



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2017년07월06일
(11) 등록번호 10-1753355
(24) 등록일자 2017년06월27일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
G03F 7/20 (2006.01)
(52) CPC특허분류
G03F 7/70408 (2013.01)
G03F 7/2053 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2016-0092245
(22) 출원일자 2016년07월20일
심사청구일자 2016년07월20일
(56) 선행기술조사문헌
KR101499122 B1
JP2012526373 A
KR101105670 B1
KR101229786 B1

(73) 특허권자
서울대학교산학협력단
서울특별시 관악구 관악로 1 (신림동)
고려대학교 산학협력단
서울특별시 성북구 안암로 145, 고려대학교 (안암동5가)
(72) 발명자
전현수
경기도 군포시 고산로539번길 7-12, 941동 901호 (산본동, 묘향롯데아파트)
김한빛
서울특별시 관악구 인현11길 16, 302호(봉천동, 도담빌)
(뒷면에 계속)
(74) 대리인
리앤목특허법인

전체 청구항 수 : 총 10 항

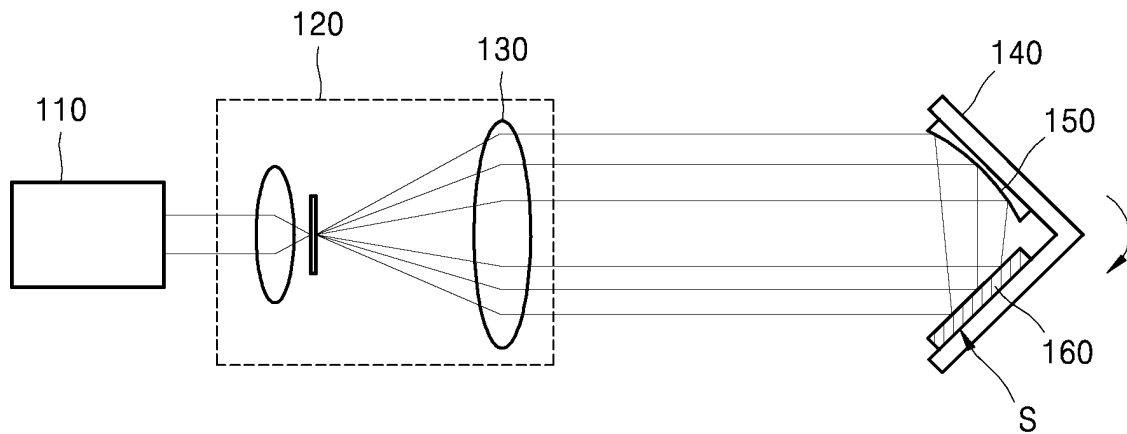
심사관 : 광중환

(54) 발명의 명칭 레이저 홀로그래픽 리소그래피 장치 및 패턴 제조 방법

(57) 요약

본 발명은 레이저 홀로그래픽 리소그래피 장치 및 그를 사용한 패턴 제조 방법에 관한 것으로서, 보다 상세하게는, 본 발명에 의한 레이저 홀로그래픽 리소그래피 장치 및 그를 이용한 패턴 제조 방법에 의하면 오목 거울을 구비함으로써 점진적으로 주기가 변하는 회절격자 패턴 구조를 제조할 수 있다.

대표도 - 도3



(52) CPC특허분류

G03F 7/70025 (2013.01)

G03F 7/70191 (2013.01)

G03F 7/70233 (2013.01)

G03F 7/70283 (2013.01)

G03F 7/70316 (2013.01)

G03F 7/70716 (2013.01)

(72) 발명자

정현호

부산광역시 서구 대티로 159, 101동 1005호(서대신
동3가, 협성르네상스아파트)

이규백

서울특별시 성북구 성북로4길 52, 207동 1101호(돈
암동, 한신한진아파트)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 10041924

부처명 산업통상자원부

연구관리전문기관 나노융합산업연구조합

연구사업명 산업융합원천기술개발사업

연구과제명 복합구배(나노구조구배-농도구배) 기술을 이용한 줄기세포 최적 배양조건 초고속 자동 스
크리닝 시스템 시제품 개발

기 여 율 1/1

주관기관 나노바이오시스(주)

연구기간 2012.06.01 ~ 2015.05.31

공지예외적용 : 있음

명세서

청구범위

청구항 1

레이저 광원;

상기 레이저 광원에서 생성된 레이저 광의 노이즈를 제거하고 광 사이즈를 확장시키는 필터부;

상기 필터부를 통과한 레이저 광이 입사되는 스테이지;를 포함하며,

상기 스테이지는,

웨이퍼를 고정시키는 웨이퍼 홀더, 및 반사 거울을 구비하며, 상기 웨이퍼 홀더와 상기 반사 거울은 서로 소정의 사이각을 가지며 대면하고,

상기 웨이퍼 홀더 상의 웨이퍼에는 상기 레이저 광 중 적어도 일부가 제1 입사각을 갖는 제1 입사광으로 입사되며,

상기 반사 거울은 상기 레이저 광 중 적어도 일부를 반사시켜서 반사광을 생성하며, 상기 반사광이 상기 웨이퍼 홀더 상의 웨이퍼에 제2 입사각을 갖는 제2 입사광으로 입사되도록 하되,

상기 반사 거울의 반사면은 소정의 곡면으로 구성되어, 상기 제2 입사각이 각각 서로 상이한 크기를 가져서 상기 웨이퍼에 형성된 회절격자의 주기가 위치에 따라서 가변하는 레이저 홀로그래픽 리소그래피 장치.

청구항 2

청구항 1에 있어서,

상기 제2 입사각은 일 방향으로 증가하거나 감소하는 레이저 홀로그래픽 리소그래피 장치.

청구항 3

청구항 1에 있어서,

상기 반사 거울은 소정의 곡률 반경 및 곡률 중심을 갖는 오목 거울로 구성되는 레이저 홀로그래픽 리소그래피 장치.

청구항 4

청구항 1에 있어서,

상기 스테이지는 서로 사이각을 가지며 대면하는 2 개의 고정면을 갖되,

상기 웨이퍼 홀더와 상기 반사 거울은 상기 각각의 고정면 상에 배치되어 상기 웨이퍼 홀더와 상기 반사 거울의 사이각이 직각으로 구성되며,

상기 반사 거울은 상기 제1 입사각의 크기와 상기 제2 입사각의 크기가 같아지는 위치인 반사 중심을 갖고,

상기 반사 거울의 반사 중심과 곡률 중심 사이를 직선 연결하는 라인을 기준 라인이라고 하고,

상기 반사 거울의 곡률 중심과 상기 곡면 거울 상의 소정의 제1 반사 지점을 직선 연결하는 라인을 제1 라인이라 하며,

상기 레이저 광이 상기 제1 반사 지점에서 반사되어 생성된 반사광이 상기 웨이퍼 홀더에 고정된 웨이퍼에 도달하는 지점을 제1 간섭 지점이라고 하되,

상기 기준 라인과 제1 라인 사이의 사이각을 매개 변수로 하여, 상기 제1 간섭 지점의 위치와 상기 제1 간섭 지점에서 생성되는 회절격자의 주기를 결정하는 레이저 홀로그래픽 리소그래피 장치.

청구항 5

청구항 4에 있어서,

제1 간섭 지점에서의 회절격자의 주기는,

하기 식 1 에 따라서 결정되는 레이저 홀로그래픽 리소그래피 장치.

$$\Lambda(\varphi) = \frac{\lambda}{\sin \theta_1 + \sin \theta_2} = \frac{\lambda}{\sin \theta_1 + \sin(\theta_1 - 2\varphi)}$$

(식 1)

($\Lambda(\varphi)$: 제1 간섭 지점에서 회절격자의 주기

θ_1 : 제1 입사광의 입사각,

θ_2 : 제2 입사광의 입사각,

φ : 기준 라인과 제1 라인 사이의 사이각,

λ : 레이저 광의 파장)

청구항 6

청구항 4에 있어서,

상기 반사 거울은 소정의 곡률 반경 및 곡률 중심을 갖는 오목 거울로 구성되며,

상기 제1 간섭 지점의 위치는 하기 식 2 에 따라서 결정되는 레이저 홀로그래픽 리소그래피 장치.

$$y(\varphi) = (R \sin \varphi + x_0) \tan(\theta_1 - 2\varphi) - x_0 \tan \theta_1 + R(1 - \cos \varphi)$$

(식 2)

(x_0 : 스테이지 고정면과 고정면이 서로 직교하는 단부 지점에서 오목 거울의 반사 중심까지의 거리,

y : 오목 거울의 반사 중심에서 반사된 반사광이 입사하는 지점과 제1 간섭 지점 사이의 거리,

R : 오목 거울의 곡률 반경

θ_1 : 제1 입사광의 입사각,

φ : 기준 라인과 제1 라인 사이의 사이각)

청구항 7

레이저 광원;

상기 레이저 광원으로부터 입사된 레이저 광의 노이즈를 제거하고 광 사이즈를 확장시키는 필터부;

상기 레이저 광이 입사되는 스테이지;를 포함하며,

상기 스테이지는,

서로 사이각을 갖는 2 개의 고정면, 웨이퍼를 고정시키는 웨이퍼 홀더, 및 반사 거울을 구비하며, 상기 웨이퍼

홀더와 상기 반사 거울은 상기 각각의 고정면 상의 서로 대면하는 면 상에 배치되어 상기 상기 웨이퍼 홀더와 상기 반사 거울의 사이각이 직각으로 구성되며,

상기 웨이퍼 홀더 상의 웨이퍼에는 상기 레이저 광 중 적어도 일부가 제1 입사각을 갖는 제1 입사광으로 입사되며, 상기 반사 거울은 상기 레이저 광 중 적어도 일부의 레이저 광을 반사시켜서 반사광을 생성하여 상기 반사광이 상기 웨이퍼 홀더 상의 웨이퍼에 제2 입사각을 갖는 제2 입사광으로 입사되도록 하되, 상기 반사 거울은 곡면 거울로 구성되어, 상기 제2 입사각이 각각 서로 상이한 크기를 갖는 레이저 홀로그래픽 리소그래피 장치를 이용한 패턴 제조 방법에 있어서,

- (a) 상기 제1 입사각의 크기, 상기 반사 거울의 곡률 반경 크기, 및 반사 중심의 위치를 설정하는 단계;
- (b) 상기 반사 거울의 반사 중심과 곡률 중심 사이를 직선 연결하는 기준 라인을 구하는 단계;
- (c) 상기 반사 거울의 곡률 중심과 상기 반사 거울의 소정의 제1 반사 지점을 직선 연결하는 제1 라인을 구하는 단계;
- (d) 상기 기준 라인과 상기 제1 라인 사이의 사이각인 제1 중심각을 구하는 단계;
- (e) 상기 제1 중심각을 매개변수로 하여, 상기 반사 거울에서 반사되는 레이저 광 중 상기 제1 반사 지점에서 반사되어 생성된 반사광이 상기 웨이퍼에 입사하는 제1 간섭 지점의 위치, 및 상기 제1 간섭 지점에서의 회절격자의 주기를 도출하는 단계; 를 포함하는 패턴 제조 방법.

