



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2009년09월14일
(11) 등록번호 10-0917418
(24) 등록일자 2009년09월08일

(51) Int. Cl.

H01L 21/027 (2006.01) G03F 7/20 (2006.01)

(21) 출원번호 10-2007-0100766

(22) 출원일자 2007년10월08일

심사청구일자 2007년10월08일

(65) 공개번호 10-2008-0034076

(43) 공개일자 2008년04월18일

(30) 우선권주장

JP-P-2006-00280783 2006년10월13일 일본(JP)

(56) 선행기술조사문헌

JP17141158 A

KR1019950033695 A

KR1020050003392 A

KR1020050024260 A

전체 청구항 수 : 총 7 항

(73) 특허권자

캐논 가부시끼가이샤

일본 도쿄도 오오따꾸 시모마루코 3조메 30방 2고

(72) 발명자

카지야마 카즈히코

일본국 도쿄도 오오따꾸 시모마루코 3조메 30방 2고 캐논가부시끼가이샤 나이

츠지 토시히코

일본국 도쿄도 오오따꾸 시모마루코 3조메 30방 2고 캐논가부시끼가이샤 나이

(74) 대리인

권태복, 이종근

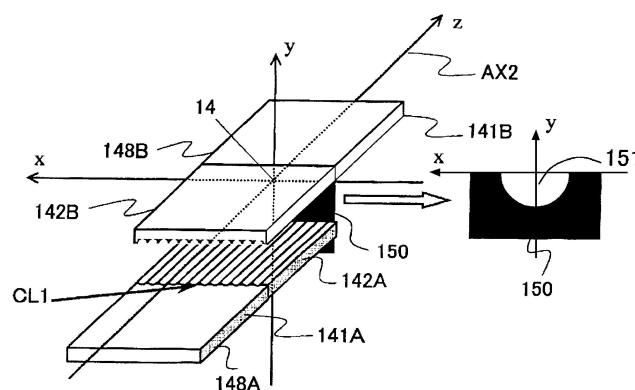
심사관 : 곽중환

(54) 노광장치

(57) 요약

노광장치는, 광원으로부터의 빛을 집광하는 제1 광학 유닛과, 모션 방향이 같은 복수의 원통 반사면을 포함하고, 상기 제 1 광학 유닛으로부터의 빛을 이용해 복수의 2차 광원을 형성하는 반사형 인테그레이터와, 상기 모션 방향에 수직으로 배치된 개구 조리개와, 상기 복수의 2차 광원 각각으로부터의 빛을 피조명면에 겹쳐 놓은 제2 광학 유닛을 구비하고, 상기 반사형 인테그레이터는, 각각이 복수의 원통 반사면을 갖는 복수의 인테그레이터부를 포함하고, 상기 복수의 인테그레이터부는, 상기 모션 방향에 수직이며 또 상기 원통 반사면의 배열 방향에 수직인 방향으로 배열되고, 상기 개구 조리개의 입사 측에 배치된다.

대표도 - 도9



특허청구의 범위

청구항 1

광원으로부터의 빛을 집광하는 제1 광학 유닛과,

모선 방향이 같은 복수의 원통 반사면을 포함하고, 상기 제 1 광학 유닛으로부터의 빛을 이용해 복수의 2차 광원을 형성하는 반사형 인테그레이터와,

상기 모선 방향에 수직으로 배치된 개구 조리개와,

상기 복수의 2차 광원 각각으로부터의 빛을 피조명면에 겹쳐 놓은 제2 광학 유닛을 구비하고,

상기 반사형 인테그레이터는, 각각이 복수의 원통 반사면을 갖는 복수의 인테그레이터부를 포함하고, 상기 복수의 인테그레이터부는, 상기 모선 방향에 수직이며 또 상기 원통 반사면의 배열 방향에 수직인 방향으로 배열되고, 상기 개구 조리개의 입사 측에 배치되는 것을 특징으로 하는 노광장치.

