



(19)대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(51) 。 Int. Cl. H01L 21/027 (2006.01)	(45) 공고일자 (11) 등록번호 (24) 등록일자	2007년01월25일 10-0674045 2007년01월18일
--	-------------------------------------	--

(21) 출원번호 (22) 출원일자 심사청구일자	10-2005-0022634 2005년03월18일 2005년03월18일	(65) 공개번호 (43) 공개일자	10-2006-0044393 2006년05월16일
----------------------------------	---	------------------------	--------------------------------

(30) 우선권주장 JP-P-2004-00078065 2004년03월18일 일본(JP)

(73) 특허권자 캐논 가부시끼가이샤
 일본 도쿄도 오오따꾸 시모마루쵸 3쵸메 30방 2고

(72) 발명자 쓰지 도시히코
 일본국 도쿄도 오오따꾸 시모마루쵸 3쵸메 30방 2고 캐논가부시끼가이
 샤나이

(74) 대리인 신중훈
 임옥순

심사관 : 설관식

전체 청구항 수 : 총 11 항

(54) 조명장치, 노광장치 및 디바이스 제조방법

(57) 요약

본원 발명은 광원으로부터의 광을 이용해서 패턴이 형성된 마스크를 조명하는 조명장치로서, 상기 마스크를 변형조명하기 위한 유효광원분포를 생성하는 생성부와, 상기 유효광원분포의 복수의 영역에 소정의 편광상태를 설정하는 편광설정부와, 각 영역의 편광상태를 일괄적으로 제어하는 조정부를 구비한 조명장치를 제공하는 것이다.

대표도

도 1

특허청구의 범위

청구항 1.

광원으로부터의 광을 이용해서 패턴이 형성된 마스크를 조명하는 조명장치로서,

상기 마스크를 비스듬히 조명하기 위해 사용되는 유효광원분포를 생성하는 회절광학소자와,

상기 유효광원분포의 복수의 영역에 소정의 편광상태를 설정하는 위상변환소자와,
각 영역의 편광상태를 일괄해서 제어하는 위상조정수단을 구비한 것을 특징으로 하는 조명장치.

청구항 2.

삭제

청구항 3.

삭제

청구항 4.

삭제

청구항 5.

제 1항에 있어서,

상기 위상변환소자는, 방사방향으로 배치된 4매 이상의 공축의 $\lambda/4$ 위상판을 포함하는 것을 특징으로 하는 조명장치.

청구항 6.

제 1항에 있어서,

상기 회절광학소자에 원의 편광을 도입하는 것을 특징으로 하는 조명장치.

청구항 7.

제 1항에 있어서,

광원으로부터의 광을 소정의 발산각도로 사출해서 상기 마스크와 공액인 면을 균일하게 조명하기 위한 사출각도 보존광학소자를 더 구비하고,

상기 회절광학소자는 상기 사출각도 보존광학소자의 집광점 근방에 배치되어 있는 것을 특징으로 하는 조명장치.

청구항 8.

제 1항에 있어서,

광원으로부터의 광을 소정의 각도로 사출하는 사출각도 보존광학소자와, 윗티칼 인티그레이터를 더 구비하고,

상기 사출각도 보존광학소자의 사출면과, 상기 윗티칼 인티그레이터의 입사면과의 사이에는 광학적으로 푸리에 변환의 관계에 있고,

상기 사출각도 보존광학소자는, 상기 윗티칼 인티그레이터를 균일하게 조명하고, 상기 윗티칼 인티그레이터는 상기 마스크와 공액인 면을 균일하게 조명하며,

상기 회절광학소자는 상기 윗티칼 인티그레이터의 집광점 근방에 배치되어 있는 것을 특징으로 하는 조명장치.

청구항 9.

제 1항에 있어서,

상기 위상변환소자에 의해 설정된 편광상태를 검출하는 센서유닛과,

상기 센서유닛의 검출결과에 따라서 상기 위상조정수단을 구동하는 드라이버를 더 구비하는 것을 특징으로 하는 조명장치.

청구항 10.

제 1항에 있어서,

상기 회절광학소자보다 상기 광원에 더 가깝게 배치되고, 상기 광원으로부터의 상기 광의 편광을 제어하는 편광제어수단을 더 구비한 것을 특징으로 하는 조명장치.

청구항 11.

광원으로부터의 광을 이용해서 패턴이 형성된 마스크를 조명하는 조명방법으로서,

상기 마스크를 변형조명하기 위한 유효광원분포를 생성하는 스텝과,

상기 유효광원분포 내의 복수의 영역에 소정의 편광상태를 대칭으로 설정하는 스텝과,

상기 각 영역의 각 편광상태를 일괄해서 제어하는 스텝과,

상기 설정스텝에서 설정한 편광도를 검출하는 스텝과,

상기 검출스텝의 결과에 의거해서 상기 생성스텝에 사용되는 광의 편광을 제어하는 스텝을 구비한 것을 특징으로 하는 조명방법.

청구항 12.

제 11항에 있어서,

상기 생성스텝은 복수종류의 유효광원분포 중 하나를 선택하고,

상기 편광제어스텝은 상기 유효광원분포가 바뀔 때 마다 상기 생성스텝에서 이용되는 광의 편광을 제어하는 것을 특징으로 하는 조명방법.

청구항 13.

마스크를 조명하는 제 1항에 기재된 조명장치와, 피노광체에 마스크의 패턴을 투영하는 투영광학계를 구비한 것을 특징으로 하는 노광장치.

청구항 14.

제 13항에 기재된 노광장치를 사용해서 피처리체를 노광하는 스텝과,

상기 노광된 피처리체를 현상하는 스텝을 구비한 것을 특징으로 하는 디바이스 제조방법.

명세서

발명의 상세한 설명

발명의 목적

발명이 속하는 기술 및 그 분야의 종래기술

본 발명은, 일반적으로 조명장치에 관한 것으로, 보다 구체적으로는 반도체 웨이퍼용의 단결정기관, 액정 디스플레이(LCD)용의 유리 플레이트 등의 피처리체를 노광하기 위해 사용되는 조명장치, 및 이 조명장치를 사용하는 디바이스 제조방법에 관한 것이다.

근년의 전자기기의 소형화 및 박형화의 요청으로부터, 이들 전자기기에 탑재되는 반도체소자의 미세화처리의 요구는 더욱 더 높아지고 있다. 반도체소자나 LCD장치, 박막자기헤드 등의 집적도가 높은 디바이스를 제작하기 위해서는, 일반적으로, 포토리소그래피의 공정이 이용된다. 투영노광장치는, 이러한 공정에 필수적인 장치이며, 포토마스크(또는 레티클)의 패턴을 포토레지스트가 도포된 실리콘 웨이퍼나 유리 플레이트 등의 기관상에 노광한다.

투영노광장치의 해상도R는 다음 식으로 주어진다. 여기서 λ 는 노광광의 파장, NA는 투영광학계의 개구수, K_1 는 현상 프로세스에 의해 정해지는 프로세스 정수이다.

$$R = K_1 \times \frac{\lambda}{NA} \quad (1)$$

따라서, 파장을 짧게하면 할수록, 그리고 NA를 올리면 올릴수록, 해상도는 더 좋아진다. 그러나, 단파장이 진행됨에 따라 초재의 투과율이 저하하고, NA에 반비례해서 초점심도가 작아지며, 큰 NA는 렌즈의 설계 및 제조를 어렵게한다.