청구항 8

제7항에 있어서,

상기 (e) 단계에서,

상기 제1 간섭 지점의 회절격자의 주기는 하기 식 1 에 의해서 결정되는 패턴 제조 방법.

$$\Lambda(\varphi) = \frac{\lambda}{\sin \theta_1 + \sin \theta_2} = \frac{\lambda}{\sin \theta_1 + \sin(\theta_1 - 2\varphi)}$$

(식 1)

($\Lambda(\varphi)$: 제1 간섭 지점에서 회절격자의 주기,

θ_1 : 제1 입사광의 입사각,

θ_2 : 제2 입사광의 입사각,

φ : 제1 중심각,

λ : 레이저 광의 파장)

청구항 9

제7항에 있어서,

상기 반사 거울은 소정의 곡률 반경 및 곡률 중심을 갖는 오목 거울로 구성되며,

상기 (e) 단계에서, 상기 제1 간섭 지점의 위치는 하기 식 2 에 의해서 결정되는 패턴 제조 방법.

$$y(\varphi) = (R \sin \varphi + x_0) \tan(\theta_1 - 2\varphi) - x_0 \tan \theta_1 + R(1 - \cos \varphi)$$

(식 2)

(x_0 : 스테이지 고정면과 고정면이 서로 마주하는 단부 지점에서 오목 거울의 중심까지의 거리 ,

y : 반사 거울의 반사 중심에서 반사된 반사광이 입사하는 지점과 제1 간섭 지점 사이의 거리

R : 오목 거울의 곡률 반경,

θ_1 : 제1 입사광의 입사각,

φ

: 제1 중심각)

청구항 10

제7항에 있어서,

(f) 상기 제1 입사각의 크기, 상기 반사 거울의 곡률 반경 크기, 및 반사 중심의 위치 중 적어도 하나를 재 설정하는 단계;를 더 포함하는 패턴 제조 방법.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 레이저 홀로그래픽 리소그래피 장치 및 그를 사용한 패턴 제조 방법에 관한 것으로서, 보다 상세하게는, 본 발명에 의한 레이저 홀로그래픽 리소그래피 장치 및 그를 이용한 패턴 제조 방법에 의하면 오목 거울을 구비함으로써 점진적으로 주기가 변하는 회절격자 패턴 구조를 제조할 수 있다.

배경 기술

[0002] 일반적으로 미세한 패턴을 형성하기 위해서 다양한 나노패턴 형성 방법이 사용되는데, 그 중에서 포토리소그래피(photolithography) 방법과 전자빔 리소그래피(e-beam lithography) 방법이 널리 사용된다.

[0003] 포토 리소그래피 방법은 일반적으로 원하는 패턴을 얻기 위해 마스크를 제작하고, 마스크를 통해 빛을 노광하여 감광제에 패턴을 전사하게 된다. 이 방법은 보통 최소-선폭이 수 마이크로미터(micrometer) 정도의 패턴을 형성할 수 있는데, 이보다 미세한 패턴을 형성하는 것은 마스크의 제작과 정렬의 어려움으로 많은 비용이 필요하다.

[0004] 전자빔 리소그래피 방법의 경우, 수 나노미터(nanometer) 선폭의 패턴을 마스크 없이 형성할 수 있지만, direct writing 방법의 공통적 한계인 상대적으로 긴 시간과 높은 비용이 소요되므로 넓은 면적에 패턴을 형성하기는 쉽지 않다.

[0005] 뿐만 아니라, 종래의 패턴 제조 방법 및 장치에 의하면 오로지 균일한 주기의 패턴만을 제조 가능한 불리점이 있었다.

선행기술문헌

특허문헌

[0006] (특허문헌 0001) 한국공개특허 제2006-0025890호

발명의 내용

해결하려는 과제

- [0007] 본 발명은 전술한 문제점을 해결하기 위해 안출된 것으로서, 본 발명은 기존의 포토 리소그래피 방법과 전자빔 리소그래피 방법 등의 단점을 보완하면서 미세 패턴을 형성하는 대안적인 방법의 하나이다.
- [0008] 본 발명의 목적은 하나의 기판 위에서 주기가 점진적으로 변하는 1차원 또는 2차원의 회절격자와 같은 구조를 효율적이며 정밀하게 제작하고자 하는 데 있다.
- [0009] 또한, 본 발명의 목적은 하나의 매개변수만으로 패턴의 위치와 패턴의 주기를 도출 가능하도록 함으로써 패턴 형성이 용이하도록 하는 데 있다.

과제의 해결 수단

- [0010] 상술한 목적을 달성하기 위하여, 본 발명에 따른 레이저 홀로그래픽 리소그래피 장치는,
- [0011] 레이저 광원;
- [0012] 상기 레이저 광원에서 생성된 레이저 광의 노이즈를 제거하고 광 사이즈를 확장시키는 필터부;
- [0013] 상기 필터부를 통과한 레이저 광이 입사되는 스테이지;를 포함하며,
- [0014] 상기 스테이지는,
- [0015] 웨이퍼를 고정시키는 웨이퍼 홀더, 및 반사 거울을 구비하며, 상기 웨이퍼 홀더와 상기 반사 거울은 서로 소정의 사이각을 가지며 대면하고,
- [0016] 상기 웨이퍼 홀더 상의 웨이퍼에는 상기 레이저 광 중 적어도 일부가 제1 입사각을 갖는 제1 입사광으로 입사되며,
- [0017] 상기 반사 거울은 상기 레이저 광 중 적어도 일부를 반사시켜서 반사광을 생성하며, 상기 반사광이 상기 웨이퍼 홀더 상의 웨이퍼에 제2 입사각을 갖는 제2 입사광으로 입사되도록 하되,
- [0018] 상기 반사 거울의 반사면은 소정의 곡면으로 구성되어, 상기 제2 입사각이 각각 서로 상이한 크기를 가져서 상기 웨이퍼에 형성된 회절격자의 주기가 위치에 따라서 가변한다.
- [0019] 바람직하게는, 상기 제2 입사각은 일 방향으로 증가하거나 감소한다.
- [0020] 바람직하게는, 상기 반사 거울은 소정의 곡률 반경 및 곡률 중심을 갖는 오목 거울로 구성된다.
- [0021] 바람직하게는, 상기 스테이지는 서로 사이각을 갖지며 대면하는 2 개의 고정면을 갖되,
- [0022] 상기 웨이퍼 홀더와 상기 반사 거울은 상기 각각의 고정면 상에 배치되어 상기 웨이퍼 홀더와 상기 반사 거울의 사이각이 직각으로 구성되며,
- [0023] 상기 반사 거울은 상기 제1 입사각의 크기와 상기 제2 입사각의 크기가 같아지는 위치인 반사 중심을 갖고,
- [0024] 상기 반사 거울의 중심과 곡률 중심 사이를 직선 연결하는 라인을 기준 라인이라고 하고,
- [0025] 상기 반사 거울의 곡률 중심과 상기 곡면 거울 상의 소정의 제1 반사 지점을 직선 연결하는 라인을 제1 라인이라 하며,
- [0026] 상기 레이저 광이 상기 제1 반사 지점에서 반사되어 생성된 반사광이 상기 웨이퍼 홀더에 고정된 웨이퍼에 도달하는 지점을 제1 간섭 지점이라고 하되,
- [0027] 상기 기준 라인과 제1 라인 사이의 사이각을 매개 변수로 하여, 상기 제1 간섭 지점의 위치와 상기 제1 간섭 지점에서 생성되는 회절격자의 주기를 결정한다.
- [0028] 바람직하게는, 제1 간섭 지점에서의 회절격자의 주기는,

[0029] 하기 식 1 에 따라서 결정된다.

$$\Lambda(\varphi) = \frac{\lambda}{\sin \theta_1 + \sin \theta_2} = \frac{\lambda}{\sin \theta_1 + \sin(\theta_1 - 2\varphi)}$$

[0030]

[0031] (식 1)

[0032] ($\Lambda(\varphi)$: 제1 간섭 지점에서 회절격자의 주기

[0033] θ_1 : 제1 입사광의 입사각,

[0034] θ_2 : 제2 입사광의 입사각,

[0035] φ : 기준 라인과 제1 라인 사이의 사이각,

[0036] λ : 레이저 광의 파장)

[0037] 바람직하게는, 상기 제1 간섭 지점의 위치는 하기 식 2 에 따라서 결정된다.

