



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2016년10월04일
 (11) 등록번호 10-1662330
 (24) 등록일자 2016년09월27일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
 G03F 7/20 (2006.01) G02B 26/00 (2006.01)
 G02B 27/18 (2006.01)
 (21) 출원번호 10-2010-7012541
 (22) 출원일자(국제) 2008년11월06일
 심사청구일자 2013년11월05일
 (85) 번역문제출일자 2010년06월07일
 (65) 공개번호 10-2010-0099157
 (43) 공개일자 2010년09월10일
 (86) 국제출원번호 PCT/JP2008/070627
 (87) 국제공개번호 WO 2009/060991
 국제공개일자 2009년05월14일
 (30) 우선권주장
 JP-P-2007-290234 2007년11월08일 일본(JP)
 (56) 선행기술조사문헌
 KR1020020092207 A*
 US20060068334 A1
 EP1826616 A
 *는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자
 가부시키가이샤 니콘
 일본국 도쿄도 미나토쿠 고난 2초메 15반 3고
 (72) 발명자
 무라마츠 코우지
 일본 도쿄도 지요다쿠 마루노우치 3초메 2반 3고
 가부시키가이샤 니콘 내
 (74) 대리인
 제일특허법인

전체 청구항 수 : 총 12 항

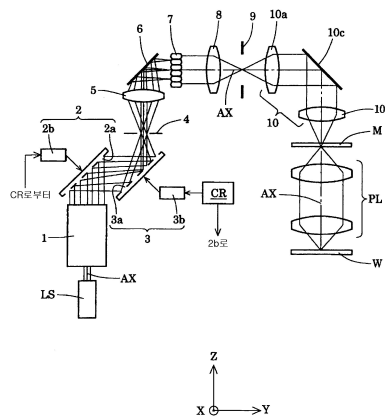
심사관 : 퇴_조승현

(54) 발명의 명칭 **조명광학계, 조명 광학 장치, 노광 장치, 및 디바이스 제조 방법**

(57) 요약

본 발명은 소망의 형상 및 소망의 조도의 동공 강도 분포를 형성할 수 있고, 또한 풍부한 다양성의 조명 조건을 실현할 수 있는 조명 광학 장치에 관한 것이다. 조명 광학 장치는, 광의 입사 순서로 배치된 제 1 공간 광 변조기(2)와 제 2 공간 광 변조기(3)로 이루어지는 공간 광 변조 유닛과, 제 1 공간 광 변조기 및 제 2 공간 광 변조기를 통과한 광속에 근거해서 조명 동공에 소정의 광 강도 분포를 형성하는 분포 형성 광학계(5, 7)를 포함한다. 제 1 공간 광 변조기(2)는, 2차원적으로 배열되어서 그 자세가 각각 개별로 제어되는 복수의 제 1 광학 요소(2a)를 구비한다. 제 2 공간 광 변조기는, 제 1 광학 요소에 대응해서 배열되어서 그 자세가 각각 개별로 제어되는 복수의 제 2 광학 요소를 구비한다.

대표도



명세서

청구범위

청구항 1

광원으로부터의 광으로 피조사면을 조명하는 조명 광학계에 있어서,

2차원적으로 배치되는 복수의 제 1 광학 요소를 갖고, 상기 광원으로부터의 광을 변조하여 사출하는 제 1 공간 광 변조기와,

2차원적으로 배치되는 복수의 제 2 광학 요소를 갖고, 상기 제 1 공간 광 변조기로부터의 광을 변조하여 사출하는 제 2 공간 광 변조기와,

상기 제 2 공간 광 변조기로부터의 광을 2차원적으로 분할하는 광 분할 부재를 구비하며, 상기 조명 광학계의 조명 동공에 소정의 광 강도 분포를 형성하기 위한 분포 형성 광학계와,

상기 제 1 공간 광 변조기의 상기 복수의 제 1 광학 요소의 자세와, 상기 제 2 공간 광 변조기의 상기 복수의 제 2 광학 요소의 자세를 개별적으로 제어하는 제어부를 포함하는

조명 광학계.

청구항 2

제 1 항에 있어서,

상기 제어부는, 상기 제 1 및 제 2 공간 광 변조기를 거쳐서 상기 광 분할 부재로 입사하는 입사광의 상기 광 분할 부재에서의 입사 위치와, 상기 입사광의 상기 광 분할 부재로의 입사 각도를 독립적으로 설정하도록 제어하는

조명 광학계.

청구항 3

제 1 항에 있어서,

상기 제 1 공간 광 변조기는, 상기 복수의 제 1 광학 요소로서, 2차원적으로 배열된 복수의 제 1 미러 요소와, 상기 제 1 미러 요소의 자세를 개별로 변경하는 제 1 구동부를 구비하고,

상기 제 2 공간 광 변조기는, 상기 복수의 제 2 광학 요소로서, 2차원적으로 배열된 복수의 제 2 미러 요소와, 상기 제 2 미러 요소의 자세를 개별로 변경하는 제 2 구동부를 구비하는

조명 광학계.

청구항 4

제 3 항에 있어서,

상기 제 1 구동부는, 상기 제 1 미러 요소의 각각을 통과한 광속이 일대일 대응의 관계로 2차원적으로 배치된 대응하는 제 2 미러 요소에 입사되도록 상기 제 1 미러 요소의 방향을 연속적으로 변화시키며,

상기 제 2 구동부는 상기 제 2 미러 요소의 방향을 연속적으로 변화시키는

조명 광학계.

청구항 5

제 3 항에 있어서,

상기 제 1 및 제 2 미러 요소 각각에 대해서, 자세 제어를 위한 기준으로서의 기준면에 대한 법선과 상기 제 1 및 제 2 미러 요소의 각각에서 미러면에 대한 법선 사이에 소망의 각도가 형성되도록, 상기 제 1 및 제 2 구동부를 구동 제어하기 위한 제어부를 더 포함하며,

상기 제어부에 의해 상기 제 1 및 제 2 구동부의 각각에 제공된 각도에 관한 제어 정보가 상기 기준면상의 2개 축 둘레에서의 회전 각도 성분에 의해 규정되며, 상기 2개 축은 상기 기준면에 대한 법선에 교차 통과되고, 서로 직교하는

조명 광학계.

청구항 6

제 1 항 내지 제 5 항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 제 1 공간 광 변조기에 한번 도달한 광이 파워를 가진 임의의 광학 부재를 통과함이 없이 상기 제 1 공간 광 변조기로부터 상기 제 2 공간 광 변조기에 도달하는

조명 광학계.

청구항 7

제 1 항 내지 제 5 항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 제 1 및 제 2 공간 광 변조기는, 상기 복수의 제 1 광학 요소가 2차원적으로 배치되는 면이 상기 복수의 제 2 광학 요소가 2차원적으로 배치되는 면에 평행으로 되도록 배치되어 있는

조명 광학계.

청구항 8

제 1 항 내지 제 5 항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 공간 광 변조 유닛이 평행 광속을 상기 제 1 공간 광 변조기에 공급하는 광원과 조합되어 사용되는

조명 광학계.

청구항 9

제 1 항에 있어서,

상기 복수의 제 2 광학 요소는 상기 복수의 제 1 광학 요소에 일대일 대응 관계로 배열되어 있는

조명 광학계.

청구항 10

제 1 항 내지 제 5 항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 광 분할 부재는 플라이 아이 렌즈를 포함하는

조명 광학계.

청구항 11

삭제

청구항 12

삭제

청구항 13

소정의 패턴을 조명하기 위한 제 1 항 내지 제 5 항 중 어느 한 항에 기재된 조명 광학계를 구비한 노광 장치로서, 상기 노광 장치는 상기 소정의 패턴을 감광성 기관에 노광하는

노광 장치.

청구항 14

디바이스 제조 방법에 있어서,

광원으로부터의 조명광으로 소정의 패턴을 조명하여 상기 소정의 패턴으로부터의 광으로 감광성 기판을 노광하는 것;

상기 소정의 패턴이 전사된 상기 감광성 기판을 현상한 후, 상기 소정의 패턴에 대응하는 형상의 마스크층을 상기 감광성 기판의 표면에 형성하는 것; 및

상기 마스크층을 거쳐서 상기 감광성 기판의 표면을 가공하는 것을 포함하고,

상기 노광하는 것은,

이차원적으로 배치되는 복수의 제 1 광학 요소를 갖는 제 1 공간 광 변조기를 이용해서, 상기 광원으로부터의 광을 변조하여 사출하는 것과,

이차원적으로 배치되는 복수의 제 2 광학 요소를 갖는 제 2 공간 광 변조기를 이용해서, 상기 제 1 공간 광 변조기로부터의 광을 변조하여 사출하는 것과,

이차원적으로 배치되는 복수의 광학 요소를 갖는 플라이 아이 광학계에 상기 제 1 공간 광 변조기를 경유한 조명광을 조사하는 것과,

상기 제 1 및 제 2 공간 광 변조기를 경유하여 상기 플라이 아이 광학계에 입사하는 입사광의 상기 플라이아이 광학계에서의 입사위치와, 상기 입사광의 상기 플라이 아이 광학계의 입사각도를 독립적으로 소정값으로 설정하는 것과,

상기 플라이 아이 광학계로부터의 광을 동공면에 분포시키는 것과,

상기 동공면을 경유한 조명광으로 상기 소정의 패턴을 조명하는 것을 포함하는

디바이스 제조 방법.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 공간 광 변조 유닛, 조명 광학 장치, 노광 장치, 및 디바이스 제조 방법에 관한 것이다. 더욱 상세하게는, 본 발명은 반도체 소자, 촬상 소자, 액정 표시 소자, 박막 자기 헤드 등의 디바이스를 리소그래피에 의해 제조하기 위한 노광 장치에 적절히 적용할 수 있는 조명 광학 장치에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 이 종류의 전형적인 노광 장치에 있어서는, 광원으로부터 사출된 광속(light beam)이, 옵티컬 인테그레이터(optical integrator)로서의 플라이 아이 렌즈(fly's eye lens)를 통과하여, 다수의 광원으로 이루어지는 실질적인 면광원으로서의 2차 광원(일반적으로는 조명 동공에 있어서 소정의 광 강도 분포)을 형성한다. 본 명세서에 있어서, 조명 동공에서의 광 강도 분포를 "동공 강도 분포(pupil intensity distribution)"라고 한다. 조명 동공은, 조명 동공과 피조사면(노광 장치의 경우에는 마스크 또는 웨이퍼)과의 사이의 광학계의 작용에 의해, 피조사면이 조명 동공의 푸리에(Fourier) 변환면이 되는 것 같은 위치로서 정의된다.

