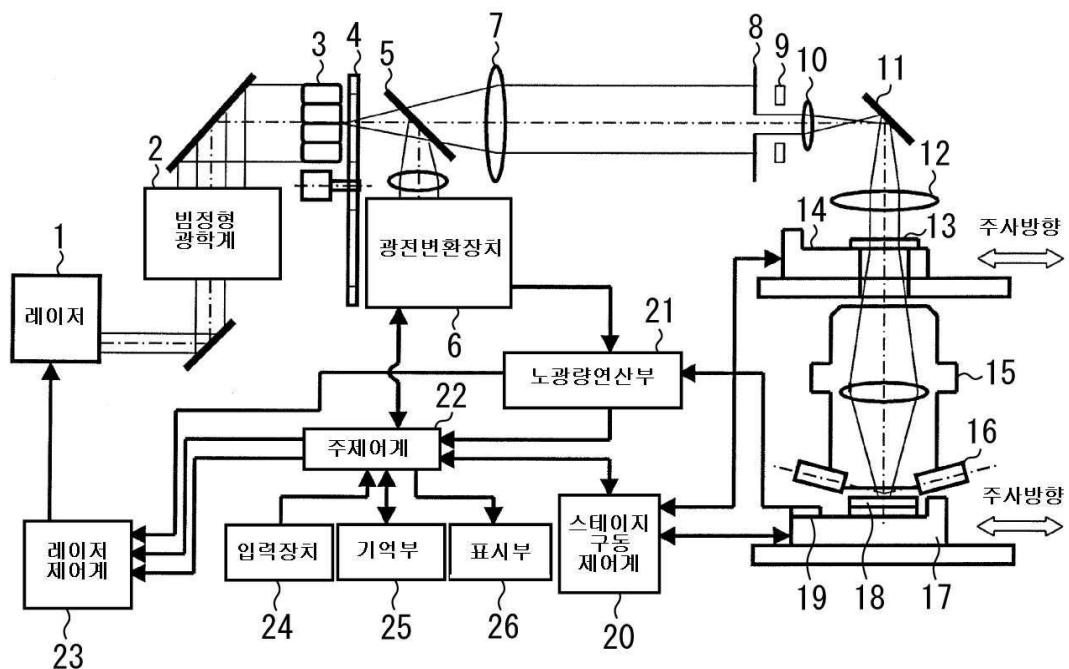
<91> 21: 노광 연산기 22: 주제어계

<92> 23: 레이저제어계 24: 입력장치