따라서, 미세화를 위해 프로세스 정수 K_1 의 값을 작게하는 초해상기술(RET: Resolution Enhanced Technology)이 최근 제안되고 있다. RET의 하나는 경사입사조명법, 또는 축외조명법 등으로도 불리우는 변형조명법이다. 변형조명법은, 광학계의 광축상에 차광판이 있는 개구조리개를, 균일한 면광원을 형성하는 광인티그레이터의 사출면근방에 배치하고, 마스크에 노광광을 비스듬하게 도입한다. 변형조명법은, 개구조리개의 형상을 제어해서 환형상의 조명, 사중극조명 등을 형성할 수 있다.

한편, 상콘트라스트를 높이기 위해서 종래의 기술에서는 변형조명을 소망의 방향의 직선편광만을 가진 변형조명을 제안하고 있다(예를 들면, 일본 특개평 7-183201호 공보 및 동 특개평 6-053120호 공보 참조). 일본특개평 7-183201호 공보에서는, 광이 소망의 편광방향을 가지지 않으면, 광을 제거하는 필터를 사용하고 있다. 한편, 일본특개평 6-053120호 공보에서는, 미리 직선편광자로 직선편광화한 광과 $\lambda/2$ 위상판을 이용해서 소망의 방향으로 직선편광으로 하는 방식을 개시하고 있다.

발명이 이루고자 하는 기술적 과제

본발명은, 조명효율을 저하시키지 않고 임의의 변형조명을 소망한 방향의 직선편광으로 설정함과 동시에, 직선편광의 편광도의 악화를 용이하게 수정할 수 있는 조명장치, 이 조명장치를 가지는 노광장치, 및 이 노광장치를 사용한 디바이스 제조방법을 제공하는 것을 목적으로 한다.

발명의 구성

본 발명의 일측면에 따른 조명장치는, 광원으로부터의 광을 이용해서 패턴이 형성된 마스크를 조명하는 조명장치로서, 상기 마스크를 변형조명하기 위한 유효광원분포를 생성하는 생성부와, 상기 유효광원분포의 복수의 영역에 소정의 편광상태를 설정하는 편광설정부와, 각 영역의 편광상태를 일괄 제어하는 조정부를 구비한 것을 특징으로 한다.

본 발명의 다른 측면에 따른 조명방법은, 광원으로부터의 광을 이용해서 패턴이 형성된 마스크를 조명하는 조명장치로서, 상기 마스크를 변형조명하기 위한 유효광원분포를 생성하는 스텝과, 상기 유효광원분포내의 복수의 영역에 소정의 편광상태를 대칭으로 설정하고 상기 각 영역의 각 편광상태를 일괄해서 제어하는 스텝과, 상기 설정스텝에서 설정된 편광도를 검출하는 스텝과, 상기 검출스텝의 결과에 의거해서 상기 생성스텝에서 사용되는 광의 편광을 제어하는 스텝을 구비한 것을 특징으로 한다.

조명장치는 마스크를 조명하는 상기 조명장치와, 피처리체에 마스크의 패턴을 투영하는 투영광학계를 포함한다.

본 발명의 또 다른 측면에 따른 디바이스 제조방법은, 상기 노광장치를 사용해서 피사체를 노광하는 스텝과, 노광된 피사체를 현상하는 스텝을 포함한다. 상기 노광장치와 같은 동작을 행하는 디바이스 제조방법의 청구범위는 중간 및 최종 결과물인 디바이스도 포함하는 것이다. 이러한 디바이스는, LSI나 VLSI 등의 반도체 칩, CCD, LCD, 자기센서, 박막자기헤드 등을 포함한다.

본 발명의 다른 목적 및 그 외의 특징은, 이하 첨부도면을 참조해서 설명하는 다음의 바람직한 실시예에 의해 명백해질 것이다.

이하 유첨도면을 참조해서 본 발명의 일 실시예에 따른 조명장치(100)가 장착된 노광장치(1)에 대해 설명한다. 여기서, 도 1은 노광장치(1)의 개략블록도이다. 노광장치(1)은, 예를 들면, 스텝·앤드·스캔 방식 또는 스텝·앤드·리피트 방식으로 마스크(200)의 회로패턴을 피노광체(플레이트)(400)에 노광하는 투영노광장치이다. 이러한 노광장치(1)은, 서브미크론이나 쿼터미크론의 리소그라피공정에 적합하고, 이하, 본 실시예에서는, 스텝·앤드·스캔 방식의 노광장치("스캐너"라고도 칭함)를 예로 해서 설명한다. 여기서 사용되는, 스텝·앤드·스캔 방식이란, 마스크에 대해서 웨이퍼를 연속적으로 주사해서 마스크 패턴을 웨이퍼에 노광함과 동시에, 1쇼트의 노광종료후, 웨이퍼를 스텝이동 시켜서 다음 쇼트의 노광영역으로 이동시키는 노광방법이다. 스텝·앤드·리피트 방식이란, 웨이퍼에의 매쇼트의 셀투영(cell projection)마다 웨이퍼를 스텝이동시켜서 다음 쇼트의 노광영역으로 이동시키는 노광방법의 다른 형태이다.

노광장치(1)은, 조명장치(100)과, 마스크(200)와, 투영광학계(300)와, 플레이트(400)을 포함하고 있다.

조명장치(100)은, 전사용의 회로패턴이 형성된 마스크(200)를 조명하고, 광원(102)와, 조명광학계(104 내지 177)와, 제어계(118, 176, 178 및 180)를 포함하고 있다.

광원(102)는, 광원으로서, 파장 약 193nm의 ArF엑시머레이저, 및 파장 약 248nm의 KrF엑시머 레이저 등을 사용할 수가 있다. 그러나, 레이저의 종류는 엑시머 레이저에 한정되지 않고, 레이저의 개수도 한정되지 않는다. 또, 광원유닛에 사용가능한 광원은 레이저에 한정되는 것은 아니고, 1 또는 복수개의 수은램프나 크세논램프 등의 램프를 사용해도 된다.

조명광학계는, 광강도를 유지하면서 소망의 직선편광으로 구성되는 변형조명으로 마스크(200)를 조명하는 광학계이다. 조명광학계는 편향광학계(104)와, 빔 정형 광학계(106)와, 편광제어수단(108)과, 위상조정수단(110)과, 사출각도보존 광학소자(120)와, 릴레이 광학계(124)와, 다광속 발생수단(130)과, 회절광학소자(140)와, 릴레이 광학계(150)와, 개구(152)와, 줌 광학계(16)와, 위상변환소자(160)와, 다광속 발생수단(170)과, 개구조리개(172)와, 조사수단(177)을 포함한다.

편향광학계(104)은, 광원(102)로부터의 광을 빔 정형 광학계(106)에 도광한다. 빔 정형 광학계(106)은, 예를 들면, 복수의 원주형상렌즈를 가진 빔 익스펜더 등을 사용할 수 있고 레이저광원으로부터의 평행광의 단면형상치수의 어스펙트비를 소망의 값으로 변환하고(예를 들면, 단면형상을 직사각형으로부터 정사각형으로 변경하고), 이에 의해 빔 형상을 소망의 형상으로 재정형한다. 빔 정형광학계(114)는, 후술하는 다광속 발생수단으로서의 파리의 눈렌즈(120)을 조명하는데 필요한 크기와 발산각을 가지는 광속을 형성한다.

편광제어수단(108)은, 직선편광자 등을 포함하며, 불필요한 편광성분을 제거하는 기능을 가진다. 광원(102)로 ArF엑시머 레이저를 사용하는 경우, 사출되는 광은 거의 직선편광이 된다. 편향광학계(104)에서 편광면의 외란이 발생되어도, 광은

직선편광이 지배적인 광속으로되어 편광제어수단(108)에 입사한다. 편광제어수단(108)은, 투과가능한 직선편광방향과 입사광에 의해 지배되는 편광방향이 일치하도록, 입사광에 불필요한 편광성분을 제거하는 기능을 가진다. 편광제어수단(108)으로 차광되는 편광을 최소화하기 때문에, 효율 좋게 소망의 직선편광을 도출할 수 있다.