[0003] 2차 광원으로부터의 광속은, 콘덴서 렌즈에 의해 집광된 후, 소정의 패턴이 형성된 마스크를 중첩적으로 조명한 다. 마스크를 투과한 광은 투영 광학계를 통과하여 웨이퍼상에 결상하고, 웨이퍼상으로는 마스크 패턴이 투사(또는 전사)되어 노광된다. 마스크에 형성된 패턴은 고 집적된 것이므로, 이 미세 패턴을 웨이퍼상에 정확하게 전사하기 위해서는 웨이퍼상에 있어서 균일한 조도 분포를 얻을 수 있어야 한다.

[0004] 줌 광학계를 이용함이 없이 동공 강도 분포(그리고 조명 조건)를 연속적으로 변경하는 것이 가능한 조명 광학 장치가 이전에 제안되어 있다(특허문헌 1 참조). 특허문헌 1에 개시된 조명 광학 장치는, 어레이 형태로 배열되고 또한 경사각 및 경사 방향이 개별로 구동 제어되는 다수의 미소한 미러 요소에 의해 구성된 가동 멀티 미러를 이용하는 것으로 구성되어 있다. 입사 광속은, 가동 멀티 미러내의 각 편향면에 의해 광속이 미소한 유닛으로 분할되는 상태로 편향된다. 가동 멀티 미러는 입사 광속의 단면을 소망의 형상 또는 소망의 크기로 변환하고, 나아가서는 소망의 동공 강도 분포를 실현하고 있다.

선행기술문헌

특허문헌

[0005] (특허문헌 0001) 일본 특허 공개 제2002-353105호 공보

발명의 내용

해결하려는 과제

- [0006] 본 발명은 상술한 종래 기술을 검토하였으며, 그 결과 하기의 문제점을 발견하였다.
- [0007] 즉, 특허문헌 1에 기재된 조명 광학 장치는 공간 광 변조기로서의 가동 멀티 미러를 단일체로 사용하고 있기 때문에, 플라이 아이 렌즈의 입사면에 입사하는 광선의 위치와 각도를 동시에 제어할 수 없다. 그 결과, 동공 강도 분포를 소망의 형상으로 설정하려고 하면, 일정한 조도를 얻는 것이 곤란하고, 역으로 동공 강도 분포에 있어서 조도를 일정 레벨로 설정하려고 하면, 소망의 형상의 동공 강도 분포를 얻는 것이 곤란하다.
- [0008] 본 발명은 전술의 문제점을 해결하기 위해서 이뤄진 것이며, 본 발명의 목적은, 소망의 형상 및 소망의 조도의 동공 강도 분포를 형성할 수 있고, 나아가서는 풍부한 다양성의 조명 조건을 실현하는 것이 할 수 있는 조명 광학 장치와, 조명 광학 장치에 적용할 수 있는 공간 광 변조 유닛과, 풍부한 다양성의 조명 조건을 실현할 수 있는 조명 광학 장치를 이용하여, 패턴 특성에 따라서 실현된 적절한 조명 조건하에서 양호한 노광을 행할 수 있는 노광 장치와, 이 노광 장치를 이용하는 디바이스 제조 방법을 제공하는 것이다.

과제의 해결 수단

- [0009] 상술한 문제점을 해결하기 위해서, 본 발명에 따른 공간 광 변조 유닛은 조명 광학 장치의 광로중에 배치되며, 광의 입사 순서로 배치된 제 1 공간 광 변조기와 제 2 공간 광 변조기를 포함한다. 상기 제 1 공간 광 변조기는 2차원적으로 배열되어서 개별로 제어되는 복수의 제 1 광학 요소를 구비한다. 상기 제 2 공간 광 변조기는 상기 복수의 제 1 광학 요소에 대응하여 배치되어서 개별로 제어되는 복수의 제 2 광학 요소를 구비한다.
- [0010] 본 발명에 따른 조명 광학 장치는 광원으로부터의 광에 근거해서 피조사면을 조명한다. 상기 조명 광학 장치는 상술한 구조를 갖는 공간 광 변조 유닛(본 발명에 따른 공간 광 변조 유닛)과, 상기 제 1 공간 광 변조기 및 상기 제 2 공간 광 변조기를 통과한 광속에 근거하고, 상기 조명 광학 장치의 조명 동공에 소정의 광 강도 분포를 형성하는 분포 형성 광학계를 포함한다.
- [0011] 본 발명에 따른 노광 장치는 상술한 구조를 갖는 조명 광학 장치(본 발명에 따른 조명 광학 장치)를 포함하고, 상기 노광 장치는 상기 조명 광학 장치에 의해 조명된 소정의 패턴을 감광성 기판에 노광하는 것을 실행한다.
- [0012] 본 발명에 따른 디바이스 제조 방법은 노광 공정과, 현상 공정과, 가공 공정을 포함한다. 상기 노광 공정은 상술한 구조를 갖는 노광 장치(본 발명에 따른 노광 장치)를 이용하여 소정의 패턴을 감광성 기판에 노광하는 것을 실행한다. 상기 현상 공정은 상기 소정의 패턴이 전사된 상기 감광성 기판을 현상하고, 상기 소정의 패턴에 대응하는 형상의 마스크 층을 상기 감광성 기판의 표면에 형성한다. 가공 공정은 상기 마스크 층을 통해서 상기 감광성 기판의 표면을 가공한다.
- [0013] 본 발명은 단지 설명을 위해 제공되고 본 발명을 제한하는 것으로 간주되지 않는 이하의 상세한 설명 및 첨부 도면으로부터 보다 잘 이해될 수 있다.
- [0014] 또한, 본 발명의 적용 영역은 이하에 제공된 상세한 설명으로부터 잘 이해될 것이다. 그러나, 본 발명의 바람직한 실시예를 나타내는 상세한 설명 및 특정 실시예는 단지 설명을 위해 제공된 것이며, 본 발명의 영역내에서 다양한 수정 및 변경이 이러한 상세한 설명으로부터 당 업자에 의해 이뤄질 수 있다.

발명의 효과

[0015] 본 발명에 따른 조명 광학 장치에서는, 공간 광 변조기의 쌍을 순차 통과하는 광속이, 예를 들면 푸리에 변환 렌즈로서 기능하는 집광 광학계를 거쳐서 옵티컬 인테그레이터에 입사한다. 그 결과, 공간 광 변조기 쌍의 협동 작용에 의해, 옵티컬 인테그레이터의 입사면에 입사하는 광선의 위치와 각도를 동시에 제어하는 것이 가능하

고, 나아가서는 동공 강도 분포의 형상과 조도를 동시에 조정(또는 보정)하는 것이 가능하다.

[0016] 이러한 방법에서, 본 발명에 따른 조명 광학 장치는, 소망의 형상 및 소망의 조도의 동공 강도 분포를 형성할 수 있고, 나아가서는 풍부한 다양성의 조명 조건을 실현할 수 있다. 본 발명에 따른 노광 장치는, 풍부한 다양성의 조명 조건을 실현할 수 있는 상술한 조명 광학 장치를 이용하여, 마스크의 패턴 특성에 따라서 실현된 적절한 조명 조건하에서 양호한 노광을 행할 수 있고, 나아가서는 양호한 디바이스를 제조할 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0017] 도 1은 본 발명에 따른 노광 장치(본 발명에 따른 공간 광 변조 유닛 및 조명 광학 장치를 구현함)의 구성을 개략적으로 도시하는 도면,

도 2는 도 1에 도시된 노광 장치에서 공간 광 변조기의 각각의 구성을 개략적으로 설명하기 위한 도면,

도 3은 마이크로 플라이 아이 렌즈의 후방 초점면에 형성되는 환형의 동공 강도 분포를 개략적으로 도시하는 도면,

도 4는 공간 광 변조기 쌍의 다른 배치 예를 개략적으로 도시하는 도면,

도 5는 공간 광 변조기 쌍의 또다른 배치 예를 개략적으로 도시하는 도면,

도 6은 제 2 공간 광 변조 유닛을 이 합체된 제 2 광학계의 내부 구성을 개략적으로 도시하는 도면,

도 7은 본 발명에 따른 디바이스 제조 방법의 일 실시예로서 반도체 디바이스의 제조 공정을 도시하는 플로우 차트,

도 8은 본 발명에 따른 디바이스 제조 방법의 다른 실시예로서 액정 표시 소자 등의 액정 디바이스의 제조 공정을 도시하는 플로우 차트.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0018] 본 발명에 따른 공간 광 변조 유닛, 조명 광학 장치, 노광 장치, 및 디바이스 제조 방법의 실시예를 도 1 내지 도 8을 참조하여 상세하게 설명한다. 도면의 설명에 있어서, 동일한 부분 및 동일한 요소는 중복되는 설명이 없이 동일한 참조 부호로 표시될 것이다.