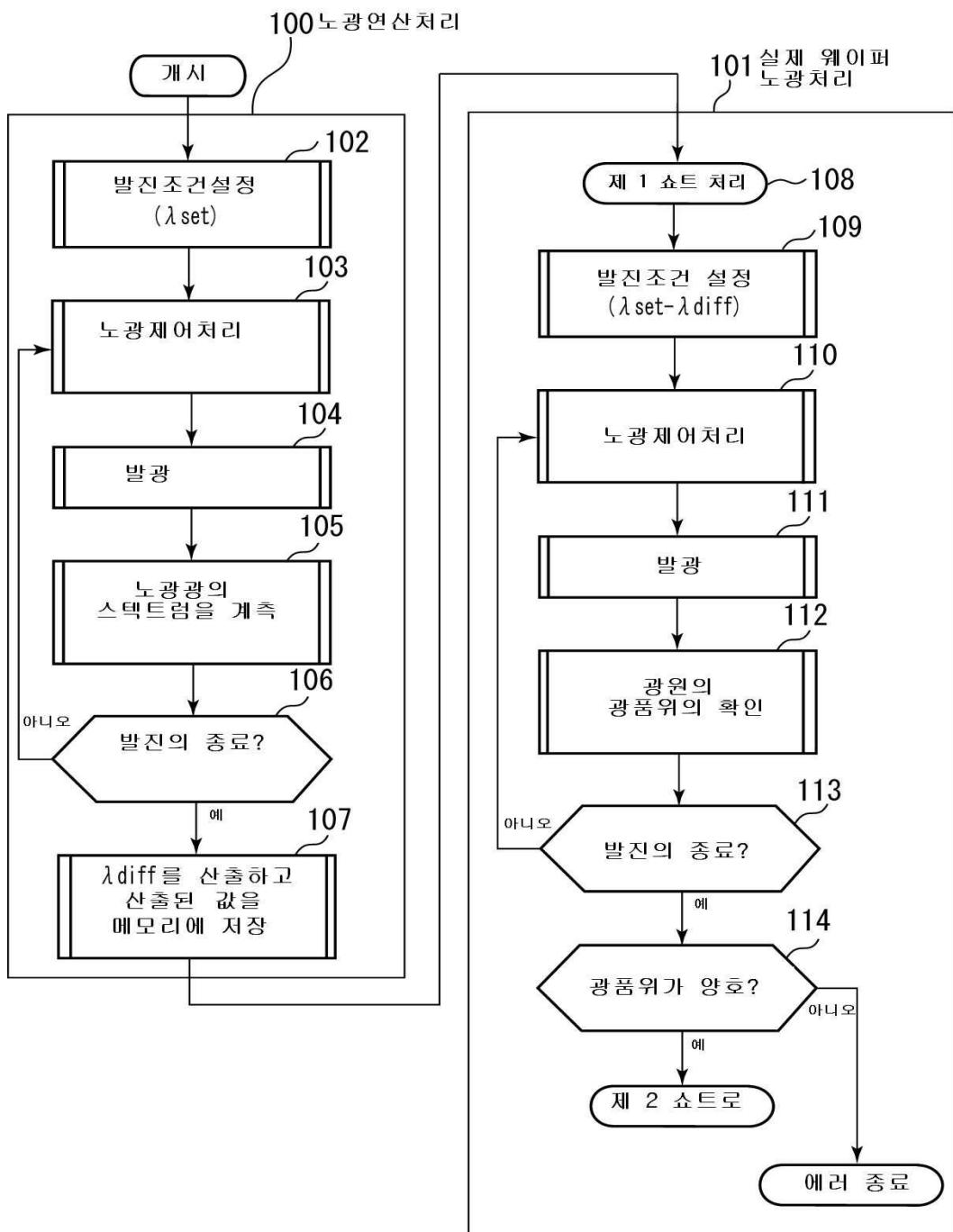
<93> 25: 기억부 26: 표시부

도면

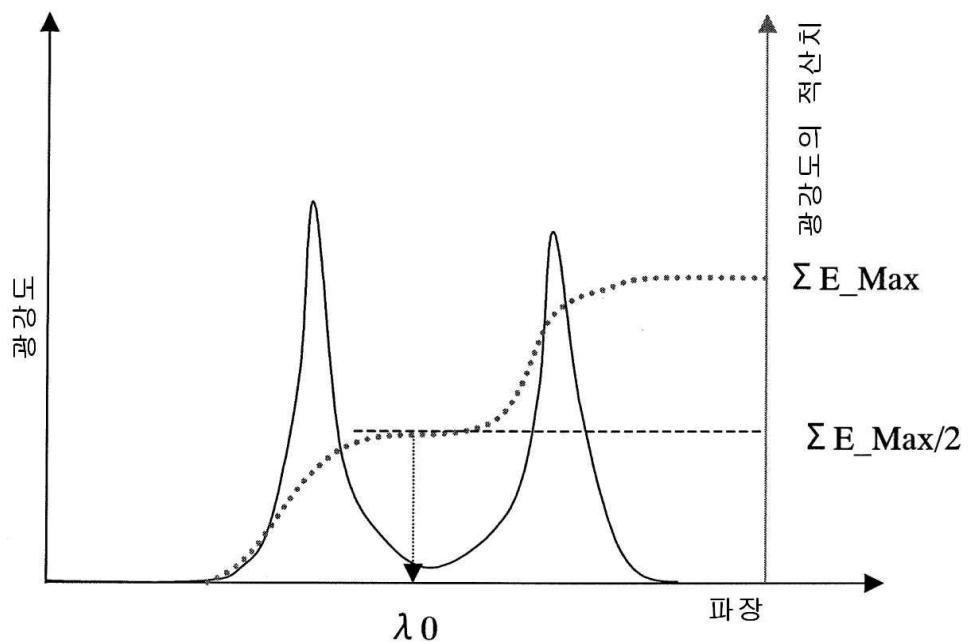
도면1