$$y(\varphi) = (R \sin \varphi + x_0) \tan(\theta_1 - 2\varphi) - x_0 \tan \theta_1 + R(1 - \cos \varphi)$$

[0038]

[0039] (식 2)

[0040] (x_0 : 스테이지 고정면과 고정면이 서로 직교하는 단부 지점에서 반사 거울의 반사 중심까지의 거리,

[0041] y : 반사 거울의 반사 중심에서 반사된 반사광이 입사하는 지점과 제1 간섭 지점 사이의 거리,

[0042] R : 반사 거울의 곡률 반경

[0043] θ_1 : 제1 입사광의 입사각,

[0044] θ_2 : 제2 입사광의 입사각,

[0045] φ : 기준 라인과 제1 라인 사이의 사이각)

[0046] 본 발명의 일 실시예에 따른 패턴 제조 방법은,

[0047] 레이저 광원;

[0048] 상기 레이저 광원으로부터 입사된 레이저 광의 노이즈를 제거하고 광 사이즈를 확장시키는 필터부;

[0049] 상기 레이저 광이 입사되는 스테이지;를 포함하며,

[0050] 상기 스테이지는,

[0051] 서로 사이각을 갖는 2 개의 고정면, 웨이퍼를 고정시키는 웨이퍼 홀더, 및 반사 거울을 구비하며, 상기 웨이퍼 홀더와 상기 반사 거울은 상기 각각의 고정면 상의 서로 대면하는 면 상에 배치되어 상기 상기 웨이퍼 홀더와 상기 반사 거울의 사이각이 직각으로 구성되며,

[0052] 상기 웨이퍼 홀더 상의 웨이퍼에는 상기 레이저 광 중 적어도 일부가 제1 입사각을 갖는 제1 입사광으로 입사되며, 상기 반사 거울은 상기 레이저 광 중 적어도 일부의 레이저 광을 반사시켜서 반사광을 생성하여 상기 반사광이 상기 웨이퍼 홀더 상의 웨이퍼에 제2 입사각을 갖는 제2 입사광으로 입사되도록 하되, 상기 반사 거울은 곡면 거울로 구성되어, 상기 제2 입사각이 각각 서로 상이한 크기를 갖는 레이저 홀로그래픽 리소그래피 장치를

이용한 패턴 제조 방법으로서,

(a) 상기 제1 입사각의 크기, 상기 반사 거울의 곡률 반경 크기, 및 반사 중심의 위치를 설정하는 단계;

(b) 상기 반사 거울의 반사 중심과 곡률 중심 사이를 직선 연결하는 기준 라인을 구하는 단계;

(c) 상기 반사 거울의 곡률 중심과 상기 반사 거울의 소정의 제1 반사 지점을 직선 연결하는 제1 라인을 구하는 단계;

(d) 상기 기준 라인과 상기 제1 라인 사이의 사이각인 제1 중심각을 구하는 단계;

(e) 상기 제1 중심각을 매개변수로 하여, 상기 반사 거울에서 반사되는 레이저 광 중 상기 제1 반사 지점에서 반사되어 생성된 반사광이 상기 웨이퍼에 입사하는 제1 간섭 지점의 위치, 및 상기 제1 간섭 지점에서의 회절격자의 주기를 도출하는 단계; 를 포함한다.

바람직하게는, 상기 (e) 단계에서,

상기 제1 간섭 지점의 회절격자의 주기는 하기 식 1 에 의해서 결정된다.

$$\Lambda(\varphi) = \frac{\lambda}{\sin \theta_1 + \sin \theta_2} = \frac{\lambda}{\sin \theta_1 + \sin(\theta_1 - 2\varphi)}$$

(식 1)

$\Lambda(\varphi)$: 제1 간섭 지점에서 회절격자의 주기,

θ_1 : 제1 입사광의 입사각,

θ_2 : 제2 입사광의 입사각,

φ : 제1 중심각,

λ : 레이저 광의 파장)

바람직하게는, 상기 (e) 단계에서, 상기 제1 간섭 지점의 위치는 하기 식 2 에 의해서 결정된다.

$$y(\varphi) = (R \sin \varphi + x_0) \tan(\theta_1 - 2\varphi) - x_0 \tan \theta_1 + R(1 - \cos \varphi)$$

(식 2)

(x_0 : 스테이지 고정면과 고정면이 서로 마주하는 단부 지점에서 오목 거울의 중심까지의 거리 ,

y : 반사 거울의 반사 중심에서 반사된 반사광이 입사하는 지점과 제1 간섭 지점 사이의 거리

R : 오목 거울의 곡률 반경,

θ_1 : 제1 입사광의 입사각,

θ_2 : 제2 입사광의 입사각,

φ : 제1 중심각)

바람직하게는, (f) 상기 제1 입사각의 크기, 상기 반사 거울의 곡률 반경 크기, 및 반사 중심의 위치 중 적어도

하나를 재 설정하는 단계;를 더 포함한다.

발명의 효과

- [0077] 본 발명은 종래의 레이저 홀로그래픽 리소그래피 방법의 장점, 즉 빠르게 대면적에 나노패턴을 형성할 수 있다는 점을 보존하면서도, 매우 주기적인 구조 이외에는 제작하기 어려운 단점을 보완할 수 있다. 즉, 특수 설계한 곡면 거울을 이용하여 대면적에 효율적으로 주기가 점진적으로 변화하는 특수한 형태의 패턴을 형성할 수 있다.
- [0078] 특히, 반사 거울의 곡률 반경, 중심주기, 웨이퍼의 각 지점의 회절격자 패턴의 주기 변화량의 관계가 정확하게 제시되어 있으므로, 의도하는 바에 따라서 정밀한 회절격자 패턴 구조가 제조될 수 있다.
- [0079] 또한, 하나의 매개변수만으로 회절격자의 위치 및 주기가 도출되므로, 패턴 구조의 형성이 매우 간편하게 이루어질 수 있으며, 곡면 거울의 설계를 통해 원하는 위치에 원하는 주기 변화를 갖는 패턴을 정확하게 제작할 수 있다.
- [0080] 본 발명과 같이, 동일 기판 상에 점진적 크기 변화를 가지는 서브마이크론 크기의 구조의 효율적인 제작은 일정한 주기를 가지는 구조가 제공해 줄 수 없는 다양한 연구 및 응용을 가능하게 해줄 수 있다. 이는 다양한 나노 표면에서의 역학적, 생물학적 특성 연구 등을 가능하게 할 것이며, 주기가 점진적으로 변화하는 광섬유 브래그 격자(chirped fiber Bragg grating)를 제작하여 분산 보상(dispersion compensation)을 구현하거나 미세한 가변 파장 광원 등의 제작을 통해 파장 분할 멀티플렉싱(WDM; wavelength division multiplexing) 등의 통신 분야에서도 응용이 가능할 것으로 예상된다.

도면의 간단한 설명

- [0081] 도 1 은 종래 기술에 따른 레이저 홀로그래픽 리소그래피 장치의 구조를 도시한 도면이다.
- 도 2 는 종래 기술에 따른 레이저 홀로그래픽 리소그래피 장치의 입사광 사이의 간섭을 나타낸 도면이다.
- 도 3 은 본 발명에 따른 레이저 홀로그래픽 리소그래피 장치의 구조를 도시한 도면이다.
- 도 4 는 본 발명에 따른 레이저 홀로그래픽 리소그래피 장치의 입사광 사이의 간섭을 나타낸 도면이다.
- 도 5 는 본 발명에 따른 레이저 홀로그래픽 리소그래피 장치의 웨이퍼 홀더에 입사하는 입사광을 확대 도시한 도면이다.
- 도 6a 는 본 발명에 따른 레이저 홀로그래픽 리소그래피 장치의 웨이퍼 홀더와 오목 거울의 각 위치를 나타낸 도면이다.
- 도 6b 는 제1 입사각과 제2 입사각, 및 제1 중심각의 관계를 나타낸 도면이다.
- 도 7 은 본 발명에 따른 레이저 홀로그래픽 리소그래피 장치의 오목 거울의 곡률 반경에 및 웨이퍼의 위치에 따른 회절격자의 주기 변화를 나타낸 도면이다.
- 도 8 은 본 발명에 따른 레이저 홀로그래픽 리소그래피 장치에서 오목 거울의 곡률 반경이 1150 mm 일 때 중심주기와 웨이퍼의 위치에 따른 주기 변화 범위를 나타낸 도면이다.
- 도 9 는 회절격자 샘플에 백색광을 조사한 결과를 비교한 도면이다.
- 도 10 은 본 발명에 따른 레이저 홀로그래픽 리소그래피 장치를 이용해 제조된 1 차원 회절격자 샘플의 위치에 따른 주사 전자 현미경 이미지를 나타낸 도면이다.
- 도 11 은 본 발명에 따른 레이저 홀로그래픽 리소그래피 장치를 이용해 제조된 2 차원 회절격자 샘플의 위치에 따른 주사 전자 현미경 이미지를 나타낸 도면이다.
- 도 12 는 이론적인 주기 변화 범위와 주사 전자 현미경 분석을 통한 주기 변화를 비교한 그래프이다.
- 도 13 은 측정 셋업의 예를 나타낸 도면이다.
- 도 14 는 도 13 에 따른 측정 결과를 나타낸 도면이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0082] 이하, 첨부된 도면을 참조하여, 본 발명에 따른 바람직한 실시예에 대하여 설명한다. 본 실시예는 제한적인 것

으로 의도된 것이 아니다.