[0019] 도 1은 본 발명에 따른 노광 장치의 구성을 개략적으로 도시하는 도면이다. 도 1에 있어서, 감광성 기관인 웨이퍼(W)의 법선 방향에 따라 Z축을, 웨이퍼(W)의 면내에 있어서 도 1의 지면에 평행한 방향에 Y축을, 웨이퍼(W)의 면내에 있어서 도 1의 지면에 수직한 방향에 X축을 각각 설정하고 있다.

[0020] 도 1을 참조하면, 광원(LS)은 본 실시예에 따른 노광 장치에 노광 광(조명광)을 공급한다. 여기에서 적용 가능한 광원(LS)은 예를 들면 193nm의 파장의 광을 공급하는 ArF 엑시머 레이저 광원이나 248nm의 파장의 광을 공급하는 KrF 엑시머 레이저 광원이 있다. 광원(LS)으로부터 광축(AX)에 따라 Z 방향으로 사출된 광속은 공지의 구성을 소유하는 송광 광학계(1)를 통과하고, 제 1 공간 광 변조기(2) 및 제 2 공간 광 변조기(3)에 순차 입사한다.

[0021] 송광 광학계(1)는, 입사 광속을 적절한 크기 및 형상의 단면을 갖는 광속으로 변환하면서 제 1 공간 광 변조기(2)에 유도하는 동시에, 제 1 공간 광 변조기(2)에 입사하는 광속의 위치 변동 및 각도 변동을 액티브(actively)하게 보정하는 기능을 갖고 있다. 제 1 공간 광 변조기(2)는 2차원적으로 배열된 복수의 미러 요소(일반적으로 광학 요소)(2a)와, 제어부(CR)로부터의 자세 제어 지령에 따라서 미러 요소(2a)의 자세를 개별로 제어 구동하는 구동부(2b)를 갖고 있다.

[0022] 또한, 제 2 공간 광 변조기(3)도 제 1 공간 광 변조기(2)와 마찬가지로, 2차원적으로 배열된 복수의 미러 요소(일반적으로 광학 요소)(3a)와, 제어부(CR)로부터의 자세 제어 지령에 따라서 미러 요소(3a)의 자세를 개별로 제어 구동하는 구동부(3b)를 갖고 있다. 제 2 공간 광 변조기(3)의 미러 요소(3a)는, 제 1 공간 광 변조기(2)의 미러 요소(2a)와 일대일 대응의 관계로 2차원적으로 배열되어서 미러 요소의 자세가 개별로 제어된다. 제 1 공간 광 변조기(2) 및 제 2 공간 광 변조기(3)를 갖는 공간 광 변조 유닛의 작용에 대해서는 후술한다.

[0023] 제 1 및 제 2 공간 광 변조기(2, 3)로 구성된 공간 광 변조 유닛(제 1 공간 광 변조 유닛)의 구성을 도 2를 참조하여 설명한다. 도 2의 부분(a)은 제 1 공간 광 변조기(2)의 미러 요소(2a)(또는 제 2 공간 광 변조기(3)의 미러 요소(3a))의 2차원 배치를 도시하는 사시도이며, 도 2의 부분(b)은 미러 요소(2a(3a))의 자세를 제어하기

위한 파라미터를 설명하기 위한 도면이며, 도 2의 부분(c)은 미러 요소(2a(3a))중 하나를 도시하는 부분 사시도이며, 도 2의 부분(d)은 도 2의 부분(a)에 도시된 미러 요소(2a(3a))의 선 I-I를 따라 취한 단면을 도시하는 도면이다. 도 2의 부분(a 내지 d)은 쉽게 볼 수 있도록 단면을 해칭으로 표시하지 않았다.

[0024] 도 2의 부분(a)에 도시된 바와 같이 제 1 및 제 2 공간 광 변조기(2, 3) 각각은 많은 개수의 마이크로 반사 요소가 평면 형상의 반사면과 중첩되어 있는 미러 요소(2a(3a))를 포함하는 가동 멀티 미러이다. 각 미러 요소(2a(3a))는 가동성이며, 그 반사면(미러면)의 입사, 즉 반사면의 입사의 각도 및 방향은 제어부(CR)(반사면의 자세 제어)에 의해 독립적으로 제어된다. 각 미러 요소(2a(3a))는, 그 반사면에 평행하고 서로 직교하는 2개의 방향을 따라서 회전축의 각각을 중심으로 소망의 회전 각도로 연속적으로 또는 개별적으로 회전될 수 있다. 즉, 각 미러 요소(2a(3a))는, 그 입사가 그 반사면을 따르는 2차원적으로 제어될 수 있도록 구성되어 있다. 개별 회전의 경우에, 바람직한 제어 방법은 다중 단계(예를 들면, ..., -2.5°, -2.0°, ..., 0°, +0.5°, ..., +2.5°, ...)로 회전 각도를 제어한다.

[0025] 각 미러 요소(2a(3a))의 반사면의 상술한 자세 제어는 제 1 및 제 2 공간 광 변조기(2(3)(z1-축)의 각각의 기준면에 대한 법선과 도 2의 부분(b)에 도시된 바와 같이 반사면(z2-축)에 대한 법선 사이의 각도(θ)를 조정함으로써 실행된다. 여기에서, 기준면은 자세 제어 이전에 반사면과 일치하는 면, 즉 자세 제어 이전에 반사면에 대한 법선(a2)에 직교하는 x1-축 및 y1-축에 의해 규정된 x1-y1 면이다. 기준면에 대한 법선(z1)(z1-축)과 반사면에 대한 법선(z2) 사이의 각도(θ)는 특정 사양 제어 정보와 같이 x1-축 주변의 회전 각도 성분(θ_{x1}) 및 y1-축 주변의 회전 각도 성분(θ_{y1})에 의해 제공된다. 특히, 회전 각도 성분(θ_{x1})은 법선(z2)이 y1-z1 면상으로 투사될 때 기준면에 대한 법선(z1)과 반사면에 대한 법선(z2) 사이의 각도이며, 회전 각도 성분(θ_{y1})은 법선(z2)이 x1-z1 면상으로 투사될 때 기준면에 대한 법선(z1)과 반사면에 대한 법선(z2) 사이의 각도이다.

[0026] 또한, 미러 요소(2a(3a))의 윤곽은 본 실시예에서 사각형이지만, 이 윤곽은 사각형으로 제한되지 않는다. 그러나, 윤곽은 광 이용 효율을 고려하여 갭(가장 밀접한 패키징)없이 배치를 가능하게 하는 형상이 바람직하다. 인접한 미러 요소(2a(3a)) 사이의 갭은 필요한 최소 레벨로 설정되는 것이 바람직하다.

[0027] 도 2의 부분(c)은 제 1 및 제 2 공간 광 변조기(2, 3)에서 복수의 미러 요소(2a(3a))중 하나의 미러 요소의 구성을 개략적으로 도시하는 도면이며, 보다 상세하게 미러 요소(2a(3a))의 반사면의 자세를 제어하기 위한 구동부를 개략적으로 도시하는 도면이다. 도 2의 부분(d)은 도 2의 부분(c)에 도시된 선 I-I를 따라 취한 미러 요소(2a(3a))의 단면을 도시하는 도면이다. 도 2의 부분(c, d)에서, 미러 요소(2a(3a))는 베이스(30)와, 베이스(30)상에 배치된 지지체(31)와, 베이스(30)에 대해 반대측에 지지체(31)에 연결된 플레이트 부재(32)와, 베이스(30)상에서 지지체(31)를 둘러싸도록 배치된 4개의 전극(34a~34d)을 포함한다.

[0028] 플레이트 부재(32)는 지지체(31)에 대한 조인트에 받침점에 의해 베이스(30)에 평행한 평면상에서 서로 직교하는 2개의 축(x1-축 및 y1-축)을 중심으로 경사 가능하다. 플레이트 부재(32)의 4개 코너에 대응하는 베이스측 상의 각 위치에 배치된 전극(34a~34d)에 퍼텐셜이 제공되어, 각 전극(34a~34d)과 플레이트 부재(32) 사이에 정전력을 생성하며, 이에 의해 각 전극(34a~34d)과 플레이트 부재(32)(구동부) 사이의 갭을 변경시킨다. 이것은 플레이트 부재(32)가 지지체(32)의 받침점상에서 경사지게 하며, 그에 따라 플레이트 부재(32)상에 형성된 반사면(33)이 경사진다.

[0029] 제 1 공간 광 변조기(2)의 미러 요소(2a) 및 제 2 공간 광 변조기(3)의 미러 요소(3a)에 의해 순차 반사된 광은, 고정 조리개(플레어 조리개)(4), 푸리에 변환 렌즈로서의 집광 광학계(5), 및 광로 절곡 미러(6)를 통과하여, 유틸리티 인테그레이터로서의 마이크로 플라이 아이 렌즈(또는 플라이 아이 렌즈)(7)에 입사한다. 마이크로 플라이 아이 렌즈(7)는, 예를 들면 중형으로 또한 조밀하게 배열된 다수의 정굴절력을 갖는 마이크로 렌즈로 이루어지는 광학 소자이며, 평행 평면판에 에칭 처리를 실시해서 마이크로 렌즈 그룹을 형성함으로써 구성되어 있다.