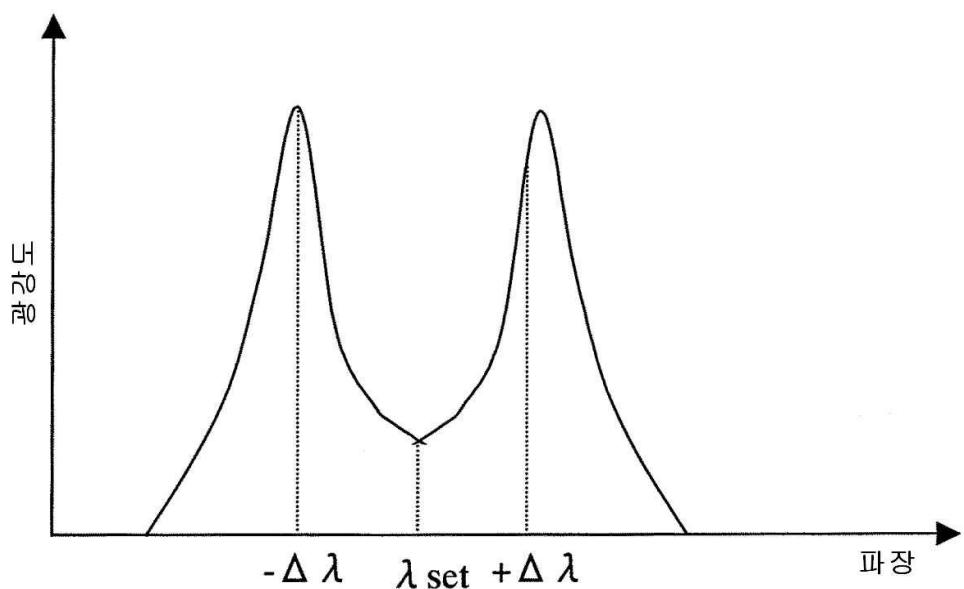
도면2



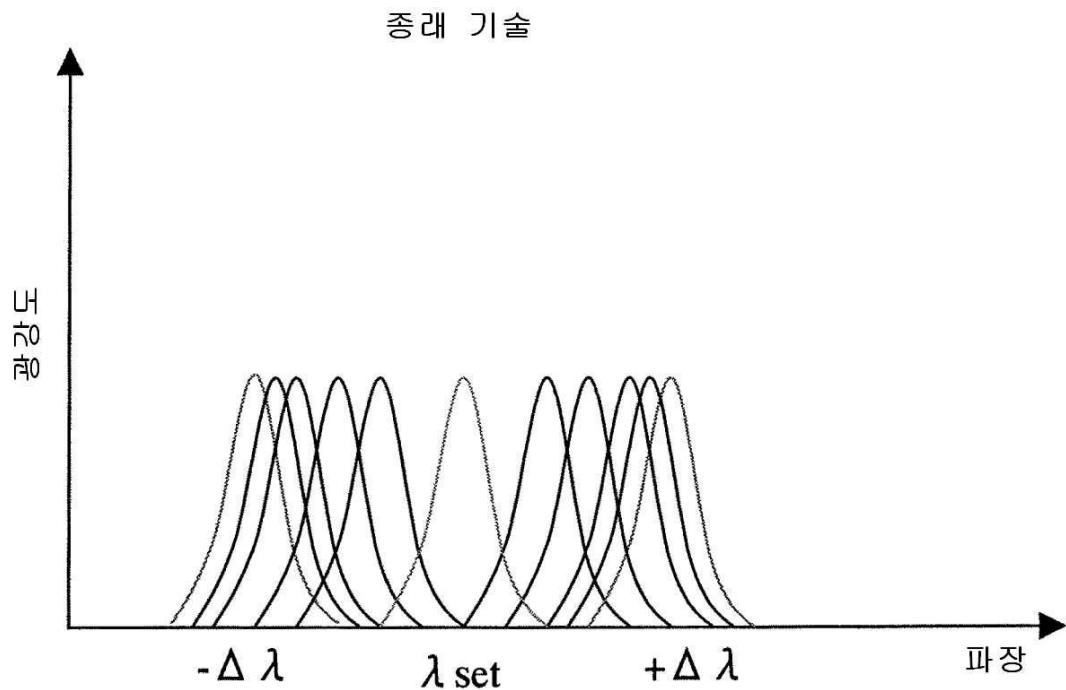
도면3