청구항 2

제 1 항에 있어서,

상기 반사형 인테그레이터는, 각각이 복수의 원통 반사면을 갖는 제 1 및 제 2의 인테그레이터부와, 상기 제 1의 인테그레이터부에 인접한 제 1의 평면 미러와, 상기 제 2의 인테그레이터부에 인접한 제 2의 평면 미러를 포함하고, 상기 제 1 및 제 2의 인테그레이터부를, 각각의 반사면을 대향시켜 상기 개구 조리개의 입사측에 배치하는 동시에, 상기 제 1의 평면 미러를 상기 개구 조리개의 입사 측에 배치하고, 상기 제 2의 평면 미러를 상기 개구 조리개의 사출 측에 배치하며, 상기 제 1의 인테그레이터부에서 반사한 빛이 상기 개구 조리개의 개구부를 통과해 상기 제 2의 평면 미러에 입사하고, 상기 제 1의 평면 미러에서 반사한 빛이 상기 제 2의 인테그레이터부에 입사하는 것을 특징으로 하는 노광장치.

청구항 3

제 2 항에 있어서,

상기 개구 조리개의 개구부는, 유효 광원의 반분의 형상을 갖는 것을 특징으로 하는 노광장치.

청구항 4

제 1 항에 있어서,

상기 복수의 인테그레이터부를, 각각의 반사면이 같은 방향으로 향하도록, 상기 개구 조리개의 입사 측에 배치하는 것을 특징으로 하는 노광장치.

청구항 5

제 4 항에 있어서,

상기 개구 조리개의 개구부는, 유효 광원과 동일 형상을 갖는 것을 특징으로 하는 노광장치.

청구항 6

제 5 항에 있어서,

상기 개구 조리개의 중심으로부터 가장 멀리 있는 상기 인테그레이터부의 원통 반사면은 상기 개구 조리개의 윤곽부에 인접하는 것을 특징으로 하는 노광장치.

청구항 7

청구항 1 내지 6 중 어느 한 항에 기재된 노광장치를 이용해 기판을 노광하는 스텝과,

노광된 상기 기판을 현상하는 스텝을 포함한 것을 특징으로 하는 디바이스 제조방법.

명세서

발명의 상세한 설명

기술 분야

<1> 본 발명은 노광장치에 관한 것이다.