[0030] 마이크로 플라이 아이 렌즈에서는, 서로 격리된 렌즈 요소로 이루어지는 플라이 아이 렌즈와는 상이한, 다수의 마이크로 렌즈(미소 굴절면)가 서로 격리되는 일이 없이 일체적으로 형성되어 있다. 그러나, 렌즈 요소가 중형으로 배치되어 있는 점에서 마이크로 플라이 아이 렌즈는 플라이 아이 렌즈와 동일한 파면분할형의 유틸리티 인테그레이터이다. 마이크로 플라이 아이 렌즈(7)에 입사한 광속은 다수의 마이크로 렌즈에 의해 2차원적으로 분할되고, 광속이 입사한 각 마이크로 렌즈의 후방 초점면에는 광원이 형성된다.

[0031] 즉, 마이크로 플라이 아이 렌즈(7)의 후방 초점면에는, 다수의 광원으로 이루어지는 실질적인 면광원(이하, "2차 광원"이라고 한다)이 형성된다. 마이크로 플라이 아이 렌즈(7)의 후방 초점면에 형성된 2차 광원으로부터의

광속은, 콘덴서 광학계(8)를 통과해서, 마스크 블라인드(9)를 중첩적으로 조명한다. 또한, 마이크로 플라이 아이 렌즈(7)의 후방 또는 전방에 개구 조리개를 배치해서 광속을 제한하는 것도 가능하다.

[0032] 이러한 방법에서, 조명 시야 조리개로서의 마스크 블라인드(9)에는, 마이크로 플라이 아이 렌즈(7)를 구성하는 각 마이크로 렌즈의 형상과 초점 거리에 따라 직사각형 형상의 조명 시야가 형성된다. 마스크 블라인드(9)의 직사각형 개구부(광투과부)를 통과한 광속은 결상 광학계(10)의 집광 작용을 받는 동시에, 결상 광학계(10)의 전방 유닛(10a)과 후방 유닛(10b) 사이의 광로에 배치된 광로 절곡 미러(10c)에 의해 편향되어서, 소정의 패턴이 형성된 마스크(레티클)(M)를 중첩적으로 조명한다.

[0033] 즉, 결상 광학계(10)는 마스크 블라인드(9)의 직사각형 개구부의 상을 마스크(M)상에 형성한다. 마스크(M)를 투과한 광속은 투영 광학계(PL)를 통과하여, 감광성 기판인 웨이퍼(W)상에 마스크 패턴의 상을 형성한다. 이러한 방법에서, 투영 광학계(PL)의 광축(AX)과 직교하는 평면내에 있어서 웨이퍼(W)를 2차원적으로 구동 제어하면서 일괄 노광 또는 스캔 노광을 행하는 것에 의해, 웨이퍼(W)의 각 노광 영역에는 마스크(M)의 패턴이 차차 노광된다.

[0034] 본 실시예에서는, 여기에 적용된 공간 광 변조기(2, 3)는 상술한 바와 같이 2차원적으로 배열된 복수의 미러 요소(2a, 3a)의 방향(반사 방향)의 각각을 연속적으로 각각 변화시키는 것이다. 이러한 공간 광 변조기는, 예를 들면 일본 특허 공개 제 1998-503300 호 공보(국제 출원으로 번역됨) 및 이것에 대응하는 유럽 특허공개 제 0 779 530 호 공보, 일본 특허 공개 제 2004-78136 호 공보 및 이것에 대응하는 미국 특허 제 6,900,915 호 공보, 일본 특허 공개 제 2006-524349 호 공보 및 이것에 대응하는 미국 특허 제 7,095,546 호 공보, 및 일본 특허 공개 제 2006-113437 호 공보에 개시되는 공간 광 변조기로부터 선택될 수 있다. 2차원적으로 배열된 복수의 미러 요소(2a, 3a)의 방향은 이산적으로 복수의 단계로 제어될 수도 있다.

[0035] 제 1 공간 광 변조기(2)에서는, 제어부(CR)로부터의 자세 제어 신호에 따라서 작동하는 구동부(2b)의 작용에 의해 미러 요소(2a)의 자세가 각각 변화되고, 이에 의해 각 미러 요소(2a)의 반사면이 소정의 방향으로 설정된다. 제 1 공간 광 변조기(2)의 미러 요소(2a)에 의해 각각 소정의 각도로 반사된 광은 제 2 공간 광 변조기(3)에 입사한다. 구체적으로는, 제 1 공간 광 변조기(2)의 각 미러 요소(2a)를 통과한 광속은 일대일 대응의 관계로 2차원적으로 배열된 제 2 공간 광 변조기(3)의 대응하는 미러 요소(3a)의 각각에 입사한다.

[0036] 제 2 공간 광 변조기(3)에 있어서도 제 1 공간 광 변조기(2)와 유사하게, 또한 제어부(CR)로부터의 자세 제어 신호에 따라서 작동하는 구동부(3b)의 작용에 의해, 미러 요소(3a)의 자세가 각각 변화되고, 각 미러 요소(3a)가 각각 소정의 방향으로 설정된다. 제 2 공간 광 변조기(3)의 미러 요소(3a)에 의해 각각 소정의 각도로 반사된 광은, 미러 요소(2a)와 미러 요소(3a)의 조합과, 각 미러 요소(2a, 3a)의 자세 등에 따라서, 마이크로 플라이 아이 렌즈(7)의 입사면에, 예를 들면 광축(AX)을 중심으로 한 환형의 광 강도 분포로 이루어지는 조명 시야를 형성한다.

[0037] 이러한 방법에서, 마이크로 플라이 아이 렌즈(7)의 후방 초점면(그리고, 그에 따라 조명 동공)에는, 도 3에 도시하는 바와 같이, 입사 광속에 의해 형성되는 조명 시야와 상당히 동일한 광 강도 분포를 갖는 2차 광원, 즉 광축(AX)을 중심으로 한 환형의 동공 강도 분포(21)가 형성된다. 또한, 마이크로 플라이 아이 렌즈(7)의 후방 초점면과 광학적으로 공역한 다른 조명 동공 위치, 즉 결상 광학계(10)의 동공 위치 및 투영 광학계(PL)의 동공 위치에도, 동공 강도 분포(21)에 대응하는 환형의 광 강도 분포가 형성된다. 상술한 바와 같이, 집광 광학계(5)와 마이크로 플라이 아이 렌즈(7)는, 제 1 공간 광 변조기(2) 및 제 2 공간 광 변조기(3)를 통과한 광속에 근거해서 조명 동공에 소정의 광 강도 분포를 형성하는 분포 형성 광학계를 구성하고 있다.

[0038] 또한, 상술의 설명에서는, 공간 광 변조기(2, 3) 쌍의 작용에 의해 마이크로 플라이 아이 렌즈(7)의 입사면에 환형의 조명 시야를 형성하고, 궁극적으로 조명 동공에 환형의 광 강도 분포(21)를 형성하고, 이에 의해 이 환형의 동공 강도 분포(21)에 근거해서 환형 조명을 실행하고 있다. 그러나, 환형 조명에 한정됨이 없이, 마이크로 플라이 아이 렌즈(7)의 입사면에, 예를 들면 복수극 형상(2극 형상, 4극 형상 또는 다른 형상)의 광 강도 분포를 형성하고, 궁극적으로 조명 동공에 복수극 형상의 광 강도 분포를 형성함으로써, 복수극 동공 강도 분포에 근거해서 복수극 조명(2극 조명, 4극 조명 또는 다른 조명)을 행할 수도 있다.

[0039] 본 실시예의 조명 광학 장치(1 내지 10)는 공간 광 변조기(2, 3)의 쌍을 갖는 공간 광 변조 유닛과, 이러한 공간 광 변조 유닛(2, 3)을 통과한 광속에 근거해서 조명 동공에 광 강도 분포(21)를 형성하기 위한 분포 형성 광학계(5, 7)를 구비하고 있다. 공간 광 변조 유닛(2, 3)에서는, 제 1 공간 광 변조기(2)의 미러 요소(2a)의 각각을 통과한 광속이 미러 요소(2a)에 대해 일대일 대응의 관계로 2차원적으로 배치된 제 2 공간 광 변조기(3)의

대응하는 미러 요소(3a)에 입사하도록 미러 요소(2a)의 방향이 각각 제어되고, 또한 제 2 공간 광 변조기(3)의 미러 요소(3a)의 방향도 각각 제어된다.

[0040] 이러한 방법에서, 본 실시예의 조명 광학 장치(1 내지 10)에서는, 제 1 공간 광 변조기(2)의 미러 요소(2a)와 제 2 공간 광 변조기(3)의 미러 요소(3a)와의 조합과, 각 미러 요소(2a, 3a)의 자세 등을 적절히 설정하는 것에 의해, 마이크로 플라이 아이 렌즈(7)의 입사면에 입사하는 광선의 위치와 각도를 동시에 제어할 수 있다. 즉, 공간 광 변조기(2, 3)의 쌍과의 협동 작용에 의해, 마이크로 플라이 아이 렌즈(7)의 후방 초점면의 조명 동공에 형성되는 동공 강도 분포(21)의 형상과 조도를 동시에 조정(보정)할 수 있다.

[0041] 또한, 노광 장치에서는, 마스크(M)의 패턴을 웨이퍼(W)에 고정밀도로 또한 충실하게 전사하기 위해서, 패턴 특성에 따른 적절한 조명 조건하에서 노광을 행하는 것이 중요하다. 이러한 실시예에서는, 미러 요소(2a, 3a)의 자세가 제 각기 개별로 변화되는 공간 광 변조기(2, 3) 쌍의 작용에 의해, 동공 강도 분포를 자유롭게 또한 신속하게 변화시킬 수 있고, 그에 따라 동공 강도 분포의 형상 및 크기에 대해서 풍부한 다양성의 조명 조건을 실현할 수 있다.