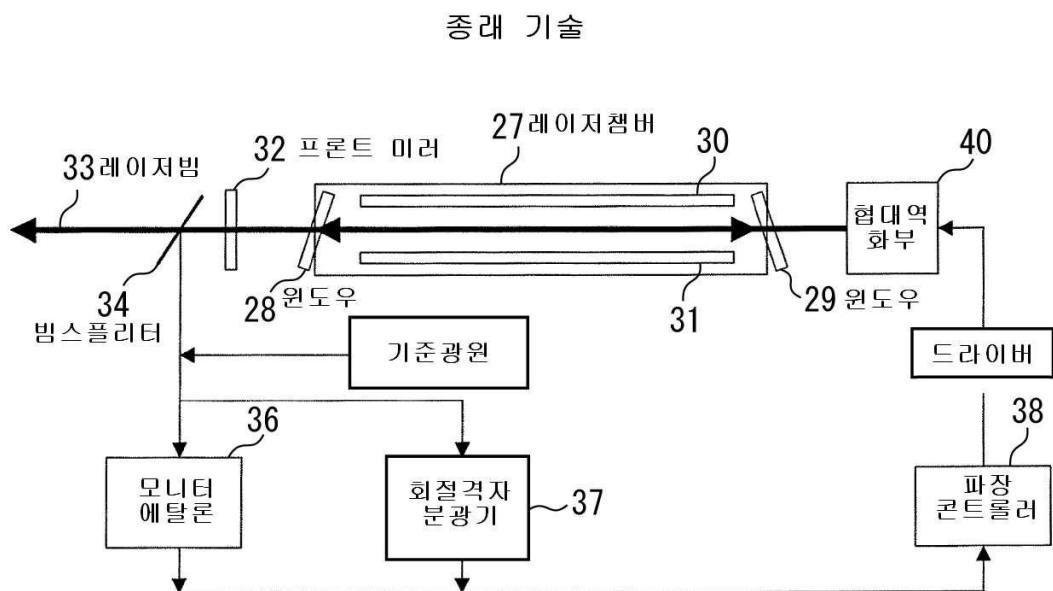
도면4



도면5

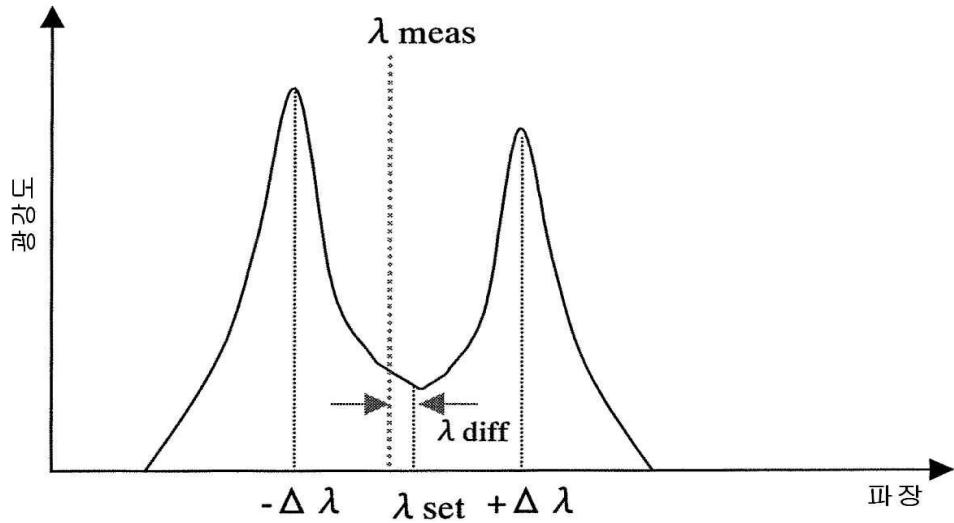


도면6



도면7

종래 기술



도면8