- [0083] 도 1 은 종래 기술에 따른 레이저 홀로그래픽 리소그래피 장치의 구조를 도시한 도면이고, 도 2 는 종래 기술에 따른 레이저 홀로그래픽 리소그래피 장치의 입사광 사이의 간섭을 나타낸 도면이다.
- [0084] 아울러, 도 3 은 본 발명에 따른 레이저 홀로그래픽 리소그래피 장치의 구조를 도시한 도면이고, 도 4 는 본 발명에 따른 레이저 홀로그래픽 리소그래피 장치의 입사광 사이의 간섭을 나타낸 도면이며, 도 5 는 본 발명에 따른 레이저 홀로그래픽 리소그래피 장치의 웨이퍼 홀더(160)에 입사하는 입사광을 확대 도시한 도면이다.
- [0085] 먼저, 도 3 을 참조하여, 본 발명에 따른 레이저 홀로그래픽 리소그래피 장치를 설명하면, 본 발명에 따른 레이저 홀로그래픽 리소그래피 장치는, 레이저 광원(110), 필터부(120), 및 스테이지(140)를 포함하며, 상기 스테이지(140)에는 웨이퍼 홀더(160), 및 반사 거울(150)이 구비된다.
- [0086] 레이저 광원(110)은 소정의 파장을 가지며 소정의 모드를 갖는 레이저 광을 생성할 수 있다. 예컨대, 레이저 광원(110)은 발광 다이오드를 광원으로 사용할 수 있으며, 이에 한정하지 않는다. 또한, 일 예에 의하면, 레이저 광원(110)은, He-Cd 레이저 광원(110)을 포함할 수 있고, 이뿐만 아니라, Ar 등 gas laser, YAG:Nd와 같은 solid-state laser, GaN LED와 같은 반도체 레이저 등이 포함될 수 있다.
- [0087] 필터부(120)는 레이저 광원(110)에서 입사된 레이저 광의 노이즈를 제거하고, 레이저 광의 사이즈를 확장시키며 평행광을 생성할 수 있다. 이러한 필터부(120)는 예컨대 소정의 렌즈(130)와 편광을 포함하여 구성될 수 있으며, 높은 공간-주파수 영역의 노이즈를 제거할 수 있다. 또한, 레이저 광의 사이즈를 확장시키는데, 이러한 레이저 광의 사이즈는 광원의 특성과 렌즈의 배율과 편광의 크기, 광이 진행한 거리 등에 의해서 결정될 수 있다. 이러한 광의 사이즈는 한번에 노광할 수 있는 샘플의 크기를 결정하는 데 중요한 요소로 작용할 수 있다. 필터부(120)를 통과한 레이저 광은 소정의 평행광으로 이루어질 수 있다.
- [0088] 스테이지(140)는 회전이 가능하며, 웨이퍼를 고정시키는 웨이퍼 홀더(160)와 반사 거울(150)을 구비할 수 있다.
- [0089] 상기 웨이퍼 홀더(160)와 반사 거울(150)은 서로 소정의 사이각을 가지며 대면한다. 이때, 스테이지(140)는 서로 직교하게 배치되며 대면하는 2 개의 고정면(142, 144)을 구비하고, 상기 웨이퍼 홀더(160)와 반사 거울(150)은 상기 2 개의 고정면(142, 144) 상에 각각 배치될 수 있다. 따라서, 상기 웨이퍼 홀더(160)와 반사 거울(150) 사이의 사이각은 서로 직각으로 구성될 수 있다.
- [0090] 상기 웨이퍼 홀더(160)에 고정된 웨이퍼에는 상기 필터부(120)를 통과한 레이저 광 중 적어도 일부가 입사된다. 여기서, 적어도 일부의 레이저 광은 상기 웨이퍼 상에 직접 입사되며, 적어도 일부의 레이저 광은 상기 반사 거울(150)에서 반사된 반사광 형태로 상기 웨이퍼에 입사될 수 있다. 여기서, 상기 웨이퍼 상에 직접 입사된 광을 제1 입사광(B)이라 하고, 상기 반사 거울(150)에서 반사되어 입사된 광을 제2 입사광(A)이라 할 때, 웨이퍼의 일 지점에 입사한 상기 제1 입사광(B)과 제2 입사광(A)에 의해 발생한 간섭 효과에 의해서 상기 웨이퍼 상에 간섭무늬가 형성되어, 상기 웨이퍼 상에 회절격자 구조가 형성될 수 있다.
- [0091] 이때, 상기 반사 거울(150)은 소정의 곡률 반경과 곡률 중심을 갖는 곡면 거울로 구성되어, 웨이퍼에 입사한 제2 입사광(A)이 각각 서로 상이한 제2 입사각을 가지며 웨이퍼에 입사되도록 할 수 있다. 즉, 제1 입사광(B)은 평행광 형태를 가지며 웨이퍼에 입사하므로 제1 입사광(B)의 제1 입사각(θ_1)은 모두 동일한 반면에, 제2 입사광(A)은 곡면 거울 구조의 반사 거울(150)에서 반사된 후 웨이퍼에 입사되므로, 서로 상이한 크기를 갖는 제2 입사각(θ_2)을 가질 수 있게 된다.
- [0092] 이때, 상기 반사 거울(150)은 오목 거울, 또는 볼록 거울로 구성될 수 있다. 따라서, 상기 웨이퍼에 생성된 간섭무늬의 주기가 가변되도록 할 수 있다. 이때, 바람직하게는 상기 입사각이 일 방향으로 점진적으로 증가하거나, 또는 감소하도록 구성되어, 상기 간섭무늬의 주기 또한 일 방향으로 점진적으로 증가하거나, 또는 감소하도록 할 수 있다. 물론, 이에 반드시 한정하는 것은 아니다.
- [0093] 이에 대한 원리를 설명하면 아래와 같다.
- [0094] 도 1, 도 2 를 참조하여, 본 발명과 유사한 구조를 가져서 레이저 광원(10), 필터부(20), 스테이지(40), 반사 거울(50), 웨이퍼 홀더(60)을 갖되, 평면 반사 거울(50)이 사용되는 일반적인 레이저 홀로그래픽 리소그래피를 상정하면, 필터부(20)를 통과하여 웨이퍼에 입사한 제1 입사광(A)과, 평면 반사 거울(50)에서 반사되어 웨이퍼에 입사한 제2 입사광(B)이 존재하며, 제1 입사광(A)과 제2 입사광(B) 사이에 각도가 존재하고 웨이퍼에 두 빛의 위치에 따른 경로차에 의한 간섭무늬가 발생한다. 이때, 제1 입사광(A)과 제2 입사광(B)의 입사는 도 2 와

같은 형태로 이루어진다.

[0095] 레이저 광의 파장을 λ , 웨이퍼에 바로 입사하는 제1 입사광(A)의 입사각을 θ_1 , 평면 반사 거울(150)에서 반사하여 웨이퍼에 입사하는 제2 입사광(B)의 입사각을 θ_2 라고 하고, I_1 , I_2 는 각각 제1 입사광(A)과 제2 입사광(B)의 세기라 하면 이로 인해 발생하는 빛의 세기 I 는 아래 식 0-1 와 같이 나타낼 수 있다.

$$I = I_1 + I_2 + 2\sqrt{I_1 I_2} \cos\left\{\frac{2\pi}{\lambda} x (\sin \theta_1 + \sin \theta_2)\right\}$$

[0096]

[0097] (식 0-1)

[0098] 또한, 간섭무늬의 주기(Λ)를 아래 식 0-2 와 같이 나타낼 수 있다. 식 0-2 에 따르면, 간섭광에 의해 형성되는 패턴의 주기는 웨이퍼에 입사하는 제1 입사광(A)과 제2 입사광(B)의 입사각 및 광의 파장에 의해서 결정됨을 확인할 수 있다.

$$\Lambda = \lambda / (\sin \theta_1 + \sin \theta_2)$$

[0099]

[0100] (식 0-2)

[0101] 상기와 같은 구성의 레이저 홀로그래픽 리소그래피에서는 주로 로이드 거울 구성(Lloyd's mirror configuration)이 사용되며, 평면 거울의 구조를 갖는 반사 거울(150)에 반사하여 웨이퍼에 입사하는 제2 입사광(B)과 바로 입사하는 제1 입사광(A)의 입사각이 동일하게 유지되게 때문에($\theta_1 = \theta_2$), 균일한 주기의 회절격자만이 제작될 수 있다. 또한, 스테이지의 구성에 따라서 비록 제1 입사각(θ_1)과 제2 입사각(θ_2)이 서로 상이하더라도, 상기 반사 거울(150)은 평면 거울 구조를 가지므로, 제2 입사광(B)의 제2 입사각(θ_2) 자체는 모두 동일한 크기를 가지므로 균일한 주기의 회절격자만이 제작될 수 있다.

[0102] 반면에, 본 발명과 같이 반사 거울(150)이 곡면 거울 구조를 가질 경우, 점진적으로 주기가 변화하는 회절격자 패턴을 제작할 수 있다. 이는, 반사 거울(150)에서 반사되어 웨이퍼에 입사하는 제2 입사광(B)의 제2 입사각(θ_2)이 웨이퍼 상의 입사 위치에 따라서 서로 상이하기 때문이다. 예컨대, 도 4 및 도 5 와 같이, 곡면 거울(140)을 통해 반사되어 웨이퍼에 입사하는 제2 입사광(B)의 제2 입사각(θ_2)이 웨이퍼의 위치(P1, P2, P3)에 따라서 각각 상이한 값(θ_{2-1} , θ_{2-2} , θ_{2-3})을 갖게 이루어짐으로써, 제작하고자 하는 회절격자의 주기의 점진적인 변화를 달성할 수 있다.

[0103] 본 발명에서, 도 6a 를 참조하여, 곡면 거울(140)의 곡률 반경과 웨이퍼의 위치에 따른 웨이퍼 상의 회절격자의 주기 변화를 설명하면 아래와 같다. 이하에서는, 반사 거울(150)이 곡면 거울 구조를 갖되, 오목 거울 구조를 갖는 실시 형태에 대해서 설명한다.