[0042] 상술한 실시예에 있어서, 광원(LS)으로부터의 광에 근거해서 피조사면으로서의 마스크(M)를 조명하는 조명 광학 장치(1 내지 10)에서는, 마이크로 플라이 아이 렌즈(7)의 후방 초점면의 조명 동공에 소망의 형상 및 소망의 조도의 동공 강도 분포(21)를 형성할 수 있고, 다음에 풍부한 다양성의 조명 조건을 실현하는 것이 가능하다. 또한, 본 실시예의 노광 장치(LS 내지 PL)에서는, 풍부한 다양성의 조명 조건을 실현할 수 있는 조명 광학 장치(1 내지 10)를 이용하여, 마스크(M)의 패턴 특성에 따라서 실현된 적절한 조명 조건하에서 양호한 노광을 행하는 것이 가능하다.

[0043] 또한, 상술한 특허문헌 1에 기재된 조명 광학 장치는 공간 광 변조기로서의 가동 멀티 미러를 단체로 사용하고 있기 때문에, 미러 요소가 배열되는 면은 광축에 대해서 약 45도의 각도를 이루고 있다. 이러한 경우, 광축 부근의 미러 요소가 광축에 따라 소망 위치에 배치되면, 광축으로부터 벗어난 미러 요소가 소망 위치부터 광축 방향에서 위치적으로 어긋날 것이다. 그 결과, 미러 요소의 광축 방향의 위치 어긋남에 기인하여, 플라이 아이 렌즈의 입사면상의 한점에 도달하는 광속의 각도 분포가 회전 비대칭이 되고, 그에 따라 웨이퍼(W)상에서의 조도 분포를 일정하게 유지하는 것이 어렵게 된다.

[0044] 본 실시예에 있어서, 미러 요소(2a)가 배열되는 제 1 공간 광 변조기(2)의 면이 미러 요소(3a)가 배열되는 제 2 공간 광 변조기(3)의 면에 대향하도록, 예를 들면 이들의 2개의 면이 대략 평행으로 되도록, 공간 광 변조기(2, 3)의 쌍이 배치되어 있다. 따라서, 광축(AX)으로부터 벗어난 미러 요소(2a, 3a)의 광축 방향의 위치 어긋남의 영향이 제 1 공간 광 변조기(2)와 제 2 공간 광 변조기(3)에 의해 상쇄되어, 웨이퍼(W)상에서의 조도 분포를 일정하게 유지하는 것을 용이하게 성취한다.

[0045] 또한, 상술의 실시예에서는, 제 1 공간 광 변조기(2)와 제 2 공간 광 변조기(3) 사이의 광로에는 광학 부재가 배치되어 있지 않지만, 이것에 한정됨이 없이, 이러한 광로중에 릴레이 광학계 등을 배치할 수도 있다. 그러나, 제 1 공간 광 변조기(2)의 미러 요소(2a)와 제 2 공간 광 변조기(3)의 미러 요소(3a) 사이의 일대일 대응의 관계의 설정을 용이하게 하기 위해서는, 상기 광로중에 광학 부재를 전혀 배치하지 않거나, 또는 상기 광로중에 파워를 갖는 광학 부재를 배치하지 않는 것이 바람직하다. 또한, 미러 요소(2a, 3a) 사이의 일대일 대응의 관계의 설정을 용이하게 하기 위해서는, 제 1 공간 광 변조기(2)에 대하여 거의 평행 광속을 입사시키는 것, 즉 제 1 공간 광 변조기(2)에 대하여 거의 평행 광속을 공급하는 광원과 조명 광학 장치의 조합을 선택하는 것이 바람직하다.

[0046] 상기 실시예에서는, 파면 분할형의 오퍼컬 인테그레이터인 마이크로 플라이 아이 렌즈(7)의 입사면에 소정의 광 강도 분포를 형성하고, 다음에 소정의 동공 강도 분포를 실현하고 있다. 그러나, 이것에 한정되는 일이 없이, 내면 반사형의 오퍼컬 인테그레이터의 입사면에 소정의 광 강도 분포의 허상을 형성하는 것에 의해 소정의 동공 강도 분포를 실현하는 것도 가능하다.

[0047] 상기 실시예에서는, 제 1 공간 광 변조기(2)의 미러 요소(2a)를 통과한 광속이 미러 요소(2a)에 대해 일대일 대응의 관계로 2차원적으로 배열된 제 2 공간 광 변조기(3)의 대응하는 미러 요소(3a)에 입사하는 구성으로 하고 있지만, 제 1 공간 광 변조기(2)의 미러 요소(2a)중 하나를 통과한 광속이 제 2 공간 광 변조기(3)의 2개 또는 그 이상의 미러 요소(3a)에 입사하는 구성을 채택하는 것도 가능하다. 환언하면, 제 1 공간 광 변조기(2)의 미러 요소(2a)와 제 2 공간 광 변조기(3)의 미러 요소(3a)가 1대 2 이상의 관계일 수도 있다. 이 경우, 제 1 공간 광 변조기(2)의 미러 요소(2a)를 통과한 광속이 발산 광속이 된다.

- [0048] 반대에, 제 1 공간 광 변조기(2)의 미러 요소(2a)와 제 2 공간 광 변조기(3)의 미러 요소(3a)가 2 이상대 1 관계인 구성을 채택할 수도 있다. 또한, 제 1 공간 광 변조기(2)의 미러 요소(2a)와 제 2 공간 광 변조기(3)의 미러 요소(3a)가 2 이상대 2 이상 관계(예를 들면, 제 1 공간 광 변조기(2)의 2개의 미러 요소(2a)가 제 2 공간 광 변조기(3)의 3개의 미러 요소(3a)에 대응하는 경우 등)일 수도 있다.
- [0049] 상기 실시예에서는, 제 1 공간 광 변조기(2)의 미러 요소(2a)가 배열되는 면이 제 2 공간 광 변조기(3)의 미러 요소(3a)가 배열되는 면에 거의 평행해지도록, 공간 광 변조기(2, 3)의 쌍을 배치하고 있다. 그러나, 이것에 한정되는 일이 없이, 공간 광 변조기(2, 3)의 쌍의 배치에 대해서는 다양한 형태가 가능하다.
- [0050] 예를 들면, 도 4에 도시된 바와 같이, 제 1 공간 광 변조기(2A)가 x방향에 입사한 광을 -z방향으로 반사(편향)하고, 또한 제 2 공간 광 변조기(3A)가 -z방향에 입사한 광을 -y방향으로 반사하도록, 공간 광 변조기(2A, 3A) 쌍을 3차원적으로 배치할 수도 있다. 또한, 도 5에 도시된 바와 같이, 제 1 공간 광 변조기(2B)와 제 2 공간 광 변조기(3B) 사이의 광로중에 평면 반사경(41)이 추가로 제공하는 구성을 채택하는 것도 가능하다. 즉, 제 1 공간 광 변조기(2B)를 거쳐서 평면 반사경(41)에 입사한 광을 제 2 공간 광 변조기(3B)로 안내하도록, 공간 광 변조기(2A, 3A)의 쌍이 V자 형상으로 배치될 수도 있다.
- [0051] 상기 실시예에서, 광원(LS)으로부터의 광속을 공간 광 변조 유닛(2, 3)에 안내하도록 송광 광학계(1)에, 제 2 공간 광 변조 유닛이 합체될 수도 있다. 도 6에 도시된 변형예에 따른 송광 광학계(1A)는, 광원(LS)으로부터 공급된 광속을, 적절한 크기 및 형상의 단면을 갖는 광속으로 변환하는 정형 광학계(11)를 구비하고 있다. 다음에, 정형 광학계(11)를 통과한 광속은 비임 스플리터(12)에 입사한다.
- [0052] 비임 스플리터(12)에 의해 반사되어서 조명 광로의 외부로 유도된 광속은 디텍터(13)에 입사한다. 디텍터(13)로부터의 출력 신호는 제어부(CR1)에 공급된다. 비임 스플리터(12)를 투과해서 조명 광로에 따라 안내된 광속은, 제 2 공간 광 변조 유닛(14, 15)의 제 1 공간 광 변조기(14) 및 제 2 공간 광 변조기(15)에 순차 입사한다. 제 2 공간 광 변조 유닛(14, 15)을 통과한 광속은, 송광 광학계(1A)로부터 사출되어, 제 1 공간 광 변조 유닛(2, 3)의 제 1 공간 광 변조기(2)로 유도된다.
- [0053] 제 2 공간 광 변조 유닛(14, 15)은 제 1 공간 광 변조 유닛(2, 3)과 상당히 동일한 구성을 갖고 있다. 즉, 제 1 공간 광 변조기(14)는, 2차원적으로 배열된 복수의 미러 요소(14a)와, 제어부(CR1)로부터의 자세 제어 신호에 따라 미러 요소(14a)의 자세를 개별로 변경하는 구동부(14b)를 갖고 있다. 제 2 공간 광 변조기(15)는 2차원적으로 배열된 복수의 미러 요소(15a)와, 제어부(CR1)로부터의 자세 제어 신호에 따라 미러 요소(15a)의 자세를 개별로 변경하는 구동부(15b)를 갖고 있다. 제 2 공간 광 변조기(15)의 미러 요소(15a)는 제 1 공간 광 변조기(14)의 미러 요소(14a)와 일대일 대응 관계로 2차원적으로 배열되어, 미러 요소의 자세를 개별적으로 제어한다.
- [0054] 제 1 공간 광 변조기(14)에서는, 제어부(CR1)로부터의 자세 제어 신호에 따라서 작동하는 구동부(14b)가 미러 요소(14a)의 자세를 각각 조정하고, 이에 의해 각 미러 요소(14a)가 소정의 방향에 설정된다. 제 1 공간 광 변조기(14)의 미러 요소(14a)에 의해 각각 소정의 각도로 반사된 광은 제 2 공간 광 변조기(15)에 입사한다. 구체적으로는, 제 1 공간 광 변조기(14)의 각 미러 요소(14a)를 통과한 광속은 미러 요소(14a)에 대해 일대일 대응 관계로 2차원적으로 배치된 제 2 공간 광 변조기(15)의 대응하는 미러 요소(15a)에 입사한다.
- [0055] 제 2 공간 광 변조기(15)에 있어서도 제 1 공간 광 변조기(14)와 마찬가지로, 제어부(CR1)로부터의 자세 제어 신호에 따라서 작동하는 구동부(15b)는 미러 요소(15a)의 자세를 각각 조정하고, 이에 의해 각 미러 요소(15a)가 소정의 방향에 설정된다. 제 2 공간 광 변조기(15)의 미러 요소(15a)에 의해 각각 소정의 각도로 반사된 광은, 미러 요소(14a)와 미러 요소(15a)와의 조합 등에 따른 소정의 광 강도 분포를 갖는 광속으로 변환되고, 이 광속은 송광 광학계(1A)로부터 사출된다.
- [0056] 도 6의 변형예에 따른 송광 광학계(1A)에서는, 비임 스플리터(12) 및 디텍터(13)는, 광원(LS)으로부터 제 2 공간 광 변조 유닛(14, 15)에 입사하는 광속의 광 강도 분포를 측정하는 분포 측정부를 구성하고 있다. 또한, 제어부(CR1)는 분포 측정부(12, 13)의 측정 결과에 근거해서 제 2 공간 광 변조 유닛(14, 15)을 제어하는 제어부를 구성하고 있다.
- [0057] 상술한 바와 같이, 송광 광학계(1A)에서는, 분포 측정부(12, 13)가 제 2 공간 광 변조 유닛(14, 15)에 입사하는 광속의 광 강도 분포를 측정하고, 제어부(CR1)가 분포 측정부(12, 13)의 측정 결과에 근거해서 제 2 공간 광 변조 유닛(14, 15)내의 각 미러 요소(14a, 15a)의 자세를 개별로 제어한다. 이러한 구성에 의해, 상기 입사 광속을 소망의 광 강도 분포를 갖는 광속으로 적당히 변환해서 변환된 광속을 사출하는 것이 가능하다.