위상조정수단(110)은, 편광제어수단(108)을 통과하는 직선편광이 된 광을 원의 편광으로 변환한다. 위상조정수단(110)은, 직선편광을 완전한 원의 편광 또는 거의 원의 편광으로 변환하는 위상판으로서 기능하며, 2개의 수정의 구성요소, 즉 수정블록(112) 및 쉼기형 수정판(114)과 이 쉼기형 수정판(114)를 이동시키는 미동기구(116)를 포함하고 있다. 수정블록(112)과 쉼기형 수정판(114)은 복굴절성 결정이며, 그 광축은 동일 방향으로 얼라이먼트 되어 있다. 미동기구(116)은, 마이크로미터 헤드 등을 포함한다. 여기서, 도 2는, 위상조정수단(110) 및 그 근방의 광로를 나타내는 개략 블록도이다. 도 2에 있어서, 편광제어수단(108)의 좌우에 있는 2개의 선은, 모식적인 광의 편광상태를 나타내고 있다. 편광제어수단(108)의 우측에 있는 선은 광의 편광방향이 지면에 평행인 것을 나타내고 있고, 좌측에 있는 선상의 검은 점은 지면에 수직인 편광성분이 존재하는 것을 나타내고 있으며, 이것은 상기한 "불필요한 편광성분"에 상당한다. 광이 편광제어수단(108)을 통과하면, 지면에 평행한 편광성분만이 편광제어수단(108)의 우측에 있는 선으로 나타난 위상조정수단(110)에 입사하고, 원의 편광광이 위상조정수단(110)의 우측에 있는 원으로 나타난 바와 같이 형성된다. 위상조정수단(110)과 사출각도보존 광학소자(120)의 우측에 있는 회전화살표는 도 2에서의 원의 편광광의 존재를 나타내고 있다. 도 2는 단순히 하나의 실시예를 나타내며 위상조정수단(110)의 좌측에서 편광방향이 지면에 평행인 것은 필수적인 것은 아니다.

후술하는 제어계로부터의 제어신호로부터 미동량의 정보를 받는 드라이버(118)의 제어에 의해, 미동기구(116)는 쉼기형 수정판(114)을 상하로 미동시켜서 광이 통과하는 수정부분의 두께를 변화시키고 있다. 이에 의해, 위상조정수단(110)은 투과하는 편광에 대해서 소망의 위상차이를 주어 그 편광상태를 변경시킨다. 본 실시예의 위상조정수단(110)은, 입사광에 $\lambda/4$ 의 위상차이를 주고, 입사하는 직선편광을 원의 편광으로서 사출한다. 위상조정수단(110)은, 후술하는 바와 같이, 광학계로 발생한 위상오프셋의 영향에 의해 소망의 편광상태의 유효광원분포를 얻을 수 없는 경우에, 그 위상오프셋을 캔슬하도록 위상의 조정을 실시할 수 있다.

사출각도보존 광학소자(120)은, 광을 일정한 발산각도로 사출하고, 마이크로렌즈어레이를 포함한다. 릴레이 광학계(124)는, 사출각도보존 광학소자(120)의 사출광을 다광속 발생수단(130)에 집광한다.

사출각도보존 광학소자(120)의 사출면과 다광속 발생수단(130)의 입사면 사이에는 릴레이 광학계(124)에 의해 서로 푸리에 변환관계(즉, 물체면과 동공면, 또는 동공면과 상면사이의 관계)가 되고 있다. 도 2에서의 사출각도(122)는 마이크로렌즈 어레이를 구성하는 렌즈소자의 사출 NA로 고정되어 있고, 입사광의 광축이 변동하는 경우에도, 다광속 발생수단(130)의 입사면에 입사하는 광의 분포(126)은 면내에서 항상 같은 위치에 고정되고, 쉼러 조명하에서 다광속이 중첩되어 균일한 조도분포를 형성하고 있다. 아직, 균일조명영역(126)의 형상은, 사출각도보존 광학소자(120)을 구성하는 미소렌즈의 외형형상과 같다. 본 실시예에 있어서는, 사출각도보존 광학소자(120)은, 벌집구조를 가지는 마이크로렌즈 어레이이며, 조명영역(126)은 거의 정육각형 형상을 하고 있다.

다광속 발생수단(130)은, 복수의 미소렌즈로 구성되는 파리의 눈렌즈 등의 오퍼티컬 인티그레이터이며, 그 사출면은 복수의 집광원으로 이루어지는 광원면을 형성하고 있다. 각 미소렌즈는 회절광학소자로 형성해도 되고, 기관상에 에칭가공으로 형성된 마이크로렌즈 어레이로 형성해도 된다. 본 실시예에 있어서의 다광속 발생수단은, 복수의 광학축을 가지고, 각 광학축의 주변에 유한한 면적의 영역을 가지며, 각각의 영역에 있어서 1개의 광속을 특정하는 광학소자이다.

도 2에 나타난 바와 같이, 다광속 발생수단(130)으로부터 사출된 원의 편광은, 렌즈소자의 사출NA로 고정되기 때문에 일정한 사출각도(134)를 가진다. 각 렌즈소자로부터 소망의 사출각도(134)로 사출된 광은, 원의 편광으로서 회절광학소자(140)에 도입된다. 회절광학소자(140)은, 광속의 수축점(132)의 위치로부터 조금 떨어져서 배치되고, 발산각(134)를 가지는 입사광으로 조명된다. 그 상태를 도 3A 및 도 3B를 참조해 설명한다.

도 3A 및 도 3B는 회절광학소자(140)에 대한 입사광의 상태를 설명하는 도면이다. 도 3A 및 도 3B에 있어서, (142)는 미세한 계단형상이 형성되어 있는 회절광학소자면이며, 회절광학소자면은 석영기판 등의 면이다. (143) 및 (144)는 1개의 광스포트이며, 다광속 발생수단(130)이 벌집구조를 가지는 마이크로 렌즈어레이인 경우의, 하나의 렌즈소자로부터의 광을 나타내고 있다. 즉, 광스포트(143) 및 (144)가 다수 모인 광이, 회절광학소자(140)에 입사하는 광이 된다.

광스포트(143) 및 (144)의 크기는, 도 2에 있어서의 광학소자(140)와 집광점(132)사이의 거리에 따라 변동한다. 예를 들면, 이 거리를 크게함에 따라서, 도 3B에 나타난 바와 같이, 광스포트(144)의 사이즈가 확대해서, 회절광학소자면(142)상에서 각 스포트가 서로 겹친다. 이와 같이, 회절광학소자면(140)과 집광점(132)사이의 거리를 적절하게 설정함으로써 회절광학소자면(142)상에서의 에너지 집중에 의한 소자의 과손을 방지할 수 있다.

회절광학소자(140)은, 본 실시예에서는, 위상형의 컴퓨터생성홀로그램(Computer Generated Hologram: CGH)이며, 기관표면에 계단형상의 요철구조를 가진다. CGH는, 물체광과 참조광 사이의 간섭무늬패턴을 계산하고, 묘화장치로부터 직접 출력함으로써 만들어지는 홀로그램이다. 재생광의 소망한 조도분포를 얻기 위한 간섭무늬형상은 컴퓨터에 의한 반복 계산을 이용해서 용이하게 구할 수 있다.