[0104] 먼저, 반사 거울(150)의 곡률 중심을 RC, 곡률 반경을 R 이라 하고, 스테이지(140) 고정면(142)과 고정면(144)이 서로 마주하는 단부 지점(P)에서 곡면 거울(140)의 반사 중심(M1)까지의 거리를 x_0 라고 한다.

[0105] 여기서, 반사 중심(M1)이라 함은, 제1 입사광(A)의 제1 입사각과 제2 입사광(B)의 제2 입사각의 크기가 같아지는($\theta_1 = \theta_2$) 곡면 거울(140) 상의 위치이다. 즉, 반사 중심(M1)에서 거울의 접면은 웨이퍼의 입사면과 직교하는 것으로 이해될 수 있다.

[0106] 이어서, 상기 반사 거울(150)의 반사 중심(M1)에서 반사된 제2 입사광(B)이 웨이퍼에 입사하는 위치(N1)와 스테이지(140)의 고정면(142)과 고정면(144)이 서로 마주하는 단부 지점(P) 사이의 거리를 y_0 라고 한다.

[0107] 이어서, 곡면 거울(140)의 중심(M1)과 곡면 거울(140) 상의 소정의 제1 반사 지점(M2) 사이의 거리를 x 라고 한다. 즉, $x = M2 - M1$ 의 관계를 갖는다.

[0108] 이어서, 레이저 광이 곡면 거울(140)의 반사 중심(M1)에서 반사되어 웨이퍼에 입사하는 위치(N1)와, 레이저 광이 상기 곡면 거울(140) 상의 소정의 제1 반사 지점(M2)에서 반사되어 웨이퍼에 입사하는 위치인 제1 간섭 지점(N2) 사이의 거리를 y 라고 한다. 즉, $y = N2-N1$ 의 관계를 갖는다.

[0109] 또한, 곡면 거울(140)의 곡률 중심(RC)과 상기 곡면 거울(140)의 중심(M1)를 직선으로 이은 선을 기준 라인(L1)이라고 하고, 곡면 거울(140)의 곡률 중심(RC)과 상기 임의의 제1 반사 지점(M2)을 직선으로 이은 선을 제1

라인(L2)이라고 할 때, 기준 라인(L1)과 제1 라인(L2)이 형성하는 각도인 제1 중심각 φ 을 구한다.

[0110] 웨이퍼에 바로 입사하는 제1 입사광(A)의 입사각을 θ_1 이라 하고, 곡면 거울(140)에서 반사하여 웨이퍼에 입사

하는 제2 입사광(B)의 입사각을 θ_2 라고 하였을 때, 상기 제1 중심각 φ 을 매개변수로 하여 회절격자의

주기($\Lambda(\varphi)$)를 아래 식 1 과 같이 나타낼 수 있다. 식 1 은 곡면 거울(140)이 오목 거울로 구성되거나, 볼록 거울로 구성되는 경우 모두에 대해 적용될 수 있음은 자명하다.

$$\Lambda(\varphi) = \frac{\lambda}{\sin \theta_1 + \sin \theta_2} = \frac{\lambda}{\sin \theta_1 + \sin(\theta_1 - 2\varphi)}$$

[0111]

[0112] (식 1)

[0113] 여기서, $\theta_2 = \theta_1 - 2\varphi$ 이며, 그 유도는 도 6b 에서 나타난 바와 같다.

[0114] 아울러, 곡면 거울(140)이 도 6 과 같이 오목 거울로 구성될 경우, 제1 중심각 φ 을 매개변수로 하여 상기 제1 간섭 지점(N2)의 위치를 식 2 와 같이 나타낼 수 있다. 여기서 도출되는 값은, 레이저 광이 곡면 거울(140)의 반사 중심(M1)에서 반사되어 웨이퍼에 입사하는 위치(N1)와, 레이저 광이 상기 곡면 거울(140) 상의 소정의 제1 반사 지점(M2)에서 반사되어 웨이퍼에 입사하는 위치인 제1 간섭 지점(N2) 사이의 거리인 y 값이다.

$$y(\varphi) = (R \sin \varphi + x_0) \tan(\theta_1 - 2\varphi) - x_0 \tan \theta_1 + R(1 - \cos \varphi)$$

[0115]

[0116] (식 2)

[0117] 도 6 을 참조하면, 삼각함수에 의해서, 상기 식 2 는 아래와 같은 과정에 의해서 도출된다.

$$\tan(\theta_1 - 2\varphi) = \frac{y + y_0 - R + \sqrt{R^2 - x^2}}{x + x_0}$$

$$y = (x + x_0) \tan(\theta_1 - 2\varphi) - y_0 + R - \sqrt{R^2 - x^2}$$

$$\sin\varphi = \frac{x}{R} \quad \tan\theta_1 = \frac{y_0}{x_0}$$

$$\begin{aligned} y(\varphi) &= (R\sin\varphi + x_0) \tan(\theta_1 - 2\varphi) - x_0 \tan\theta_1 + R - \sqrt{R^2 - (R\sin\varphi)^2} \\ &= (R\sin\varphi + x_0) \tan(\theta_1 - 2\varphi) - x_0 \tan\theta_1 + R(1 - \cos\varphi) \end{aligned}$$

[0118]

[0119] 위의 식 1, 2 를 살펴보면, 제1 간섭 지점(N2)의 위치는 식 2 에 의해서 결정되며, 제1 간섭 지점(N2)에서의 회절격자의 주기는 식 1 에 의해서 결정되며, 제1 입사각의 크기, 반사 거울(150)의 반사 중심(M1), 및 반사 거울

(150)의 곡률 반경(R)을 모두 상수로 상정하면, 상기 제1 중심각 φ 의 크기만이 제1 간섭 지점(N2)의 위치와 제1 간섭 지점(N2)에서의 회절격자의 주기에 대한 매개변수로 작용함을 확인할 수 있다. 따라서, 제1 중심각 φ 의 크기를 통해 특정한 제1 간섭 지점(N2)의 위치와 해당 위치에서 회절격자의 주기를 도출할 수 있게 된다.

[0120]

도 7 은 본 발명에 따른 레이저 홀로그래픽 리소그래피 장치에 있어서, 중심 주기가 600 nm 일 때, 반사 거울(150)의 곡률 반경 및 웨이퍼의 위치에 따른 회절격자의 주기 변화를 나타낸 도면이다. 아울러, 도 8 은 곡면 거울(140)의 곡률 반경(R)이 1150 mm일 때, 중심 주기(λ_0)에 따른 회절격자의 주기 변화 범위를 나타낸 것이다.

[0121]

여기서, 중심 주기(λ_0)라 함은 $y=0$ 일 때, 즉 상기 반사 거울(150)의 반사 중심(M1)에서 반사된 제2 입사광(B)이 웨이퍼에 입사하는 위치(N1)에서의 회절격자의 주기를 의미한다. 이는 곧, 제2 입사광(B)이 평면 거울에서 반사된 경우와 마찬가지로, 스테이지(140)에 고정된 웨이퍼와 반사 거울(150)이 직교할 경우, 즉, 제1 입사각과 제2 입사각의 크기가 같은 경우에 해당하게 된다.

[0122]

따라서, 중심 주기(λ_0)는 반사 거울(150)의 곡률 반경과 무관하며, 단지 상기 식 0-1 에 따라서, 제1 입사각(θ_1)의 크기, 및 레이저 광의 파장 λ 에 따라서 결정되게 된다. 일반적으로, 레이저 광의 파장은 정해져 있으므로, 레이저 광의 파장을 변수에서 제외하면, 중심 주기(λ_0)의 크기는 단지 제1 입사광(A)의 제1 입사각(θ_1)의 크기에 의해서 결정된다. 즉, 스테이지(140)의 지향각을 조절함으로써 중심 주기의 크기를 결정할 수 있다.

[0123]

도 7 을 참조하면, 중심 주기(λ_0)가 정해진 경우, 반사 거울의 곡률 반경(R)이 작을수록 회절격자의 주기 변화 범위가 크게 나타남을 알 수 있다. 이를 달리 설명하면, 반사 거울의 곡률 반경(R)을 작게 하면, 회절격자의 주기 변화 범위를 크게 할 수 있음을 의미한다.

[0124]

이어서, 도 8 을 참조하면, 반사 거울(150)의 곡률 반경(R)이 일정할 경우, 중심 주기(λ_0)의 크기에 따라서 회절격자의 주기 변화 범위가 가변되되, 제조할 수 있는 회절격자의 면적 또한 변화함을 확인할 수 있다. 즉, 도 8 과 같이, 중심 주기(λ_0)가 커질수록 회절격자의 주기 변화 범위도 커지지만, 제조 가능한 회절격자의 면적이 작아지는 것을 확인할 수 있다. 이는, 중심 주기(λ_0)가 커지는 경우, 즉 제1 입사광(A)의 제1 입사각의 크기가 작아지는 경우, 레이저 광에 대한 반사 거울(150)의 정사영 면적이 작아져서 반사 거울(150)에서 반사되는 레이

저 광의 면적이 작아지며, 따라서 제작 가능한 회절격자의 면적 범위가 작아지기 때문이다.

[0125] 이를 참조하면, 본 발명에 따른 레이저 홀로그래픽 리소그래피 장치를 이용한 회절격자 패턴 제조 방법은, 아래와 같은 단계를 포함한다.

[0126] 먼저, 상기 제1 입사각(θ_1)의 크기, 상기 반사 거울(150)의 곡률 반경(R) 크기, 및 반사 중심(M1)의 위치를 설정한다. 제1 입사각(θ_1)의 크기는 스테이지(140)의 지향각에 따라서 설정될 수 있으며, 반사 거울(150)의 곡률 반경 크기 및 반사 거울(150)의 반사 중심(M1)의 위치는 반사 거울(150)의 제원에 따라서 설정될 수 있다. 한편, 식 1 을 참조로 할 때, 레이저 광원의 파장이 정해져 있음을 전제로 하면, 제1 입사각(θ_1)의 크기를 설정한다 함은 곧 중심 주기(Λ_0)를 설정하는 것과 같은 의미로 받아들여질 수 있다.