- [0058] 일반적으로, ArF 엑시머 레이저 광원이나 KrF 엑시머 레이저 광원으로부터 공급되는 광속은, 주변에서 보다 중앙에 있어서 광 강도가 높은 형태의 광 강도 분포를 갖고 있다. 이러한 이유 때문에, 조명 광로중에 배치된 각 광학 부재의 광학 재료는, 특히 입사 광속의 에너지 밀도가 높은 중앙 영역에 있어서 열화되기 쉽다. 또한, 광학면의 물질의 부착, 광화학 반응에 의한 광학면의 손상 등에 기인하여, 광학면의 "흐림(clouding)"이라고 하는 현상이 발생하기 쉽다.
- [0059] 송광 광학계(1A)는, 입사 광속을 소망의 광 강도 분포, 예를 들면 거의 균일한 광 강도 분포를 갖는 광속으로 변환하고, 변환된 광속을 제 1 공간 광 변조 유닛(2, 3)으로 안내할 수 있다. 따라서, 송광 광학계(1A) 후방에 배치된 광학 부재, 특히 송광 광학계(1A) 바로 다음에 배치된 제 1 공간 광 변조 유닛(2, 3)내의 각 미러 요소(2a, 3a)의 손상, 광학 특성의 열화 등을 양호하게 억제할 수 있다.
- [0060] 또한, 송광 광학계(1A)내의 제 2 공간 광 변조 유닛(14, 15)에서는, 제 1 공간 광 변조기(14)와 제 2 공간 광 변조기(15) 사이의 광로중에는 광학 부재가 배치되어 있지 않지만, 이것에 한정되는 일이 없이, 이러한 광로중에 릴레이 광학계 등을 배치할 수도 있다. 그러나, 제 1 공간 광 변조 유닛(2, 3)의 경우와 마찬가지로, 제 1 공간 광 변조기(14)의 미러 요소(14a)와 제 2 공간 광 변조기(15)의 미러 요소(15a) 사이의 일대일 대응의 관계의 설정을 용이하게 하기 위해서, 상기 광로중에 광학 부재를 전혀 배치하지 않거나, 또는 파워를 갖는 광학 부재를 광로중에 배치하지 않는 것이 바람직하다. 또한, 미러 요소(14a, 15a) 사이의 일대일 대응의 관계의 설정을 용이하게 하기 위해서, 제 1 공간 광 변조기(14)에 대하여 거의 평행 광속을 입사시키는 것이 바람직하다.
- [0061] 또한, 송광 광학계(1A)중의 제 2 공간 광 변조 유닛(14, 15)에서는, 미러 요소(14a)가 배열되는 제 1 공간 광 변조기(14)의 면이 미러 요소(15a)가 배열되는 제 2 공간 광 변조기(15)의 면이 거의 평행으로 되도록, 공간 광 변조기(14, 15)의 쌍을 배치하고 있다. 그러나, 제 1 공간 광 변조 유닛(2, 3)의 경우와 마찬가지로, 공간 광 변조기(14, 15)의 쌍의 배치에 대해서는 다양한 형태가 가능하다.
- [0062] 상기 실시예에서는, 2차원적으로 배열되어서 개별로 자세 제어되는 복수의 광학 요소를 갖는 공간 광 변조기로서, 2차원적으로 배열된 반사면의 방향(각도 : 경사)을 개별로 제어 가능한 공간 광 변조기를 적용하고 있다. 그러나, 이것에 한정되는 일이 없이, 예를 들면 2차원적으로 배열된 반사면의 높이(위치)를 개별로 제어할 수 있는 공간 광 변조기를 적용할 수 있다. 이러한 공간 광 변조기로서는, 예를 들면 일본 특허 공개 제 1994-281869 호 공보 및 이에 대응하는 미국 특허 제 5,312,513 호 공보, 및 일본 특허 출원 공개 제 2004-520618 호 공보 및 이에 대응하는 미국 특허 제 6,885,493 호 공보의 도 1d에 개시된 것으로부터 선택될 수 있다. 이들의 공간 광 변조기는, 2차원적인 높이 분포를 형성하는 것에 의해 회절면과 동일한 작용을 입사 광에 부여할 수 있다. 2차원적으로 배열된 복수의 반사면을 갖는 상술한 공간 광 변조기를, 예를 들면 일본 특허 공개 제 2006-513442 호 공보 및 이에 대응하는 미국 특허 제 6,891,655 호 공보나, 일본 특허 공개 제 2005-524112 호 (국제 출원으로 번역됨) 공보 및 이에 대응하는 미국 특허 공개 제 2005/0095749 호 공보의 개시를 따라서 변형할 수도 있다.
- [0063] 상기 실시예에서는, 적용된 각 공간 광 변조기는 복수의 미러 요소를 갖는 반사형의 공간 광 변조기이지만, 이것으로 한정되는 일이 없이, 예를 들면 미국 특허 제 5,229,872 호 공보로 개시되는 투과형의 공간 광 변조기를 채용할 수도 있다.
- [0064] 상술의 실시예에 있어서, 광학계는, 공간 광 변조기를 이용하여 동공 강도 분포의 형성시에, 동공 강도 분포 측량 장치로 동공 강도 분포를 측량하고 그리고 이 측량 결과에 따라서 공간 광 변조기를 제어하도록 변경될 수도 있다. 이러한 기술은, 예를 들면 일본 공개 특허 제 2006-54328 호 공보, 및 일본 공개 특허 제 2003-22967 호 공보 및 이에 대응하는 미국 특허 공개 제 2003/0038225 호 공보에 개시되어 있다.
- [0065] 상술의 실시예에서는, 마스크는 소정의 전자 데이터에 근거해서 소정 패턴을 형성하는 가변 패턴 형성 장치로 대체될 수 있다. 이러한 가변 패턴 형성 장치를 이용하면, 패턴면이 세로 배치이라도 동기 정밀도에 끼치는 영향을 최소화할 수 있다. 여기에 적용된 가변 패턴 형성 장치로서는, 예를 들면 소정의 전자 데이터에 근거해서 구동되는 복수의 반사 소자를 포함하는 DMD(Digital Micromirror Device)일 수 있다. DMD를 채용한 노광 장치는, 예를 들면 일본 공개 특허 제 2004-304135 호 공보, 국제 특허 공개 제 W02006/080285 호 팜플렛 및 이에 대응하는 미국 특허 공개 제 2007/0296936 호에 개시되어 있다. 또한, DMD와 같은 비발광형의 반사형 공간 광 변조기 이외에, 투과형 공간 광 변조기 또는 자체발광형의 화상 표시 소자를 이용할 수 있다. 또한, 패턴면이 가로 배치인 경우에 가변 패턴 형성 장치가 적용될 수 있다.
- [0066] 상술의 실시형태의 노광 장치는, 본 출원의 특허청구의 범위내에 있는 각 구성 요소를 포함하는 각종 서브 시스템

템을, 소정의 기계적 정밀도, 전기적 정밀도 및 광학적 정밀도를 유지하도록, 조립하는 것에 의해 제조된다. 이들 각종 정밀도를 보장하기 위해서, 이 조립의 전후에는 하기의 조정, 즉 각종 광학계에 대해서는 광학적 정밀도를 달성하기 위한 조정; 각종 기계계에 대해서는 기계적 정밀도를 달성하기 위한 조정; 각종 전기계에 대해서는 전기적 정밀도를 달성하기 위한 조정이 행하여진다. 각종 서브 시스템으로부터 노광 장치까지의 조립 공정은, 각종 서브 시스템 사이의, 기계적 접속, 전기 회로의 배선 접속, 기압 회로의 배관 접속 등이 포함된다. 이 각종 서브 시스템으로부터 노광 장치까지의 조립 공정에 앞서, 개별 서브 시스템의 조립 공정이 있다는 것은 말할 필요도 없다. 각종 서브 시스템으로부터 노광 장치까지의 조립 공정의 종료후에, 종합 조정이 실행되어, 전체 노광 장치로서의 각종 정밀도가 확보된다. 노광 장치의 제조는 온도 및 청결도 등이 제어되는 클린 룸에서 실행되는 것이 바람직하다.