배경 기술

- <2> 근년의 해상도 향상의 요구를 충족시키기 위해서, 파장 10nm~20nm의 EUV(Extreme ultraviolet)광을 이용해 마스크 패턴을 웨이퍼에 투영하는 투영 노광장치(이하, "EUV 노광장치"라고 한다.)가 제안되어 있다.
- <3> EUV 노광장치에 적용 가능한 종래의 조명 광학계는, 릴레이 광학계를 사용하지 않고 적은 미러 매수로 양호한 조명을 행하기 위해, 파판 인테그레이터(corrugated integrator) 위에 반원 형상의 개구를 갖는 개구 조리개를 배치하고 있다. 예를 들면, 일본국 공개특허공보 특개 2005-141158호를 참조. 파판 인테그레이터는, 모션 방향이 같은 복수의 원통 반사면을 갖는 인테그레이터이다.
- <4> 투영 광학계에 의한 고품위의 결상을 실현하기 위해서는, 조명되어야 할 대상 평면인 조명면 위의 각 위치로부터 본 조명 광학계의 유효 광원의 일그러짐을 억제할 필요가 있다는 것이 알려져 있다.
- <5> 일본국 공개특허공보 특개 2005-141158호에 개시되어 있는 조명 광학계는, 그 시점에서의 종래 예에 대해서는 유효 광원의 일그러짐을 충분히 억제하지만, 발명자의 검토에 의하면, 일본국 공개특허공보 특개 2005-141158호의 조명 광학계는 유효 광원의 일그러짐이 더욱더 잔존하고, 그것을 무시할 수 없다는 것이 밝혀져 왔다.
- <6> 일본국 공개특허공보 특개 2005-141158호의 조명 광학계의 유효 광원이 일그러지는 이유는, 평행광의 일부가 2차 광원을 형성하기 전에 개구 조리개에 의해 제한되어 버리기 때문이다. 이러한 현상을, 도 1 및 도 2를 참조해 보다 상세히 설명한다.
- <7> 도 1은, 일본국 공개특허공보 특개 2005-141158호에 있어서의 개구 조리개(15)와 인테그레이터(11)의 배치를 나타내는 개략 사시도다. 평행광(CL)이 조명하는 인테그레이터(11) 위의 영역 12는, 개구 조리개(15)의 사출측의 영역에서 좁아진다. 도 2는, 도 1에 나타난 인테그레이터(11)의 상면도이다. 원호 형상의 피조명면(20)의 단부(21)에서 정(正) 원을 갖는 유효 광원을 얻기 위해서는, 점선으로 가리키는 영역 13에 평행광(CL)이 조사될 필요가 있다.
- <8> 개구 조리개(15)의 입사측, 즉 도 2의 상면도에 있어서의 하반분의 영역에서는, 영역 13은 영역 12와 겹쳐서, 유효 광원의 정 원에 필요한 영역을 확보하고 있다. 영역 13의 외측의 불필요한 빛은 개구 조리개(15)에 의해 제한된다. 도 2에 있어서의 개구 조리개(15)의 하반분의 영역은, 도 2에 있어서의 유효 광원의 하반분의 영역에 대응하고, 유효 광원(22)의 하반분의 영역은 일그러짐이 없는 반원이 된다.
- <9> 한편, 개구 조리개(15)의 사출측, 즉 도 2의 상면도에 있어서의 상반분의 영역에서는, 영역 13과 영역 12가 겹치지 않는 영역이 존재하기 때문에, 그것이 유효 광원의 정 원으로부터의 어긋남을 일으킨다. 영역 13 내에서 빛이 조사되지 않은 영역에 관해서는, 유효 광원(22)이 정 원으로부터 벗어난 형상이 된다. 또, 영역 13의 외측의 불필요한 빛은, 그 후에 조리개가 배치되어 있지 않기 때문에 제한되지 않고, 유효 광원(22)은 정 원으로부터 벗어난 형상이 된다.
- <10> 이와 같이 일본국 공개특허공보 특개 2005-141158호에 개시한 조명 광학계의 구성은, 유효 광원의 일그러짐이 적지만 잔존해, 보다 높은 결상 성능의 요구를 충족시킬 수 없다.

발명의 내용

해결 하고자하는 과제

<11> 본 발명은, 유효 광원의 일그러짐을 억제해 양호한 조명을 제공하는 것이 가능한 노광장치를 지향한다.

과제 해결수단

<12> 본 발명의 일 측면에 따른 노광장치는, 광원으로부터의 빛을 집광하는 제1 광학 유닛과, 모션 방향이 같은 복수의 원통 반사면을 갖고, 상기 제 1 광학 유닛으로부터의 빛을 이용해 복수의 2차 광원을 형성하는 반사형 인테그레이터와, 상기 모션 방향에 수직으로 배치된 개구 조리개와, 상기 복수의 2차 광원의 각각으로부터의 빛을

피조명면에 겹쳐 놓는 제2 광학 유닛을 구비하고, 상기 반사형 인테그레이터는, 각각이 복수의 원통 반사면을 갖는 복수의 인테그레이터부를 포함하고, 상기 복수의 인테그레이터부는, 상기 모션 방향에 수직인 방향과, 상기 원통 반사면의 배열 방향에 수직인 방향으로 배치되고, 상기 개구 조리개의 입사 측에 배치된다.

- <13> 본 발명의 또 다른 측면에 따른 디바이스 제조방법은, 상술의 노광장치를 이용해 기판을 노광하는 스텝과, 노광된 상기 기판을 현상하는 스텝을 포함한다.
- <14> 본 발명의 다른 목적 또는 그 외의 특징은, 이하, 첨부 도면을 참조해 설명되는 바람직한 실시 예에 의해 밝혀질 것이다.