[0127] 이어서, 반사 거울(150)의 반사 중심(M1)과 곡률 중심(RC) 사이를 직선 연결하는 기준 라인(L1)을 구한다. 다음으로, 상기 반사 거울(150)의 곡률 중심(RC)과 상기 반사 거울(150)의 소정의 제1 반사 지점(M2)을 직선 연결하는 제1 라인(L2)을 구한다. 여기서, 기준 라인(L1)과 제1 라인(L2)에 대해서는 위에서 설명한 바와 같다.

[0128] 다음으로, 상기 기준 라인(L1)과 상기 제1 라인(L2) 사이의 사이각인 제1 중심각 ϕ 의 크기를 구한다.

[0129] 이어서, 상기 제1 중심각 ϕ 을 매개변수로 하여 상기 반사 거울(150)에서 반사되는 레이저 광 중 상기 제1 반사 지점(M2)에서 반사되어 생성된 반사광이 상기 웨이퍼에 입사하는 제1 간섭 지점(N2)의 위치, 및 상기 제1 간섭 지점(N2)에서의 회절격자의 주기를 도출한다.

[0130] 여기서, 제1 간섭 지점(N2)의 위치는 상기 식 2 에 의해서 도출되며, 제1 간섭 지점(N2)에서의 회절격자의 주기는 식 1 에 의해서 도출된다.

[0131] 이때, 제1 입사각(θ_1)의 크기, 반사 거울(150)의 곡률 반경(R) 크기, 및 반사 중심(M1)의 위치는 모두 미리 설정되어 상수로 취급되었는 바, 기준 라인(L1)과 제1 라인(L2) 사이의 사이각인 제1 중심각 ϕ 의 크기만이 매개변수로 작용하여 제1 간섭 지점(N2)의 위치 및 제1 간섭 지점(N2)에서의 회절격자의 주기를 가변할 수 있게 된다.

[0132] 한편, 만일 목표하는 위치에서 목표하는 회절격자의 주기가 도출되지 아니할 때에는 상기 상수로 설정된 제1 입사각(θ_1)의 크기, 반사 거울의 곡률 반경(R) 크기, 및 반사 중심(M1)의 위치 중 적어도 하나를 재 설정할 수 있다.

[0133] 예컨대, 위의 도 7 에서 확인한 바와 같이, 제1 입사각(θ_1)의 크기와 반사 중심(M1)의 위치가 정해진 상태에서, 반사 거울(150)의 곡률 반경(R) 크기가 커지면 회절격자의 주기 변화 범위가 커지며, 반사 거울(150)의 곡률 반경(R) 크기가 작아지면 회절격자의 주기 변화 범위가 작아지게 된다. 따라서, 반사 거울(150)의 곡률 반경(R) 크기를 재 설정한 후, 목표 위치에서 목표 회절격자의 주기가 도출되는지 여부를 판단하고 목표하는 회절격자를 제조할 수 있다.

[0134] 아울러, 위의 도 8 에서 확인한 바와 같이, 반사 중심(M1)의 위치와 곡률 반경(R) 크기가 정해진 상태에서, 제1 입사각(θ_1)의 크기가 커지면, 즉 중심 주기(Λ_0)가 작아지면 회절격자의 주기 변화 범위가 작아지며 반면에 회절격자의 제조 면적은 넓어지게 된다. 마찬가지로, 제1 입사각(θ_1)의 크기를 조절하여, 즉 중심 주기(Λ_0)의 크기를 재 설정하여, 회절격자의 주기 변화 범위 및 회절격자의 제조 면적을 조절하여 목표하는 회절격자를 제조할 수 있다.

[0135] 이하에서는 본 발명의 실험예에 대해서 설명한다. 본 실험예에서는 곡면 거울이 오목 거울로 구성되어 있다.

[0136] 적정 곡률 반경이 1150 mm 임을 상정하여, 곡률 반경이 1150 mm인 원통형의 오목 거울을 제작하였다.

[0137] 오목 거울의 거울의 크기는 $8 \times 8 \text{ cm}^2$ 이고, 표면 거칠기는 $\lambda/4$ ($\lambda = 633 \text{ nm}$)이다. 본 발명의 레이저 홀로그래픽 리소그래피 장치에 따라서, 스테이지의 평면 거울을 오목 거울로 교체하였다.

- [0138] 이와 같이 구축한 장치를 이용하여 주기가 점진적으로 변화하는 회절격자 패턴을 제작할 수 있는지 확인하기 위해 실리콘 기판에 회절격자를 제작하였다.
- [0139] 실리콘 회절격자 샘플을 제작하는 과정은 다음과 같다.
- [0140] 먼저, $2 \times 2 \text{ cm}^2$ 크기의 결정질 실리콘 기판 위에 하드마스크로 사용할 이산화규소(SiO_2) 박막을 플라즈마 화학 기상 증착법(PECVD; Plasma-Enhanced Chemical Vapor Deposition)을 이용하여 50 nm 두께로 증착한다.
- [0141] 그 위에 250 nm 두께의 양성 포토레지스트를 일정한 두께로 스핀코팅(spin-coating)하였고 이를 샘플로 사용한다. 샘플을 선정하는데 있어서 사용하는 광원의 파장, 입사각에 대한 기판과 포토레지스트의 반사율, 흡수율 등의 광학적 성질을 고려하고, 기판의 식각을 위해 선택비 등의 물리화화적인 조건을 고려할 수 있다.
- [0142] 준비된 샘플을 스테이지에 로딩하고, 중심주기를 약 600 nm로 설정하기 위해 거울-샘플 스테이지를 회전시켜 샘플 면에 대해 샘플면으로 바로 들어오는 빛, 즉 제1 입사광(A)의 입사각을 19.7° 로 설정한다.
- [0143] 본 실험예에서는, 우선 1차원 회절격자 패턴을 제작하기 위해 위에서 설정한 장치 및 샘플에 노광 장치를 이용하여 레이저 광을 샘플에 200초 가량 조사하고 현상하였다. 이어서, 2차원 회절격자 패턴을 제작하기 위해 역시 위와 동일하게 설정한 장치 및 샘플에 레이저 광을 100초 가량 조사한 후에 샘플을 90도 회전시켜 동일한 조건으로 100초 추가 조사하여 현상하였다.
- [0144] 이렇게 형성한 포토레지스트 패턴을 마스크로 반응성 이온 식각을 이용하여 이산화규소층과 실리콘을 식각하고, 아세톤과 불산을 이용하여 남은 포토레지스트와 이산화규소층을 제거하는 방식으로 실리콘 회절격자 샘플을 제작하였다.
- [0145] 도 9 는 실리콘 회절격자 샘플에 백색광을 조사하였을 때의 회절 패턴을 각각 비교하여 나타낸 도면으로서, (a), (b), (c) 는 각각 균일한 600 nm 주기의 1차원 회절격자 샘플, 중심주기가 600 nm 이고 주기가 점진적으로 변화하는 1차원 회절격자 샘플, 중심주기가 600 nm 이고 주기가 점진적으로 변화하는 2차원 회절격자 샘플에 백색광을 조사하였을 때의 회절 패턴을 촬영한 사진이다.
- [0146] 도 9 를 참조하면, 단일 주기의 회절격자 샘플과는 달리 주기가 점진적으로 변화하는 회절격자 샘플의 경우 회절 색상이 점진적으로 변화하는 모습을 볼 수 있다.
- [0147] 도 10 과 도 11 은, 위와 같은 방식으로 제작한 회절격자 샘플의 미세구조가 잘 유지되고 있는지 확인하기 위해 주사전자현미경(SEM; Scanning Electron Microscope) 분석을 진행하여, 각각 1차원 회절격자 샘플과 2차원 회절격자 샘플의 위치에 따른 주사전자현미경 이미지를 나타낸 도면이다.
- [0148] 1차원 회절격자의 경우 회절격자의 수직인 방향으로 이동하면서 측정하였고, 2차원 회절격자의 경우 대각선 방향으로 이동하면서 측정한 결과이다. 1차원 회절격자 샘플과 2차원 회절격자 샘플 모두 위치에 따른 주기 변화 경향을 잘 보이는 동시에 각각의 패턴 모양은 균일하게 잘 유지됨을 볼 수 있다. 주사전자현미경 분석을 통한 회절격자의 주기 변화는 약 $64 \text{ nm}/12.2 \text{ mm}$ 이다.
- [0149] 도 12 는 이론적인 주기 변화 범위와 주사전자현미경 분석을 통한 주기 변화를 비교한 그래프인데, 주사전자현미경을 통해 측정한 샘플의 주기(삼각형 지점)가 이론적인 주기 변화(실선)를 잘 따르는 것을 확인할 수 있다.
- [0150] 마지막으로 회절격자 샘플의 전면적에 걸쳐 연속적으로 주기 변화를 보이는지 확인하기 위해 회절 실험을 통해 샘플의 위치에 따른 주기를 측정하였다. 도 13 은 측정에 사용된 측정 셋업의 예를 나타낸 도면이며, 도 14 는 도 13 에 따른 측정 셋업에 의한 측정 결과를 나타낸 도면이다. 측정 셋업은 소정의 레이저 광원(210), 반사 거울(220, 230), 및 샘플(240)을 포함할 수 있다.
- [0151] 먼저, 상기 식 0-2 의 관계를 고려하면, 아래 식 3 이 얻어진다.
- [0152]
$$\lambda(\sin\theta_m + \sin\theta_i) = \lambda$$
- [0153] (식 3)
- [0154] 이와 같은 식 3 을 이용하면, 단일 파장의 레이저 빔을 입사하였을 때 입사각과 회절각이 정해지면 회절격자 주기를 알 수 있다. 위와 같은 방식으로 도 13 과 같은 측정 셋업을 이용해서 회절격자 샘플을 0.5 mm 간격으로 이동하면서 레이저 빔을 입사시키고, 이 때 입사각과 회절각을 측정하여 해당 위치의 회절격자 주기를 계산하였다.