도 4A는 이와 같이해서 작성된 위상형 CGH의 정면도이고, 도 4B는, 도 4A의 화살표를 따른 위치에 있어서의 개략단면도이다. 도 4A는, 농담분포(145)로서 기관상에 형성된 요철의 위상분포를 나타내고 있다. 단면(146)과 같은 계단상의 단면의 제작에 반도체소자의 제조기술을 적용할 수 있고, 미세한 피치도 비교적 용이하게 실현할 수 있다.

회절광학소자(140)의 재생상으로서 얻을 수 있는 소망의 조도분포 또는 유효광원분포는, 도 5A에 나타내는 환형상분포, 도 5B에 나타내는 사중극 분포 및 도 5C에 나타내는 이중극 분포 등, 노광하려고 하는 패턴에 대해서 적합한 분포를 포함하지만, 이들에 한정되는 것은 아니다. 이들 조도분포는 도 1의 개구(152)에 의한 재생상으로서 생성되어 줌 광학계 (156)에 의해 소망의 배율로 변배한 후에 다광속 발생수단(170)의 입사면에 투영된다. 이러한 구성에 의해, 변형조명을 제공해서 해상능의 향상을 달성한다. 본 실시예는 위상형의 회절광학소자(140)에 원의 편광을 도입하고, 회절에서는 편광면을 유지하기 때문에, 원의 편광의 유효광원분포를 형성하고 있다. 또, 도 5A 내지 도 5C에 나타내는 유효광원분포를 형성하는 복수개의 회절광학소자를 도 1에 도시한 터릿(141)과 같은 절환수단에 의해 절환하는 것에 의해, 조명조건을 용이하게 변경하는 것이 가능하다. 또, 통상의 조명시에 있어서 편광제어할 필요가 없는 경우는, 위상변환소자(160)을 광로로부터 제거해도 된다.

릴레이 광학계(150)은, 회절광학소자(140)에서 계산된 진폭변조 또는 위상변조를 받은 회절광을 이용해서, 개구(152)에 강도가 거의 균일한 유효광원분포(154)를 형성한다. 회절광학소자(140)와 개구(152)는, 서로 푸리에 변환의 관계가 되도록 배치되어 있고, 이 관계에 의해, 회절광학소자(140)의 임의의 일점으로부터 발산한 광은 유효광원분포(154) 전체에 기여한다. 즉, 도 3A 및 도 3B에 있어서 광스포트(143) 및 (144)를 형성하는 임의의 광에 의해, 도 5A 내지 도 5C에 도시한 변형조명에 적합한 유효광원분포(154)가 개구(152)에 형성된다.

도 2에 나타낸 바와 같이, CGH(140)에 입사하는 광은 발산각(134)를 가지고, 그 각도에 응해 유효광원분포(154)에 약간의 흐려짐이 생긴다. 그러나, 그 흐려짐각은 발산각(134)에 의해 정의되고, 소망의 유효광원분포(154)가 흐려짐량을 예상하도록 회절광학소자(140)을 설계한다. 유효광원분포(154)는, 줌 광학계(156)에 의해 소망의 배율로 변배되어, 다광속 발생수단(170)의 입사면에 위상변환소자(160)을 개재해서 균일한 광원상으로서 투영된다.

이하, 유효광원분포(154)가 도 5A에 나타내는 환형상의 조명인 경우에 위상변환소자(160)을 사용해서 균일한 광원상을 형성하는 광의 편광방향을 접선방향(도 8의 (168)로 나타낸 편광방향)으로 효율 좋게 변환하는 방법에 대해 설명한다. 또 접선방향의 편광조명이란, 입사면에 대해서 직교하는 방향의 직선편광으로 피조사면을 조명하는 것을 말한다.

도 6은, 다광속 발생수단(170)의 입사면근방에 배치된 위상변환소자(160)의 개략정면도이다. 본 실시예의 위상변환소자(160)은, 중심각 45°의 $\lambda/4$ 위상판(단, λ 는 노광과장)(162)을 8매 포함하고 있다. 환형상의 유효광원분포(161)은, 유효광원분포(154)를 줌 광학계(156)으로 소망한 배율로 변경한 후에 줌 광학계(156)로부터 사출된 광에 의해 위상변환소자(160)의 입사측에 형성되는 분포이다.

$\lambda/4$ 위상판(162)는, 예를 들면, 수정과 같은 복굴절성 결정을 포함하며, 도 7에 나타낸 바와 같이, 그 광학축을 z방향으로 해서 y방향으로 원의 편광(163)이 $\lambda/4$ 위상판(162)에 입사하면 z방향으로 진동하는 성분(이상광선)과 x축방향으로 진동하는 성분(정상광선)의 사이에 $\lambda/4$ 파장($\pi/2$)의 위상차이가 생긴다. 이에 의해, xz평면내에서 방위각 45°의 방향, 또는 방향(164)로 진동하는 직선편광(165)을 얻을 수 있다. $\lambda/4$ 위상판(162)는, 도 7에 나타낸 바와 같이, 소망의 위상차이에 대응하는 복굴절 결정의 두께를 가지며, 꼭지각(166)을 45°로 하는 이등변 삼각형의 형상으로서 제조된다. 꼭지각(166)이 바닥에 있을 때에 직선편광(165)가 수평방향성분을 가지도록 광학축z를 설정한다. 위상변환소자(160)은, $\lambda/4$ 위상판(162)를 꼭지각(166)을 중심으로 방사 방향으로 적절한 프레임으로 고정하는 것에 의해 형성된다.

환형상의 유효광원분포(154)는, 회절광학소자(140)에 원의 편광을 도입해서 형성한 상(또는 조도분포), 또는 도 5를 참조해서 설명한 바와 같은, 원의 편광이다. 따라서, 위상변환소자(160)의 입사측에 형성되는 환형상의 상을, 도 8에서와 같이, 개략적으로 나타내면 각 $\lambda/4$ 위상판(162)의 영역에 입사하는 줌 광학계(156)에 의한 환형상의 조도분포의 광은 원의 편광(167)이다. 이러한 원의 편광(167)이 위상변환소자(160)을 통과하면, 다광속 발생수단(170)에 입사하는 광은, 도 8에 도시한 화살표로 나타낸 바와 같이, 접선방향(고리의 접선방향)으로 편광성분을 가지는 직선편광(168)이 된다.

변형조명을 위한 유효광원분포는, 도 5B 및 도 5C에 나타낸, 이중극이나 사중극 분포를 포함한다. 도 9A 및 도 9B는 유효광원분포가 이중극의 경우를 나타내며, 여기서 도 9A는 도 8에 있어서의 좌하의 그림에 대응하고, 도 9B는 도 8에 있어서의 우하의 그림에 대응한다. 도 9C 및 도 9D는 유효광원분포가 사중극의 경우를 나타내며, 여기서 도 9(c)는 도 8에 있어서의 좌하의 그림에 대응하고, 도 9D는 도 8에 있어서의 우하의 그림에 대응한다. 상술한 바와 같이, 이러한 분포가 발생되도록 설계·제작한 CGH를 터릿(141)에 탑재하면, 필요한 때에 전환해서 사용할 수 있다.

다광속 발생수단(170)은, 복수의 미소렌즈로 구성되는 파리의 눈렌즈와 같은 옵티칼 인티그레이터로 되고, 그 사출면은 복수의 점광원으로 이루어지는 광원면을 형성하고 있다. 각 미소렌즈는 회절광학소자로 형성해도 되고, 또는 기관상에 에칭가공으로 형성된 마이크로렌즈 어레이로 형성해도 된다.