효 과

- <15> 본 발명에 따른 노광장치를 이용해, 유효 광원의 일그러짐을 억제해 양호한 조명을 행할 수 있다.

발명의 실시를 위한 구체적인 내용

- <16> 이하, 첨부 도면을 참조해, 본 발명의 실시 예에 대해 설명한다.
- <17> (제 1 실시 예)
- <18> 이하, 도 3을 참조해, 제 1 실시 예에 따른 노광장치 100에 대해 설명한다. 여기서, 도 3은, 노광장치 100의 개략 구성도이다. 노광장치 100은, 진공 챔버 102 및 106과, 이들을 서로 접속시키는 접속부(104)와, 광원부(110)와, 조명 광학계 130과, 마스크 스테이지(174)와, 투영 광학계(180)와, 플레이트 스테이지(194)를 구비한다.
- <19> 진공 챔버 102 및 106과 접속부(104)는, EUV 광의 감쇠를 막기 위해서 노광장치 100의 구성요소를 수납하고, 진공을 유지한다. 진공 챔버 102는, 광원부(110)를 수납한다. 진공 챔버 106은, 도 3에 나타난 바와 같이, 조명 광학계 130, 플레이트 190 등을 수납한다.
- <20> 노광장치 100은, 노광 광으로서 EUV 광(예를 들면, 파장 13.5nm)을 이용해, 스텝 앤드 스캔 방식으로 마스크(170)의 회로 패턴을 기판으로서의 플레이트(190)에 노광하는 EUV 노광장치이다. 본 실시 예의 노광장치 100은, 스텝 앤드 스캔 방식의 투영 노광장치(소위 스캐너)이지만, 스텝 앤드 리피트 방식 또는 그 외의 노광 방식을 이용할 수도 있다.
- <21> 조명장치는, EUV 광을 이용해 전사용의 회로 패턴이 형성된 마스크(170)를 조명하고, 광원부(110)와 조명 광학계(130)를 포함한다.
- <22> 광원부(110)는, 본 실시 예에서는 방전형 플라스마 광원을 사용하지만, 광원의 종류는 한정되지 않고, 레이저 플라스마 광원 등을 사용해도 괜찮다. 광원부(110)는, 방전 헤더(111), 집광 미러(113), 필터(114), 파장 필터(115), 애퍼처(116), 및 차동 배기 기구(120)를 갖는다.
- <23> 집광 미러(113)는, 플라스마 발광부(EP)로부터 거의 등방적으로 방사되는 EUV광을 모아, 조명 광학계 130에 집광하는 회전 타원 미러 등을 포함한다. 필터(114)는, EUV광이 발생할 때에 동시에 발생하는 데브리(debris)(비산 입자)를 제거한다. 파장 필터(115)는, EUV광 이외의 파장을 갖는 광을 제거한다. 애퍼처(116)는, 집광 미러(113)의 집광점 근방에 배치된 핀홀 형상을 갖는다. 차동 배기 기구(120)는, 발광부(EP)로부터 진공 챔버(106)를 향해 단계적으로 내부 압력을 감소시킨다.
- <24> 조명 광학계 130은, EUV 광을 전파해 마스크(170)를 조명한다. 조명 광학계 130은, 평행 변환 광학계(제1 광학 유닛) 131, 반사형 인테그레이터 140, 개구 조리개 150, 원호 변환 광학계(제2 광학 유닛)(153), 평면 미러(157), 및 슬릿(158)을 포함한다.
- <25> 평행 변환 광학계 131은, 요면경 133과 철면경 136을 갖고, 애퍼처(116)를 통과한 EUV광을 집광해 평행광(CL)으로 변환한다. 여기서, 본 실시 예의 평행광(CL)은 완전한 평행광으로부터 약간 어긋난 빛도 허용한다. EUV광은, 철면경 136을 둘러싸도록 철면경 136의 외주부를 통과해 요면경 133에서 반사하고, 그 다음에, 철면경 136에서 반사해, 평행광(CL)으로서 반사형 인테그레이터 140에 입사한다. 본 실시 예의 평행 변환 광학계 131은 Schwarzschild형 광학계이지만, 본 발명은 철면경 136이 애퍼처(116)로부터의 EUV광을 통과시킬 수 있는 개구부를 가져도 괜찮다.
- <26> 덧붙여 본 실시 예에서는 플라스마 발광부(EP)를 점 광원이라고 가정하고 있기 때문에, 평행 변환 광학계 131에 의해 평행화되는 광선은, 플라스마 발광부(EP) 위의 1점으로부터 여러 가지의 각도로 방사되는 광선이다. 즉,