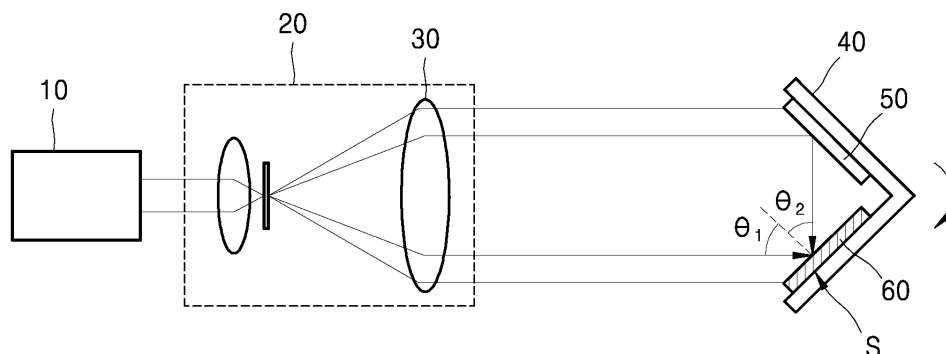
- [0155] 그 결과를 그래프로 나타낸 것이 도 14로서, 회절 실험을 통해 측정된 주기(원형 집합 선)가 이론적인 주기 변화(실선)를 잘 따르는 것으로 나타난다. 이를 통해 오목 거울을 이용한 레이저 홀로그래픽 리소그래피 기법을 이용하여 점진적인 주기 변화 회절격자를 성공적으로 제작하였음을 확인하였다.
- [0156] 본 발명에 따라서, 점진적으로 주기가 변화하는 회절격자 패턴을 제작할 수 있다. 특히, 반사 거울의 곡률 반경, 중심주기, 웨이퍼의 각 지점의 회절격자 패턴의 주기 변화량의 관계가 정확하게 제시되어 있으므로, 의도하는 바에 따라서 정밀한 회절격자 패턴 구조가 제조될 수 있다.
- [0157] 아울러, 반사 거울의 곡률 반경, 반사 중심, 및 제1 입사각의 크기를 상수로 취급한 후, 기준 라인과 제1 라인 사이의 중심각만을 매개변수로 하여 웨이퍼의 각 간섭 위치에서의 회절격자 주기가 도출되므로, 의도하는 회절격자 패턴 구조가 간편히 달성될 수 있다. 특히, 곡면 거울의 설계를 통해 원하는 위치에 원하는 주기 변화를 가지는 패턴을 정확하게 제작할 수 있다.
- [0158] 이와 같이, 동일 기관 상에 점진적 크기 변화를 가지는 서브마이크론 크기의 구조의 효율적인 제작은 일정한 주기를 가지는 구조가 제공해 줄 수 없는 다양한 연구 및 응용을 가능하게 해줄 수 있다. 이는 다양한 나노 표면에서의 역학적, 생물학적 특성 연구 등을 가능하게 할 것이며, 주기가 점진적으로 변화하는 광섬유 브래그 격자(chirped fiber Bragg grating)를 제작하여 분산 보상(dispersion compensation)을 구현하거나 미세한 가변 파장 광원 등의 제작을 통해 파장 분할 멀티플렉싱(WDM; wavelength division multiplexing) 등의 통신 분야에서도 응용이 가능할 것으로 예상된다.
- [0159] 이상에서는 바람직한 실시예에 대하여 도시하고 설명하였지만, 본 발명은 상술한 특징의 실시예에 한정되지 아니하며, 청구범위에서 청구하는 본 발명의 요지를 벗어남이 없이 당해 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자에 의해 다양한 변형실시가 가능한 것은 물론이고, 이러한 변형실시들은 본 발명의 기술적 사상이나 전망으로부터 개별적으로 이해되어서는 안될 것이다.

부호의 설명

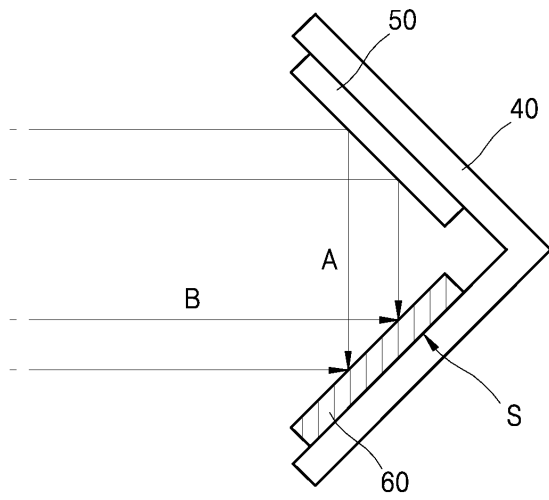
- [0160] 110: 레이저 광원
120: 필터부
130: 렌즈
140: 스테이지
142, 144: 고정면
150: 반사 거울
160: 웨이퍼 홀더