도 8에 있어서, 다광속 발생수단(170)의 입사면상에 소망의 균일한 광원상(168)이 투영되면, 그 유효광원분포는 사출면(174)에 전사된다. 다광속 발생수단(170)의 사출측에는 환형상의 광원에 대응하는 개구조리개(172)가 배치되기 때문에, 2차광원 분포만이 개구조리개(172)의 개구부를 통과할 수 있고, 그 편광성분은 상(168)과 같은 접선방향으로 분포하고 있다. 동시에 개구조리개(172)는 불필요한 광을 차광한다.

도 1로 돌아오면, 제어계는, 드라이버(118)과, 반투명경(176)과, 집광광학계(178)과, 편광도 감시계(180)을 가진다. 드라이버(118)은, 도 1 및 도 2에 나타낸 바와 같이, 위상조정수단(110)을 상하로 이동시키고, 위상조정수단(110)을 통과하는 광에 소망의 위상차이를 주어 편광상태를 변경한다.

반투명경(176)은, 다광속 발생수단(170)의 광의 일부를 편향시킨다. 집광광학계(178)은, 반투명경(176)에 의해 편향된 광을 집광한다. 편광도 감시계(180)은, 집광광학계(178)으로부터의 광에 의거해서 드라이버(118)의 이동량을 결정해서 제어하며, 편홀(182)와, 집광광학계(184)와, 센서유닛(186)을 가진다. 편홀(182)은 집광광학계(178)의 촛점평면에 배치되며, 피조사면으로서의 마스크와 공액으로 배치된다. 집광광학계(184)는, 편홀(182)를 통과하는 광을 센서유닛(186)에 도광한다. 센서유닛(186)은, 복수의 직선편광자와, 수광소자와, CPU를 가진다. 센서유닛(186)내의 복수의 입사면과 개구조리개(172)는 서로 공액인 관계를 가진다. 드라이버(118)의 이동량을 연산하는 연산부는 드라이버(118)와 일체로 해도 된다.

마스크(200)은, 예를 들면, 석영계로 되어 있으며, 전사되어야 할 회로패턴 (또는 상)을 가지며, 마스크 스테이지에 의해 지지 및 구동된다. 마스크로부터의 회절광은, 투영광학계(300)을 통과하고, 그 후 플레이트(400)상에 투영된다. 마스크(200)와 플레이트(400)은, 광학적으로 공액의 관계로 위치해 있다. 본 실시예의 노광장치(1)은 스캐너이기 때문에, 마스크(200)와 플레이트(400)을 축소 배율비의 속도비로 스캔하고, 이와같이 해서 마스크(200)의 패턴을 플레이트(400)에 전사한다. 스텝·앤드·리피트 방식의 노광장치("스테퍼" 라고도 칭함)의 경우는, 마스크(200)와 플레이트(400)을 정지시킨 상태로 노광을 한다.

투영광학계(300)은, 복수의 렌즈소자만을 포함하는 광학계(디오프릭 광학계), 복수의 렌즈소자와 적어도 하나의 미러를 가지는 광학계(카타디오프릭 광학계), 복수의 렌즈소자와 적어도 하나의 키노폼 등의 회절광학소자를 가지는 광학계 및 전체미러형의 광학계(카토프릭 광학계) 등을 사용해도 된다. 색수차의 보정이 필요한 경우에는, 서로 분산치(압배치)가 다른 유리재로 되는 복수의 렌즈 유니트를 이용하거나, 또는 회절광학소자를 렌즈 유니트와 역방향의 분산이 생기도록 배치할 수 있다. 또, 보다 높은 해상도로 NA를 1이상으로 노광하도록, 플레이트(400)와 투영광학계(300)의 상측의 최종렌즈와의 사이의 공간에 액체를 채우는 소위 액침 노광에 투영광학계를 적용할 수 있다.

플레이트(400)은, 웨이퍼나 LCD 등의 예시적인 피처리체이며, 플레이트(400)에는 포토레지스트(photoresist)가 도포되어 있다. 플레이트(400)은 척(도시하지 않음)을 개재해서 스테이지(도시하지 않음)에 의해 지지된다. 마스크(200)와 플레이트(400)은, 예를 들면, 동기주사되고, 스테이지(도시하지 않음)와 마스크 스테이지(도시하지 않음)의 위치는, 예를 들면, 간섭계에 의해 감시되어, 양자는 일정한 속도비율로 구동된다.

이하, 노광장치(1)의 동작에 대해 설명한다. 광원부(102)로부터 출사한 광은 편향광학계(104)에 의해 빔 정형 광학계(106)로 편향되고, 빔 정형 광학계(106)에 입사하는 광은, 소정의 형상으로 정형되며, 편광제어수단(108)에 의해 불필요한 직선편광이 제거된다. 다음에, 위상조정수단(110)에 의해 직선편광은 원의 편광으로 변환되고, 그 다음에, 사출각도보존 광학소자(120)에 의해 광을 복수의 점광원으로 분할한다. 다음에, 사출각도보존 광학소자(120)로부터의 광은, 릴레이 광학계(124)를 거쳐 원의 편광으로서 다광속 발생수단(130)에 입사한다.

다광속 발생수단(130)으로부터의 원의 편광은 사출NA를 유지한 채로 회절광학소자(140)에 입사하고, 소망의 변형조명으로 변환된다. 회절광학소자(140)에 의해 진폭변조 또는 위상변조된 회절광은 릴레이 광학계(150)를 개재해서 개구(152)에 유효광원분포(154)를 형성한다. 그 다음에, 유효광원분포(154)는, 줌 광학계(156)에 의해 변배되고, 위상변환소자(160)에 의해 직선편광으로 변환되어 다광속발생수단(170)에 입사한다.

다광속 발생수단(170)을 구성하는 각 미소렌즈소자로 부터의 사출광은, 조사수단(177)에 의해 피조사면으로서의 마스크(200)에서 중첩되고, 피조사면이 전체적으로 균일한 조도분포가 되도록, 예를 들면, 피조사면을 필터 조명한다. 마스크(200)은 마스크 스테이지상에 높이고, 주사노광장치에서는 노광시에 구동된다. 마스크(200)을 통과해서 마스크 패턴을 반영하는 광은, 투영광학계(300)에 의해 투영배율(예를 들면, 1/4 이나 1/5)로 웨이퍼 척(도시하지 않음)을 개재해서 스테이지에 고정된 플레이트(400)에 결상된다. 웨이퍼 척은 웨이퍼 스테이지상에 배치되어 노광시에 구동된다.

위상변환소자(160)은 위상을 변환하지만, 필터와 같이 차광하지는 않는다. 따라서 조도 또는 쓰루풋의 저하가 없다. 또, 변형조명에 의해, 고해상도의 노광을 실시할 수 있다. 또, 유효광원조명은 접선방향의 직선편광을 이용하기 때문에 상콘트라스트를 개선한다.

또, 조명광학계를 구성하는 광학소자의 제조오차나 초재 및 반사방지막의 불량한 복굴절성 등의 영향에 의해, 중심축에 대칭으로 위상오프셋이 발생할 수 있고, 접선의 직선편광이 조금 타원편광으로 될 수 있다. 이 경우, 위상조정수단(110) 및 제어기가 위상과 편광도를 조절한다. 즉, 다광속 발생수단(170)을 구성하는 각 미소렌즈소자로부터의 출사광의 일부(수% 정도)를 반투명경(176)에 의해 도출하고, 집광광학계(178)에 의해 편광도 감시계(180)의 핀홀(182)에 광을 집광한다. 핀홀(182)과 마스크(200)는 서로 공액 관계에 있기 때문에, 핀홀(182)에는 균일한 조명영역이 형성된다. 또, 센서유닛(186)의 입사면은 개구조리개(172)와 공액이므로, 유효광원분포는 센서유닛(186)의 입사면에 형성된다. 이 결과, 센서유닛(186)은 유효광원분포내의 복수의 위치에서 편광도를 측정하고, 소망의 접선방향의 직선편광과는 다른 성분의 강도를 측정한다.