[0067] 다음에, 상술의 실시예에 따른 노광 장치를 이용한 디바이스 제조 방법을 설명한다. 도 7은 본 발명에 따른 디바이스 제조 방법의 실시예로서, 반도체 디바이스의 제조 공정을 설명하는 플로우 차트이다. 도 7에 도시하는 바와 같이, 반도체 디바이스의 제조 공정은 반도체 디바이스의 기판이 되는 웨이퍼(W)에 금속막을 증착하는 단계(단계 S40)와, 이 증착된 금속막상에 감광성 재료인 포토레지스트를 도포하는 단계(단계 S42)를 포함한다. 다음 단계는, 상술한 투영 노광 장치를 이용하여, 마스크(레티클)(M)에 형성된 패턴을 웨이퍼(W)상의 각 슛(shot) 영역에 전사하는 단계(단계 S44 : 노광 공정)와, 이 전사가 종료한 웨이퍼(W)의 현상, 즉 패턴이 전사된 포토레지스트의 현상 단계(단계 S46 : 현상 공정)를 포함한다. 그 후, 단계 S46에서 웨이퍼(W)의 표면에 생성된 레지스트 패턴을 마스크로서 이용하여, 웨이퍼(W)의 표면에 대하여 에칭 등의 가공을 행한다(단계 S48 : 가공 공정).

[0068] 여기에서, 레지스트 패턴은, 투영 노광 장치에 의해 전사된 패턴에 대응하는 형상으로 요철이 생성된 포토레지스트 층이며, 그 요부가 포토레지스트 층을 관통하고 있는 것이다. 단계 S48은 이 레지스트 패턴을 통해서 웨이퍼(W)의 표면의 가공을 행한다. 단계 S48에서 실행되는 가공에는, 예를 들면 웨이퍼(W)의 표면의 에칭 또는 금속막 등의 성막의 적어도 하나가 포함된다. 한편, 단계 S44에서는, 투영 노광 장치는, 포토레지스트가 도포된 웨이퍼(W)상에, 감광성 기판 또는 플레이트(P)로 해서 패턴의 전사를 실행한다.

[0069] 도 8은, 본 발명에 따른 디바이스 제조 방법의 다른 실시예로서, 액정 표시 소자 등의 액정 디바이스의 제조 공정을 설명하는 플로우 차트이다. 도 8에 도시된 바와 같이, 액정 디바이스의 제조 공정은 패턴 형성 공정(단계 S50), 칼라 필터 형성 공정(단계 S52), 셀 조립 공정(단계 S54) 및 모듈 조립 공정(단계 S56)을 순차 실행한다.

[0070] 단계 S50의 패턴 형성 공정에서는, 플레이트(P)로서 포토레지스트가 도포된 유리 기판상에, 상술의 투영 노광 장치를 이용해서 회로 패턴 및 전극 패턴 등의 소정의 패턴을 형성한다. 이 패턴 형성 공정에는, 투영 노광 장치를 이용해서 포토레지스트 층에 패턴을 전사하는 노광 공정과, 패턴이 전사된 플레이트(P)의 현상, 즉 유리 기판상의 포토레지스트 층의 현상을 실행하고, 패턴에 대응하는 형상으로 포토레지스트 층을 생성하는 현상 공정과, 이 현상된 포토레지스트 층을 통해 유리 기판의 표면을 가공하는 가공 공정이 포함되어 있다.

[0071] 단계 S52의 칼라 필터 형성 공정에서는, R(Red), G(Green), B(Blue)에 대응하는 3개의 도트의 세트를 매트릭스 패턴으로 다수 배열하거나, 또는 R, G, B의 3개의 스트라이프의 필터 세트를 수평 주사 방향에 복수 배열한 칼라 필터를 형성한다.

[0072] 단계 S54의 셀 조립 공정에서는, 단계 S50에 의해 소정 패턴이 형성된 유리 기판과, 단계 S52에 의해 형성된 칼라 필터를 이용하여 액정 패널(액정 셀)을 조립한다. 구체적으로는, 유리 기판과 칼라 필터 사이에 액정을 주입하여 액정 패널을 형성한다. 단계 S56의 모듈 조립 공정에서는, 단계 S54에 의해 조립된 액정 패널에 대하여, 이 액정 패널의 표시 동작을 행하게 하는 전기 회로 및 백라이트(backlights) 등의 각종 부품을 부착한다.

[0073] 본 발명은, 반도체 디바이스 제조용의 노광 장치에의 적용에 한정되지 않으며, 예를 들면 직사각형 유리 플레이트에 형성된 액정 표시 소자용, 또는 플라즈마 디스플레이와 같은 디스플레이 장치용의 노광 장치와, 촬상 소자(CCD 등), 마이크로머신, 박막 자기 헤드, 및 DNA 칩과 같은 각종 디바이스를 제조하기 위한 노광 장치에 광범위하게 적용될 수 있다. 또한, 본 발명은, 각종 디바이스의 마스크 패턴이 형성된 마스크(포토마스크, 레티클 등)를 포토리소그래피 공정에 의해 제조할 때의, 노광 공정(노광 장치)에도 적용할 수 있다.

[0074] 상술의 실시예는 노광 광으로서 ArF 엑시머 레이저 광(파장:193nm)이나 KrF 엑시머 레이저 광(파장:248nm)을 이용하고 있지만, 이것에 한정되지 않으며, 다른 적당한 레이저 광원, 예를 들면 파장 157nm의 레이저 광을 공급하는 F₂ 레이저 광원에 대하여 본 발명을 적용할 수도 있다.

[0075] 상술의 실시예는, 투영 광학계와 감광성 기관 사이의 광로의 내부를, 소위 액체 담금 방법이라고 하는 1.1보다 큰 굴절률을 갖는 매체(전형적으로, 액체)로 충전하는 기술에 적용할 수도 있다. 이 경우에, 투영 광학계와 감광성 기관 사이의 광로의 내부를 액체로 충전하는 기술로서 하기의 기술, 즉 국제 출원 공개 제 W099/49504 호에 개시된 바와 같이 광로를 액체로 국부적으로 충전하는 기술; 일본 특허 공개 제 1994-124873 호 공보에 개시된 바와 같이 노출될 기관을 보지하는 스테이지를 액체조내로 이동하는 기술; 및 일본 특허 공개 제 1998-303114 호에 개시된 바와 같이 스테이지상에 소정 깊이의 액체조를 형성하고 이 액체조에 기관을 보지하는 기술 등중 하나를 채택할 수 있다.

[0076] 상술의 실시예는, 미국 특허 공개 제 2006/0203214 호, 제 2006/0170901 호 및 제 2007/0146676 호에 개시된 소위 편광형 조명 방법을 적용할 수도 있다.

[0077] 상술한 실시예는 노광 장치에서 마스크를 조명하는 조명 광학 장치에 본 발명을 적용하고 있지만, 이것으로 한정되지 않으며, 본 발명은 마스크 이외의 피조사면을 조명하는 일반적으로 사용되는 조명 광학 장치에도 적용될 수 있다.

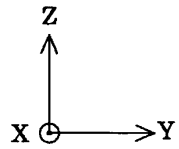
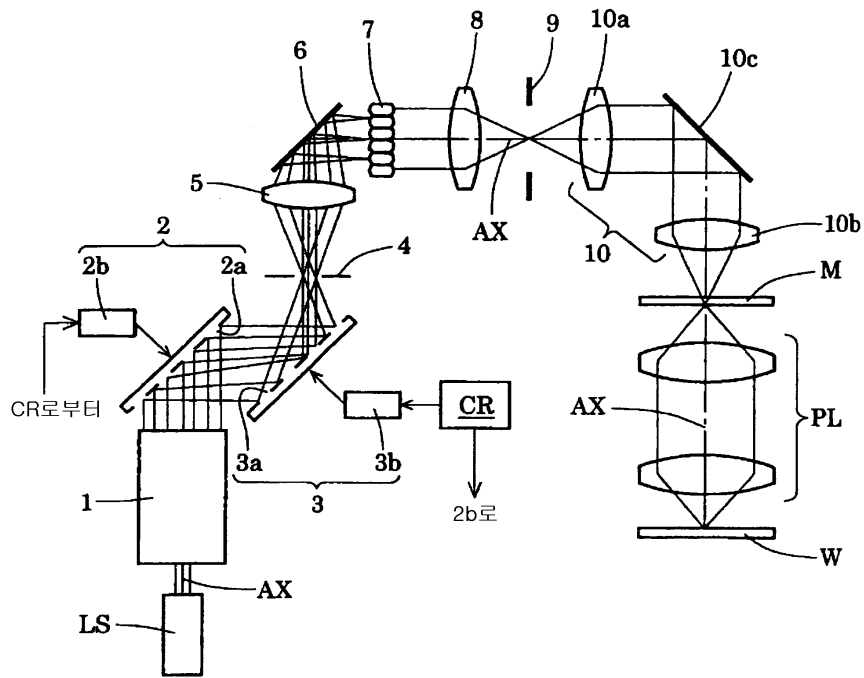
[0078] 설명된 본 발명으로부터, 본 발명의 실시예는 많은 방법으로 변경될 수 있음이 명백하다. 이러한 변경은 본 발명의 정신 및 영역으로부터 벗어난 것으로 간주되지 않으며, 본 기술 분야에 숙련된 자들에게 명백한 바와 같이 모든 이러한 변경은 하기의 특허청구범위의 영역내에 포함되는 것으로 의도된다.