평행 변환 광학계 131에 의해 조명되는 인테그레이터의 조사면과 플라즈마 발광부(EP)와는 공역은 아니다. 단, 플라즈마 발광부(EP)가 큰 경우는, 인테그레이터 조사면과 플라즈마 발광부(EP)를 공역이 되도록 구성해도 좋다. 이 경우, 플라즈마 발광부(EP)의 서로 다른 높이로부터 동일한 방향으로 방사되는 광선이, 평행 변환 광학계 131에 의해 평행화되게 된다.

- <27> 반사형 인테그레이터 140은, 평행 변환 광학계 131로부터의 빛으로 마스크(170)를 균일하게 조명하기 위해 사용된 복수의 2차 광원을 형성하는 균일화수단이다. 이 반사형 인테그레이터 140은, 모선(145)의 방향 G가 같은 복수의 원통 반사면 144를 갖는다. 보다 상세하게는, 본 실시 예의 반사형 인테그레이터 140은, 각각이 복수의 원통 반사면 144를 갖는 제 1 및 제 2의 파판 인테그레이터부(142A 및 142B)와, 제 1 및 제 2의 평면 미러(148A 및 148B)를 갖는다.
- <28> 반사형 인테그레이터 140은 인테그레이터부 142와 평면 미러 148로 이루어지는 조를 복수 포함하여, 1개의 기능을 발휘한다. 이하, 제 1의 인테그레이터부 (142A)와 제 1의 평면 미러(148A)의 쌍을 제 1의 특수 인테그레이터 (141A)라고 부른다. 마찬가지로, 제 2의 인테그레이터부(142B)와 제 2의 평면 미러(148B)의 쌍을 제 2의 특수 인테그레이터(141B)라고 부른다. 제 1 및 제 2의 특수 인테그레이터(141A 및 141B)는, 도 3에 나타난 바와 같이, 각각의 반사면을 서로 대향시키도록 평행하게 배치된다. 제 1의 특수 인테그레이터(141A)는, 제 2의 특수 인테그레이터(141B)보다 광로를 따라 광원부(110)에 더 인접해 배치된다.
- <29> 제 1의 평면 미러(148A)는, 제 1의 인테그레이터부(142A)에 인접해 배치되고, 제 1의 인테그레이터부(142A)의 복수의 모선(145)에 의해 형성된 면과 평행한 평면 또는 동일한 평면이다. 제 2의 평면 미러(148B)는 제 2의 인테그레이터부(142B)에 인접해 배치되고, 제 2의 인테그레이터부(142B)의 복수의 모선(145)에 의해 형성된 면과 평행한 평면 또는 동일한 평면이다. 제 1의 인테그레이터부(142A)와 제 2의 인테그레이터부(142B)는, 각각의 반사면을 대향 또는 평행하게 유지시키면서 개구 조리개 150의 입사측에 배치된다. 제 1의 인테그레이터부(142A)와 제 2의 인테그레이터부(142B)는, 그들과 수직인 방향으로부터 보면 완전하게 서로 겹쳐 있어 어긋남이 없다. 또, 대향하는 제 1의 인테그레이터부(142A)와 제 2의 인테그레이터부(142B)의 원통 반사면 144는 평행이다.
- <30> 개구 조리개 150은, 제 1 및 제 2의 인테그레이터부(142A 및 142B)로부터의 빛이 통과할 수 있는 개구부 151을 갖는다. 개구 조리개 150은, 제 2의 인테그레이터부(142B)와 평면 미러 148B와의 경계 부근에, 개구부 151이 반사면 144 또는 모선 방향 G에 수직이 되도록 배치된다. 개구 조리개 150은, 투영 광학계(180)의 동공과는 광학적으로 공역인 관계이고, 마스크면과는 푸리에 변환의 관계에 있다.