측정에 의해 검출된 신호는, 센서유닛(186)에 내장된 CPU에 의해 처리되어, 미동량을 산출하고, 드라이버(118)에 그 미동량이 송신된다. 이에 응답해서, 드라이버(118)은, 위상조정수단(110)이 위상오프셋을 캔슬하도록 위상조정수단(110)을 구동한다. 이 결과, 접선방향의 편광은 거의 직선 편광이 되도록 조정된다.

편광도 감시계(180)은, 반투명경(176) 및 집광광학계(178)에 의해 노광중에 광속의 일부를 도출하는 동안, 노광전후에만 반투명경(176)을 광로중에 삽입해서 편광도를 측정하고, 노광중에는 반투명경(176)을 광로로부터 제거해서 광의 일부를 차광하지 않도록 해도 된다. 또, 노광전후에 마스크를 광로로부터 제거해도 되고, 마스크 대신에 편광도 감시계(180)을 배치해서 편광도를 측정해도 된다.

조명장치(100)은, 마스크(200)를 전체적으로 균일한 조도가 되도록 마스크(200)를 조명하고 있지만, 다광속 발생수단(170)의 사출면의 각 미소영역으로부터의 사출광은 2 방향에서 다른 각도를 가져도 되고, 슬릿형상의 노광영역을 주사하는 것에 의해 플레이트(400)을 노광해도 된다.

광원(102)로부터의 광이 외란에 의해 미소 변동해도, 도 2에 나타난 바와 같이, 사출각도보존 광학소자(120)는 사출각도(122)를 유지하고, 다광속 발생수단(130)에의 입사광의 위치는 변화하지 않는다. 즉, 조도분포(126)의 위치는 고정된다. 또, 다광속 발생수단(130)으로부터의 광은 사출각도(134)를 고정하고, 회절광학소자(140)에의 입사광은 실질적으로 변동이 없다. 그 결과, 조명장치(100)은, 광원으로부터의 광속의 변동에 대해서 매우 안정된 계로 된다.

광원으로부터의 광의 변동이 있어도 조명장치(100)는 조명영역에 영향을 주지 않고, 또한 CGH에 의해 임의의 변형조명을 위한 조도분포를 형성한다. 또, 조명장치(100)은, 임의의 변형조명조건에 대해서 조명효율을 저하시키지 않고 접선방향으로 직선편광을 제공할 수 있다. 또, 조명장치(100)은, 조명광학계를 구성하는 광학소자에 의해 야기되는 편광에의 위상오프셋의 영향을 제거함으로써 직선편광의 편광도를 높여서 상콘트라스트를 개선할 수 있다.

도 10 및 도 11을 참조해서, 노광장치(1)를 이용한 디바이스 제조방법의 일실시예를 이하 설명한다. 도 10은 디바이스(즉, IC 나 LSI 등의 반도체 칩, LCD, CCD 등)의 제조를 설명하기 위한 플로차트이다. 여기서 일례로서 반도체칩의 조립에 대해서 설명한다. 스텝 1(회로설계)에서는, 반도체 디바이스의 회로를 설계한다. 스텝 2(마스크 제작)에서는, 설계한 회로패턴을 형성한 마스크를 제작한다. 스텝 3(웨이퍼 제조)에서는, 실리콘 등의 재료를 이용해서 웨이퍼를 제조한다. 스텝 4(웨이퍼 프로세스)는, 전공정으로 불리우며, 마스크와 웨이퍼를 이용해서 리소그래피 기술에 의해 웨이퍼상에 실제의 회로를 형성한다. 스텝 5(조립)는 후공정으로 불리우고, 스텝 4에 의해 제작된 웨이퍼를 이용해 반도체 칩화하는 공정이며, 조립

공정(예를 들면, 다이싱, 본딩), 패키징공정(칩 봉입) 등의 공정을 포함한다. 스텝 6(검사)에서는, 스텝 5에서 제작된 반도체 디바이스의 동작확인 테스트, 내구성 테스트 등의 각종 검사를 실시한다. 이들 공정을 거쳐서, 반도체 디바이스가 완성되고, 이것이 출하된다(스텝 7).

도 11은, 도 10의 스텝 4의 웨이퍼 프로세스의 상세한 플로우차트이다. 스텝 11(산화)에서는, 웨이퍼의 표면을 산화시킨다. 스텝 12(CVD)에서는, 웨이퍼의 표면에 절연막을 형성한다. 스텝 13(전극형성)에서는, 웨이퍼상에 전극을 증착 등에 의해 형성한다. 스텝 14(이온주입)에서는, 웨이퍼에 이온을 주입한다. 스텝 15(레지스트처리)에서는 웨이퍼에 감광재를 도포한다. 스텝 16(노광)에서는, 노광장치(10)를 사용해서 마스크 패턴을 웨이퍼에 노광한다. 스텝 17(현상)에서는, 노광한 웨이퍼를 현상한다. 스텝 18(에칭)에서는, 현상한 레지스터상 이외의 부분을 에칭한다. 스텝 19(레지스트 박리)에서는, 에칭 후에 불필요해진 레지스터를 제거한다. 이들 스텝을 반복해 실시하는 것에 의해, 웨이퍼상에 다중으로 회로패턴이 형성된다. 종래에는 제조하기 어려웠던, 생산성 및 경제성이 좋은 고해상도의 디바이스(반도체소자, LCD 소자, 촬상소자(예를 들면 CCD), 박막자기헤드 등)를 용이하게 제조할 수 있다. 이와 같이해서, 노광장치(1)를 사용하는 디바이스 제조방법 및 그 결과물(중간 및 최종 생성물)도 본 발명의 일측면을 구성한다.

발명의 효과

본 실시예에 의하면, 조명효율을 저하시키지 않고, 임의의 변형조명으로 소망한 방향의 직선편광을 설정할 수 있고, 직선편광의 편광도의 열화를 용이하게 수정하는 것이 가능한 조명장치, 이 조명장치를 가지는 노광장치 및 이 노광장치를 이용한 디바이스 제조방법을 제공할 수 있다.

본 출원은 본 명세서에서 인용하여 구체화되어 있는, 2004년 3월 18일에 출원한 일본 특허출원 제 2004-078065호에 근거해서 외국 우선권을 주장하고 있다.

본 발명은 그 정신 및 범위로부터 이탈하지 않고 명백하게 다른 많은 실시예가 이루어질 수 있으므로, 본 발명은 청구범위에서 규정된 것을 제외하고 특정 실시예에 한정되지 않는 것으로 이해되어야 한다.

도면의 간단한 설명

도 1은 노광장치의 개략블록도

도 2는 도 1에 도시한 조명장치의 위상조정수단 근방의 광로도

도 3A 및 도 3B는 도 1에 도시한 회절광학소자의 개략정면도

도 4A 및 도 4B는 도 1에 도시한 회절광학소자의 위상분포 및 개략단면도

도 5A 내지 도 5C는 도 1에 도시한 회절광학소자가 생성하는 예시적인 조도분포

도 6은 위상변환소자의 개략 평면도

도 7은 도 6에 도시한 위상변환소자의 구성요소의 개략확대 사시도

도 8은 도 1에 도시한 위상변환소자의 입사면과 출사면의 편광상태를 설명하기 위한 개략도

도 9A 내지 도 9D는 도 8에 도시한 위상변환소자의 입사면과 출사면의 편광상태의 변형예를 설명하기 위한 개략도

도 10은 디바이스(IC와 LSI 등의 반도체칩, LCD, CCD 등)를 제조하는 방법을 설명하기 위한 플로우차트

도 11은 도 10에 도시한 웨이퍼 프로세스의 스텝 4의 상세한 플로우차트.