부호의 설명

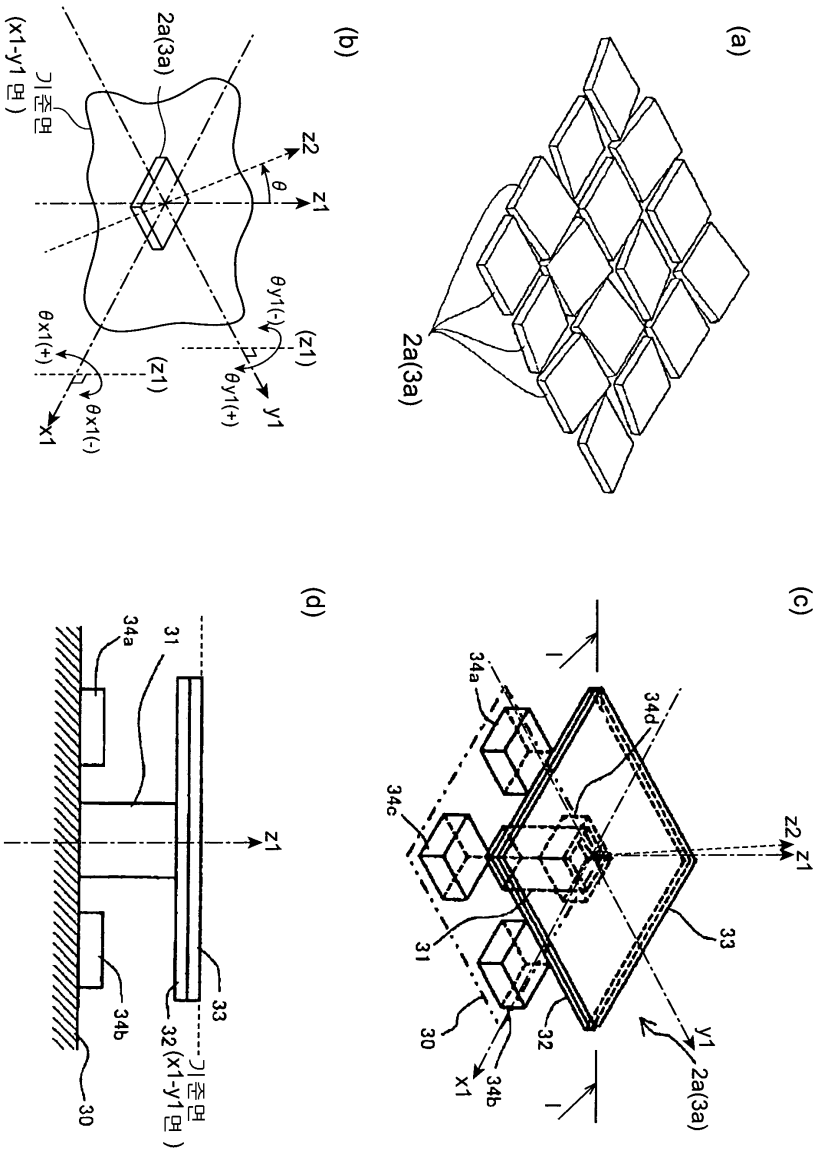
- [0079] 1 : 송광 광학계 2, 3 : 공간 광 변조기
- 2a, 3a : 공간 광 변조기의 복수의 미러 요소
- 5 : 집광 광학계(푸리에 변환 렌즈) 7 : 마이크로 플라이 아이 렌즈
- 8 : 콘덴서 광학계 9 : 마스크 블라인드
- 10 : 결상 광학계 LS : 광원
- CR : 제어부 M : 마스크
- PL : 투영 광학계 W : 웨이퍼

도면

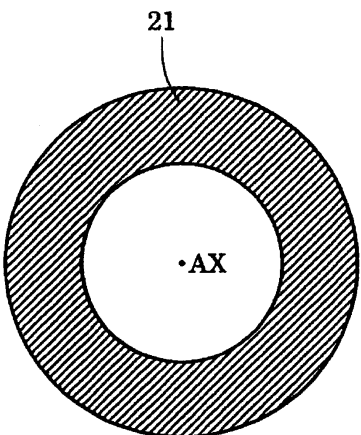
도면1



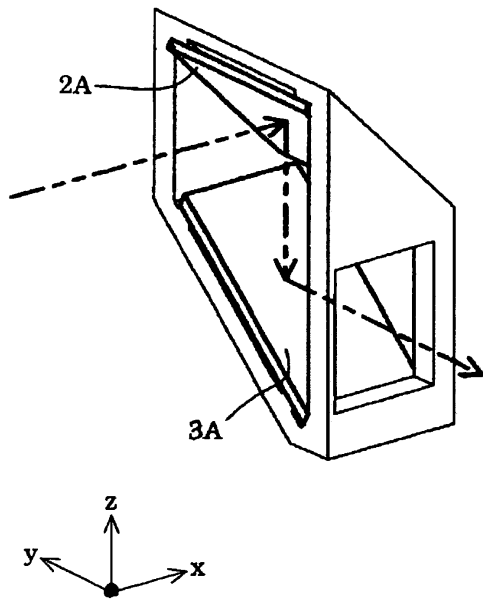
도면2



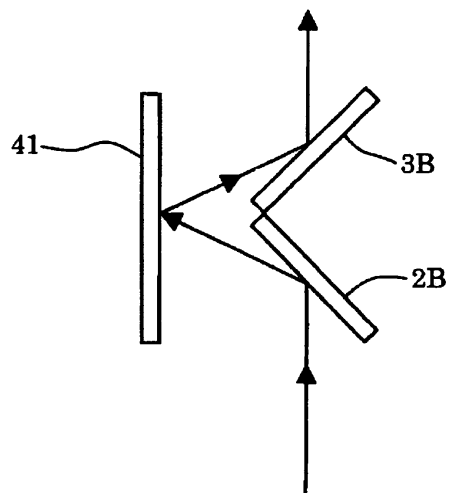
도면3



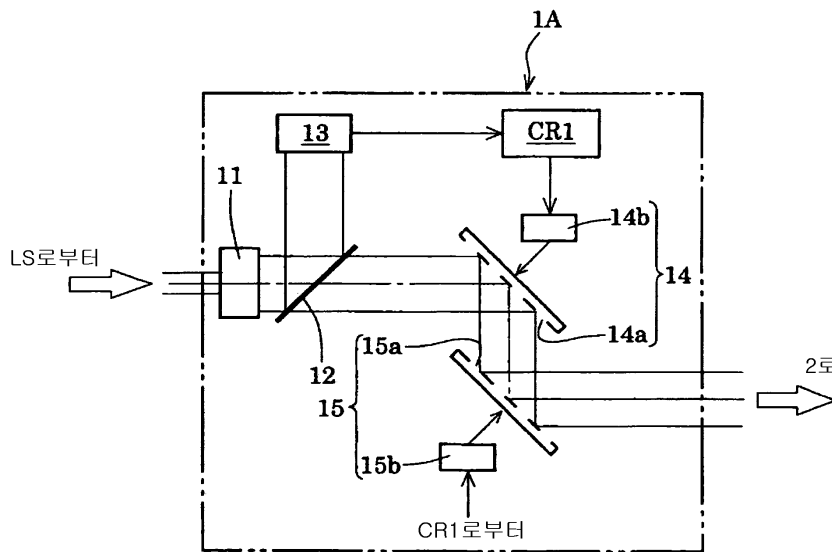
도면4



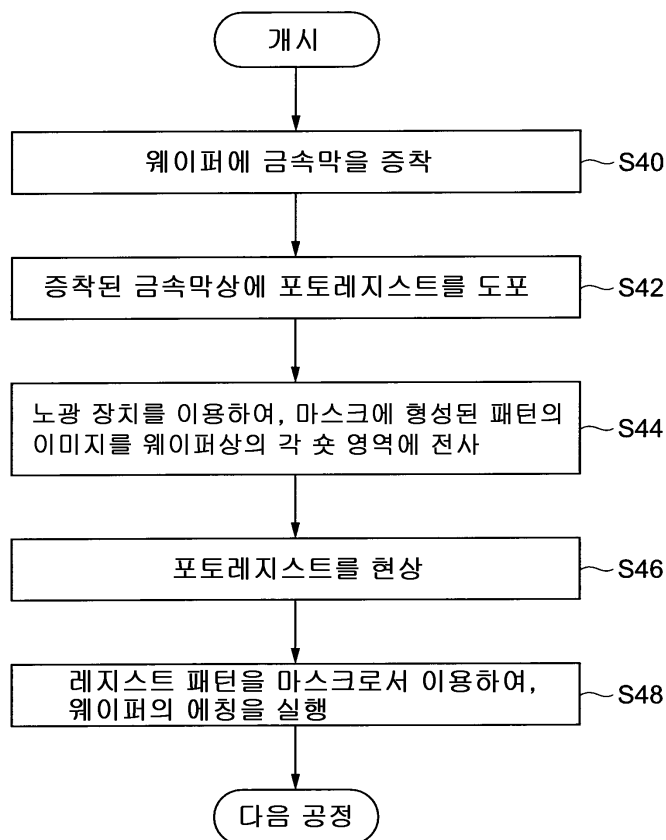
도면5



도면6



도면7



도면8