- <31> 제 1의 평면 미러(148A)를 개구 조리개 150의 입사측에 배치하고, 제 2의 평면 미러(148B)를 개구 조리개 150의 사출측에 배치한다. 제 1의 인테그레이터부(142A)에서 반사한 빛이 개구 조리개 150의 개구부 151을 통과해, 제 2의 평면 미러(148B)에 입사하고, 제 1의 평면 미러(148B)에서 반사한 빛이 제 2의 인테그레이터부(142B)에 입사한다.
- <32> 원호 변환 광학계(153)는, 반사형 인테그레이터 140으로부터의 빛을 원호 형상으로 집광해, 2차 광원 각각으로부터의 빛을 피조명면(마스크면)에 겹쳐 놓는다. 원호 변환 광학계(153)는, 마스크면에 매우 적합한 원호 조명 영역을 형성한다. 원호 변환 광학계(153)는, 철면경(154), 요면경(155), 및 평면 미러(157)를 갖는다. 단, 평면 미러(157)는, 원호 변환 광학계(153)의 상측(image-side) 광을, 마스크(170)를 향해 소정의 각도로 간단히 편향시키는 것으로 원호 변환 기능을 갖지 않는다.
- <33> 슬릿(158)은, 원호 형상의 개구부를 갖고, 그 폭을 부분적으로 가변할 수 있다. 반사형 인테그레이터 140의 각 원통면에 의해 분할된 발산광이, 원호 형상으로 집광되어, 슬릿(158)의 개구부에 균일한 조도 분포를 갖는 원호 조명 영역을 형성한다.
- <34> 이하, 도 4a 내지 7을 참조해, 반사형 인테그레이터 140이 원호 영역을 균일하게 조명하는 원리를 설명한다. 여기서, 도 4a는, 복수의 볼록형 원통 반사면 144를 갖는 인테그레이터부 142에 평행광(CL)이 입사했을 경우의 개략 사시도이다. 도 4b는, 도 4a와 같은 효과를 갖는 복수의 오목형 원통 반사면 144를 갖는 인테그레이터부 143의 개략 사시도이다. 도 3에 나타난 인테그레이터부 142A 및 142B는, 도 4a에 나타내는 인테그레이터부 142이지만, 도 4b에 나타낸 인테그레이터부 143으로 대체되어도 괜찮다. 도 5는, 볼록형 원통 반사면 144의 개략 단면도이다. 도 6은, 볼록형 원통 반사면 144에서의 EUV광의 반사를 설명하기 위한 개략 사시도이다. 도 7은, 볼록형 원통 반사면 144에서 반사한 EUV광의 각도 분포도이다.
- <35> 도 4a에 나타난 바와 같이, 복수의 원통 반사면 144를 갖는 인테그레이터부 142에 평행광(CL)이 입사하면, 인테그레이터부 142의 표면 근방에 선형의 2차 광원이 형성되고, 이 2차 광원으로부터 방사되는 EUV광의 각도 분포

가 원추면 형상으로 된다. 다음에, 이 2차 광원을 초점으로 하는 반사경에서 EUV광을 반사하고, 마스크(170) 또는 이 마스크(170)와 공역인 면을 조명함으로써, 원호 형상의 조명이 가능해진다.