도면

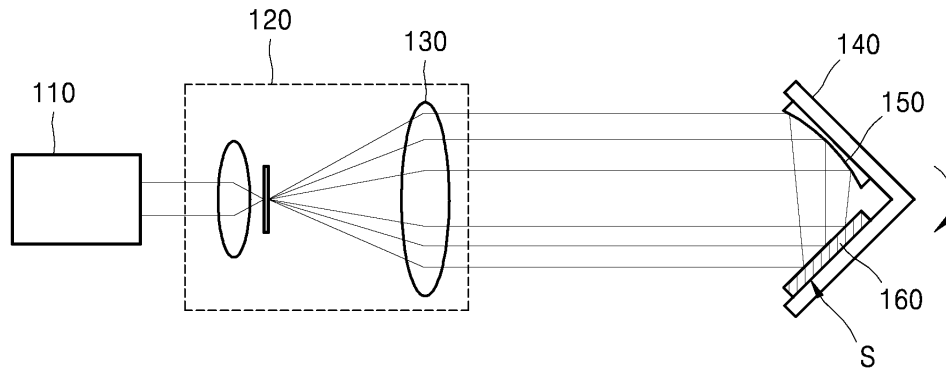
도면1



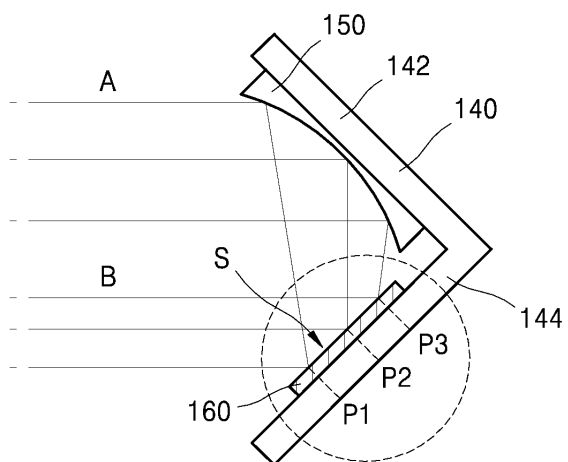
도면2



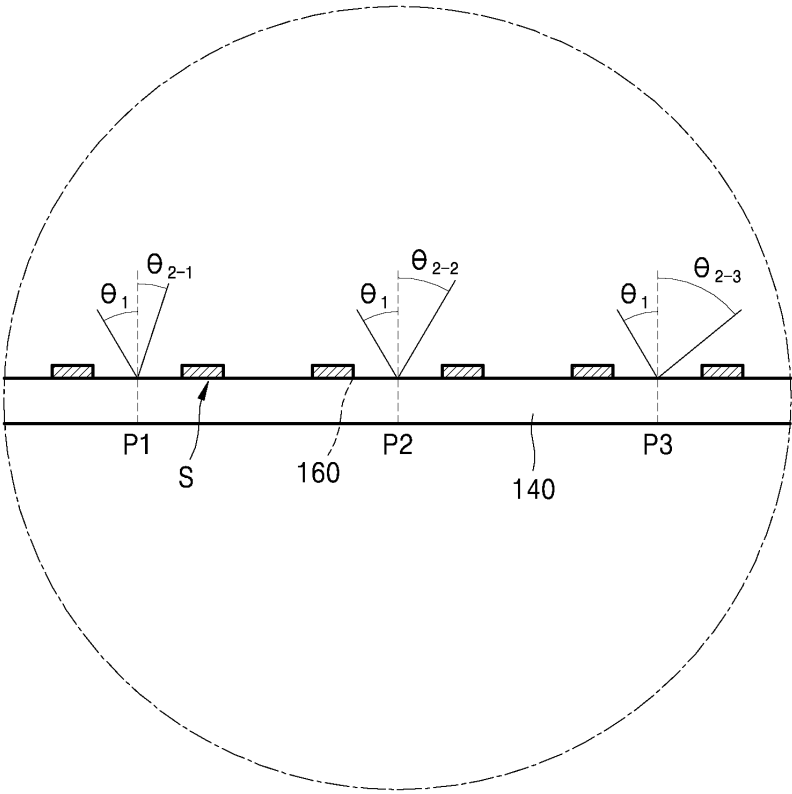
도면3



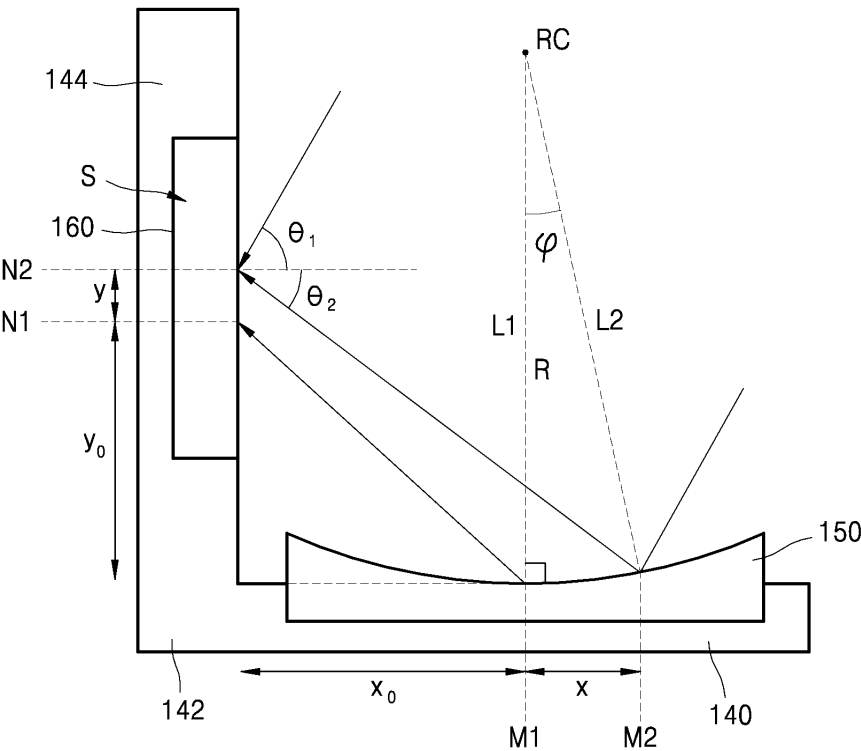
도면4



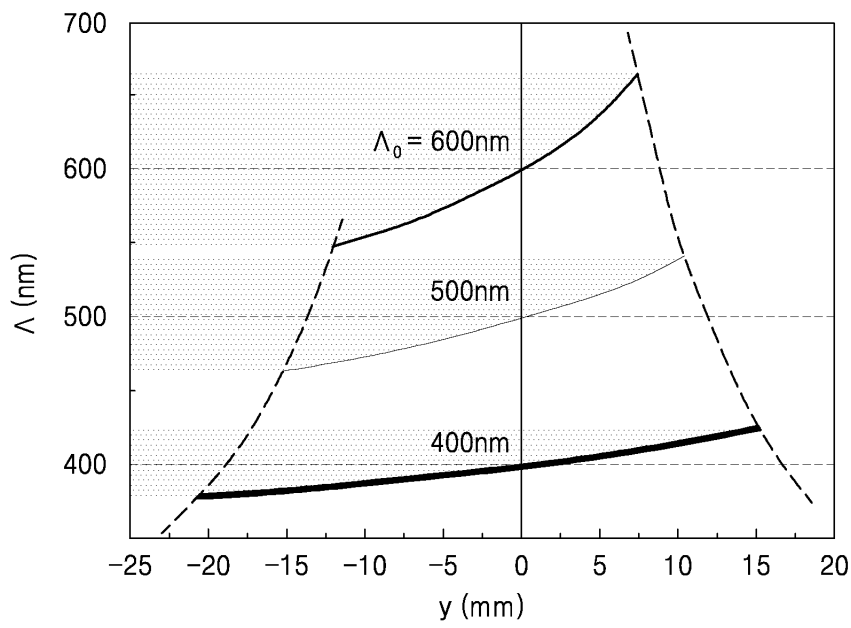
도면5



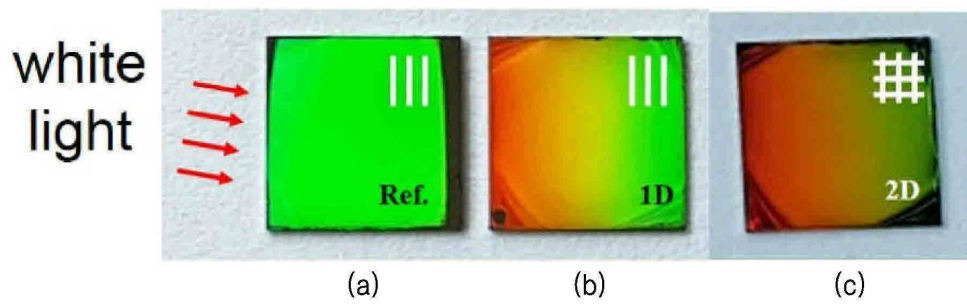
도면6a



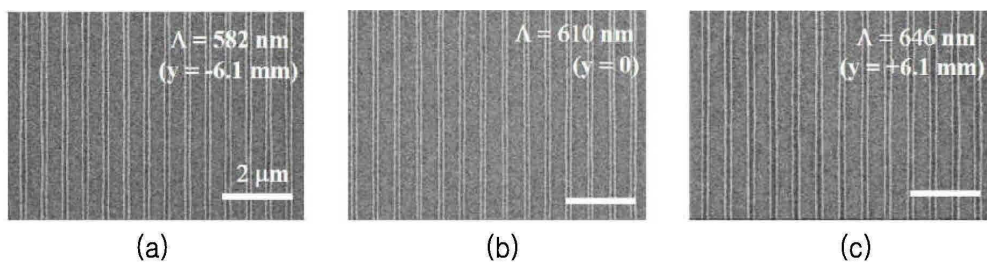
도면8



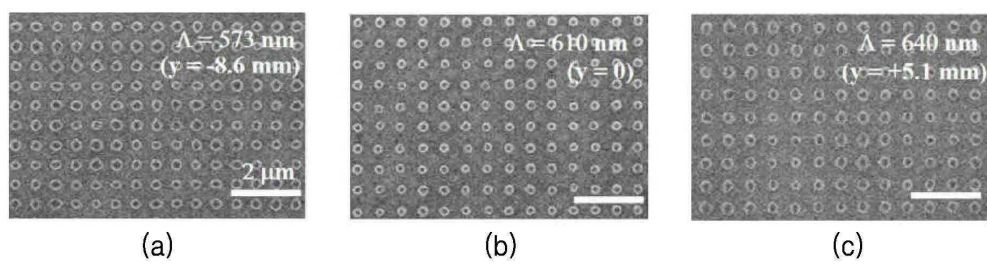
도면9



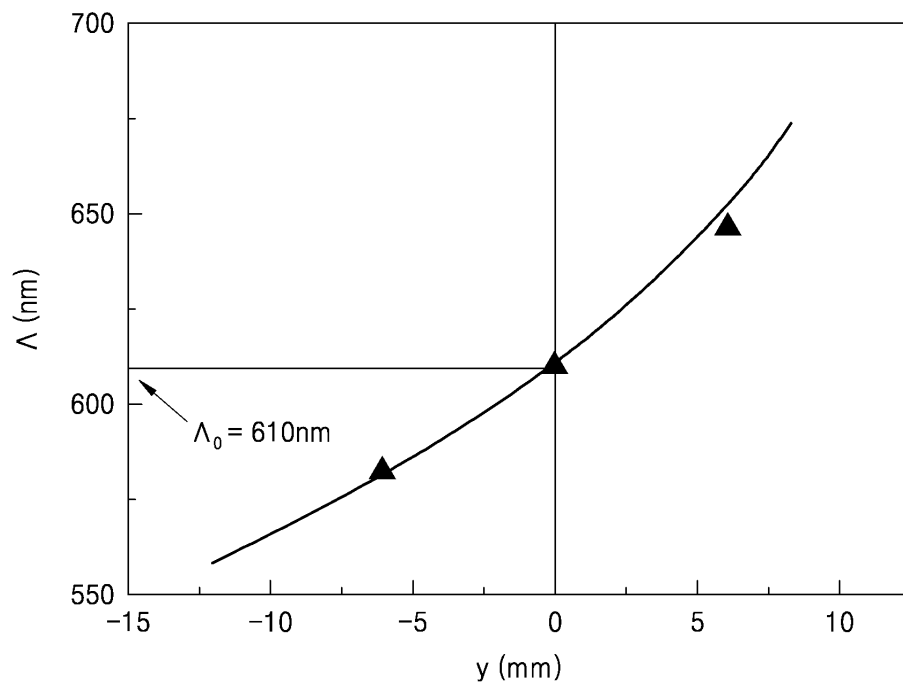
도면10



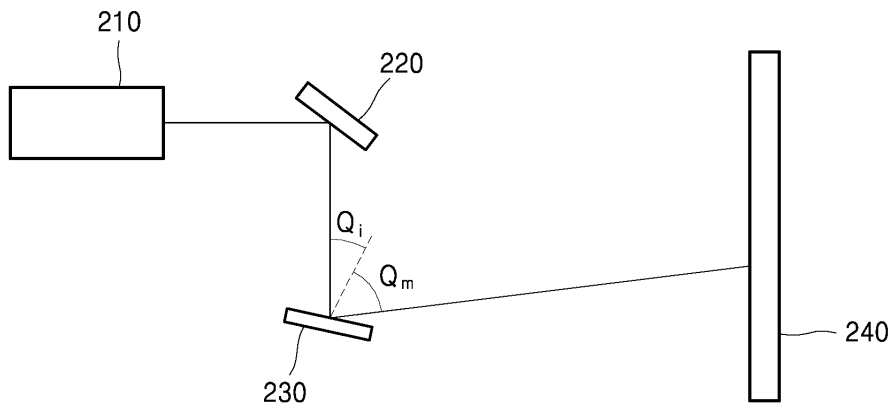
도면11



도면12



도면13



도면14