<도면의 주요부분에 대한 부호의 설명>

1: 노광장치 100: 조명장치

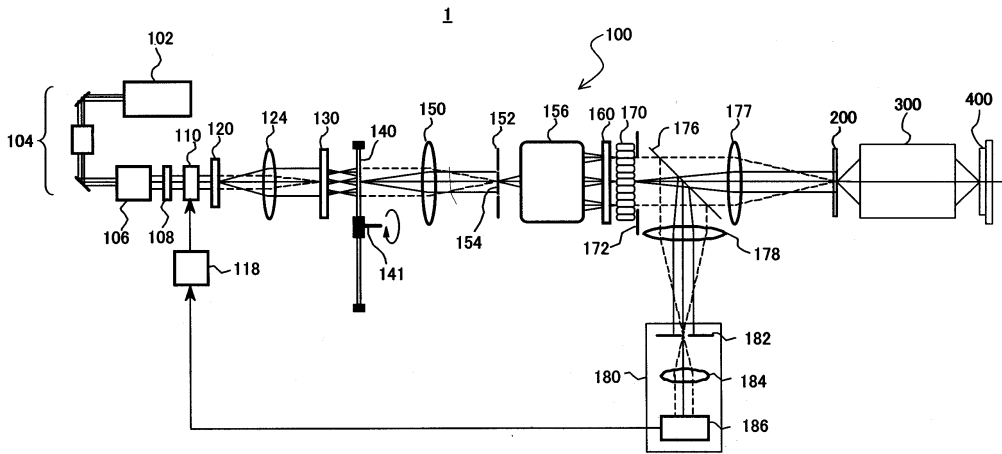
110: 위상조정수단 140: 회절광학소자

160: 위상변환소자 172: 개구조리개

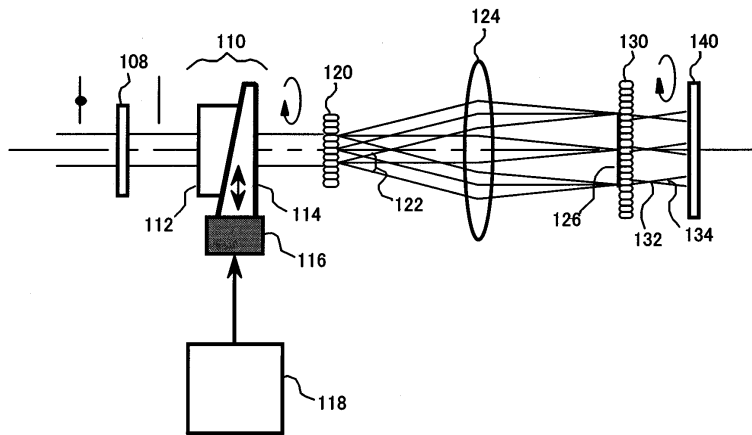
200: 마스크(레티클)