<36> 이하, 도 6을 참조해, 복수의 원통 반사면 144를 갖는 인테그레이터부 142의 작용을 설명하기 위해서, 하나의 원통 반사면 144에 평행광(CL)이 입사했을 경우의 반사광의 행동을 설명한다. 현재, 하나의 원통 반사면 144에 그 중심축에 수직인 면에 대해서 θ 의 각도로 평행광(CL)이 입사한다. 평행광(CL)의 광선 벡터를 $P1 = (0, -\cos \theta, \sin \theta)$ 로서 정의하고, 원통 반사면의 법선 벡터를 $n = (-\sin \alpha, \cos \alpha, 0)$ 로서 정의한다. 그러면, 반사광의 광선 벡터는, $P2 = (-\cos \theta \times \sin 2\alpha, \cos \theta \times \cos 2\alpha, \sin \theta)$ 가 된다.

<37> 반사광의 광선 벡터를 위상 공간에 플롯(plot)하면, 도 6에 나타난 바와 같이, xy 평면 위에 반경 $\cos \theta$ 을 갖는 원이 형성된다. 즉, 반사광은 원추면을 갖는 발산광이 되고, 이 원추면의 정점의 근방에 2차 광원이 존재하게 된다. 2차 광원은, 오목형 원통 반사면 144A이면 외부에 실상으로서 존재하고, 볼록형 원통 반사면 144이면 내부에 허상으로서 존재한다. 또, 도 5에 나타난 바와 같이, 반사면이 원통면의 일부에 한정되어 있고, 그 중심각이 2ϕ 인 경우, 도 7에 나타난 바와 같이 반사광의 광선 벡터 P2는 xy평면 위에 중심각 4ϕ 를 갖는 원호 A에 존재한다.

<38> 다음에, 원통 반사면에 평행광(CL)이 입사하는 경우에 형성된 2차 광원의 위치에 초점을 갖는, 초점거리 f의 회전 포물면 미러와, 이 미러로부터 f만큼 떨어진 피조사면의 경우를 생각한다. 2차 광원에서 방출된 빛은 원추면을 갖는 발산광이 되고, 그 다음 초점거리 f의 반사경에서 반사된 후 평행광이 된다. 이때의 반사광은 반경 $f \times \cos \theta$ 와 중심각 4ϕ 의 원호 단면을 갖는 시트 빔이 된다. 따라서, 도 7에 나타난 바와 같이, 피조사면 위에 반경 $f \times \cos \theta$ 와 중심각 4ϕ 를 갖는 원호 영역 A만이 조명된다.

<39> 이하, 도 8을 참조하면, 반사형 인테그레이터 140에 평행광이 도 3에 나타난 방향으로 입사했을 경우의 거동을 설명한다. 여기서, 도 8은, 평행광(CL)이 입사하는 반사형 인테그레이터 140의 개략 단면도이다. 도 8에 있어서, 20은 상면(image plane)(피조사면)으로서, 마스크(170)의 면(마스크면)과 등가이다.

<40> 원호 변환 광학계(153)는, 축 AX2를 중심 대칭축으로 한 공축계이며, 인테그레이터부 142B 위의 광 조사 영역의 중심 위치 14와 상면(20)은, 거의 푸리에 변환의 관계를 갖도록 유지된다. 즉, 위치 14는 거의 상면(20)의 동공면으로서 기능을 한다. 평행광(CL)이 반사형 인테그레이터 140에 입사하면, 상면(20)의 근방에 원호 형상으로 집광된다.

<41> 원호 변환 광학계(153)는, 상측에 있는 비텔레센트릭(non-telecentric)이며, 상면(20)에의 입사각도 U1은, 투영 광학계(180)의 물체측 주광선의 경사각과 동일하게 설정된다. 또, 회전 대칭축 AX2와 상측 주광선과의 간격은, 상면(20)에 더 인접한 위치에서 좁아지도록 경사져 있다. 예를 들면, 본 실시 예는 입사각도 U1을 약 6° 로 설정하고, 상측에서의 흐릿함(blur)을 양호하게 보정해서 스폿 지름을 5mm이하, 바람직하지는 1mm이하로 설정한다.