도면

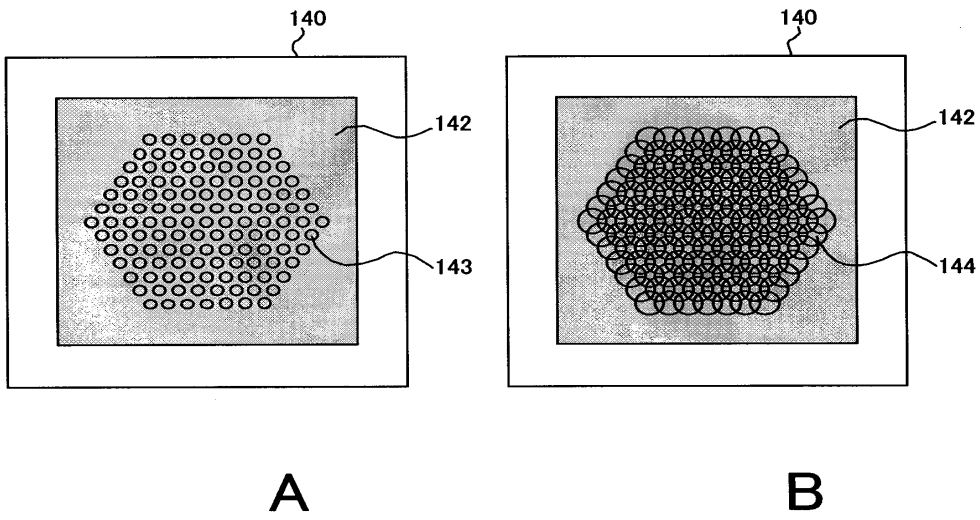
도면1



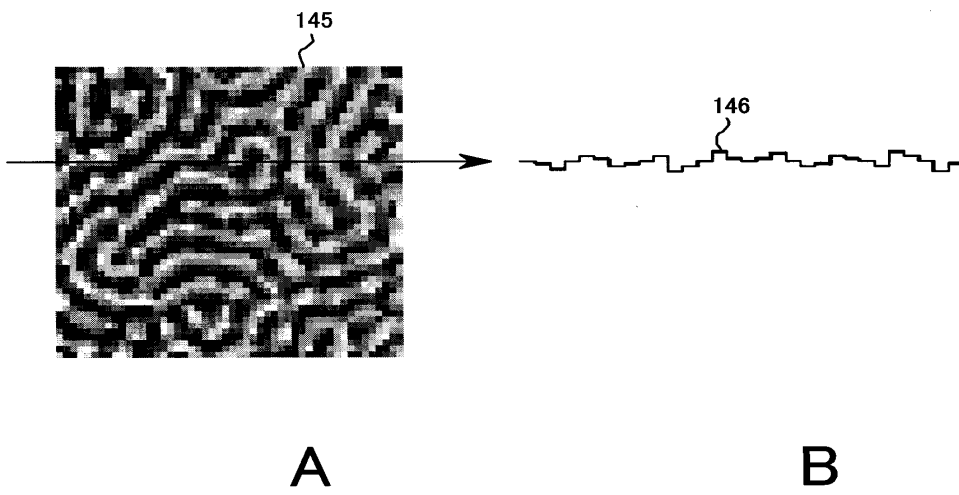
도면2



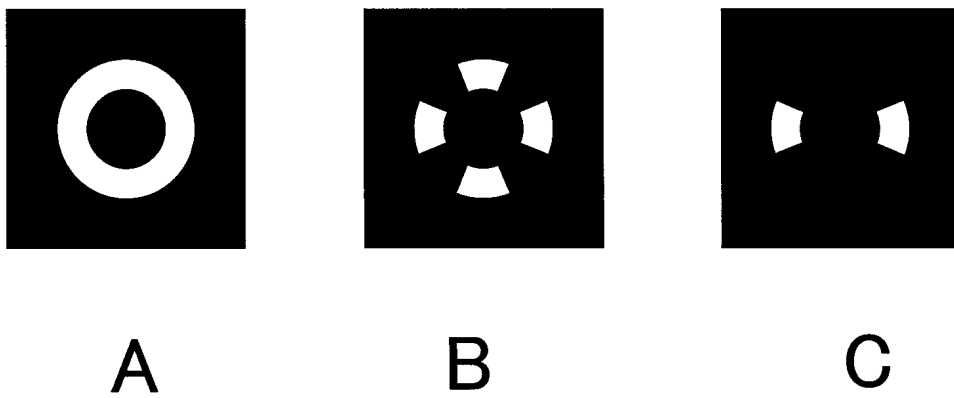
도면3



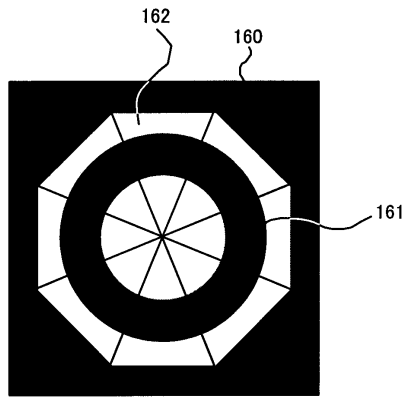
도면4



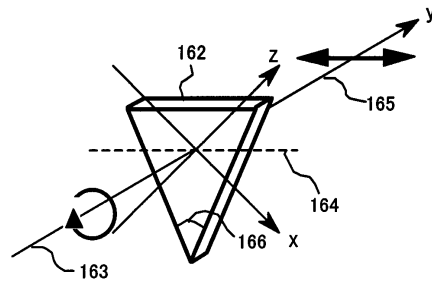
도면5



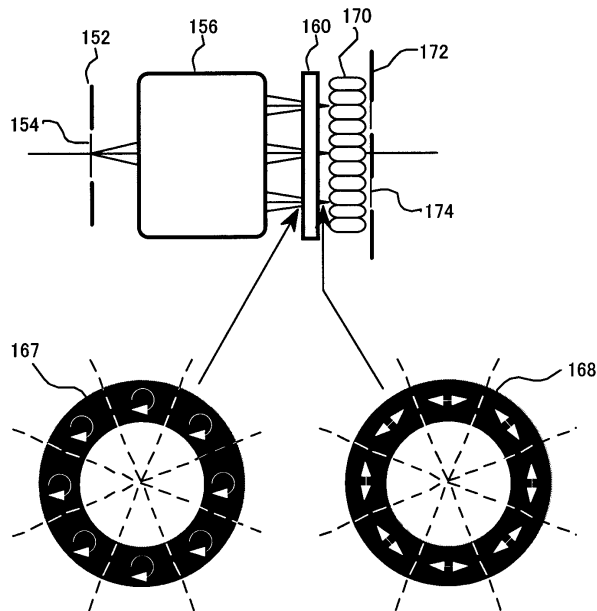
도면6



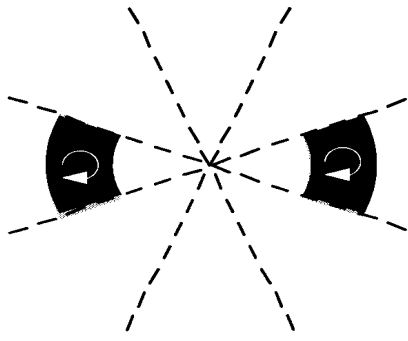
도면7



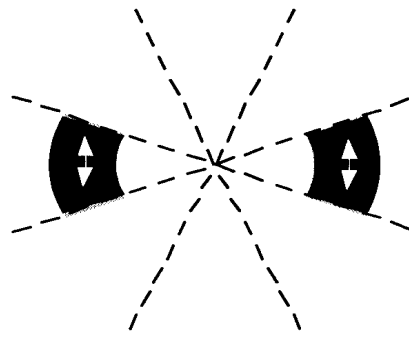
도면8



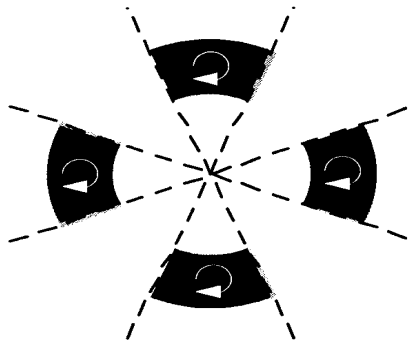
도면9



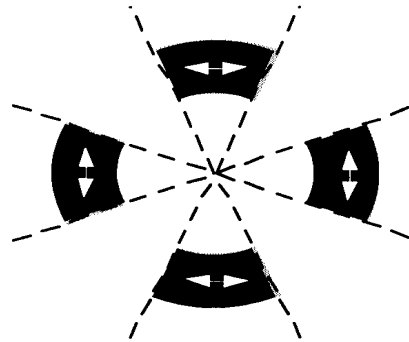
A



B

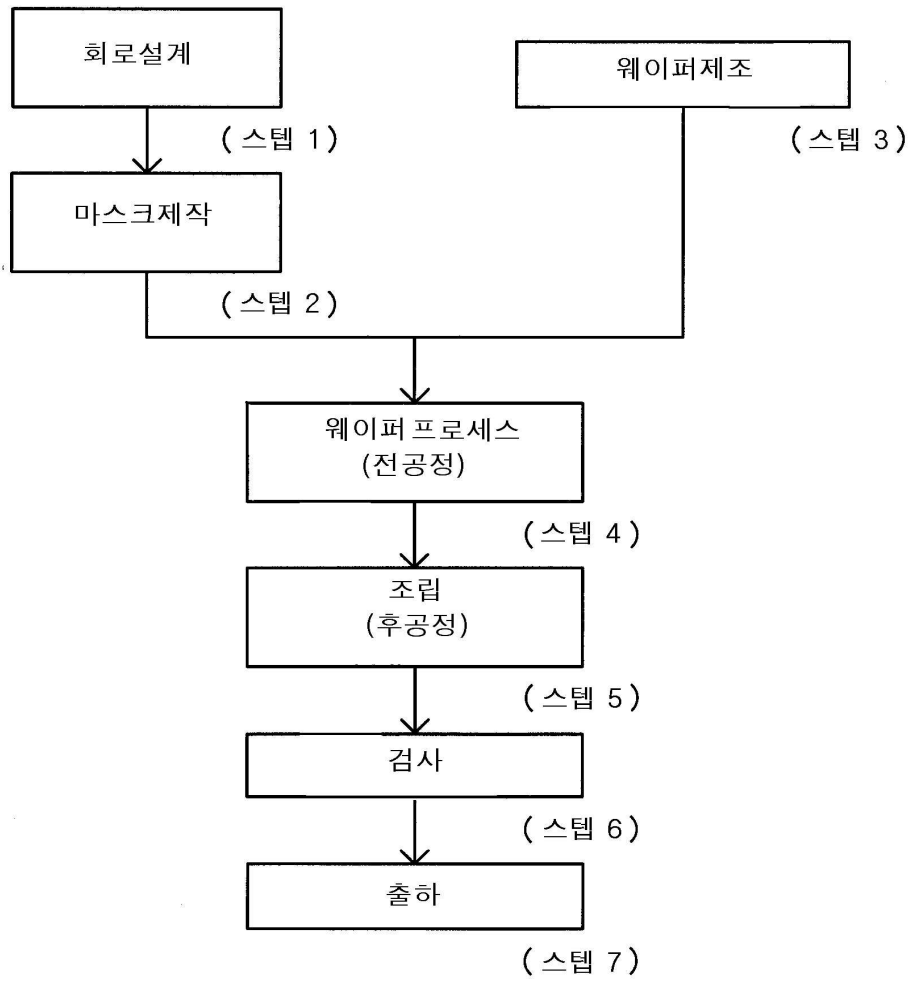


C



D

도면10



도면11