<42> 미러 154 및 155에의 EUV광 주광선의 입사각은, 저입사각, 구체적으로는 20° 이하로 설정되어 있다. 이 구성에 의해, 회전 포물면 미러 등을 이용해 입사각이 고입사각이 되는 배치로 하는 것보다도, 상면(20)에의 집광 시에 생기는 흐릿함을 작게 해서 원호 조명 영역에의 집광효율을 높일 수가 있다. 또, 이러한 구성에 의해 슬릿(158)에 있어서의 쉴드(shielding)에 의한 빛의 손실을 억제해 조명 효율을 향상할 수가 있다.

<43> 평면 미러(157)가 상측 광을 마스크(170) 쪽으로 편향 및 반사시키는 경우, 원호 조명 영역의 원호의 방향은 반전한다. 이 경우, 원호의 중심은 투영 광학계(180)의 중심축(광축) AX3과 마스크면과의 교점으로 설정되어 있다. 또, 입사각 U1에 의해, 원호 변환 광학계(153)의 상측 주광선 IL과 투영 광학계(180)의 상측 광 OL의 주광선이, 마스크(170)를 반사면으로서 서로 일치한다.

<44> 원통 반사면 144를 평행하게 다수 배열한 반사경에서 반사된 빛의 각도 분포는, 1개의 원통 반사면과 같다. 상면(20)의 1점에 입사하는 빛은 원통 반사면 144를 평행하게 다수 배열한 반사경의 조사 영역 전역에서 도달한다. 평행광(CL)의 광속지름을 D, 원호 변환 광학계의 초점거리를 f로 하면, 그 각도 넓어짐(즉, 집광 N A)는 $U2 = \gamma = D/f$ 가 된다. 원호 조명 영역에 있어서는, 원호에 따른 방향으로 다수의 원통 반사면 144로부터의 각 광속이 중첩되어 조도의 균일성을 달성함으로써, 효율이 좋고 균일한 원호 조명을 제공한다.

<45> 이하, 도 8 및 도 9를 참조해, 개구 조리개 150과 특수 인테그레이터 141A 및 141B의 상세를 설명한다. 도 9는, 개구 조리개 150과 특수 인테그레이터 141A 및 141B의 배치를 나타내는 개략 사시도이다. 도 9에 있어서, CL1는 반사형 인테그레이터 140에 입사하는 평행광(CL)의 중심 주광선의 방향을 나타내고, 특수 인테그레이터

141A의 인테그레이터부 142A와 평면 미러 148A의 경계 부근을 거의 yz 단면 내에서 통과한다. 위치 14는 상술한 바와 같이, 원호 변환 광학계(153)의 동공면의 거의 중심이다. 이 위치 14를 원점으로서 xyz 좌표가 기재되어 있지만, z축은 원호 변환 광학계(153)의 축 AX2와 거의 일치하고 있다.

- <46> 개구 조리개 150의 개구부 151은, 특수 인테그레이터 141B의 인테그레이터부 142B와 평면 미러 148B의 경계 부근에 거의 수직으로 배치된다. 개구 조리개 150은 원형의 유효 광원 형상을 제공하지만, 개구부 151이 반원형인 것이 특징이다. 개구 조리개 150이 전환되면, 코히런스 팩터(coherence factor) σ 를 변경하거나 환상의 조명 등의 변형 조명을 이용할 수가 있다. 여기서, 변형 조명의 방법에 대해 설명한다. 변형 조명을 행할 때, 유효 광원 분포의 좌우 대칭축으로 분할된 반분의 형상과 일치한 개구부를 갖는 개구 조리개를 배치한다.
- <47> 상술한 것처럼, 개구 조리개 150과 투영 광학계(180)의 동공면은 공역인 관계에 있으므로, 개구부 151의 형상 혹은 광투과 패턴이 투영 광학계(180)의 동공면에 있어서의 유효 광원 분포에 대응한다. 도 11a 내지 11d는, 개구부 151에 적용 가능한 형상을 나타내는 평면도이다. 도 11a는 큰 σ 을 가진 통상 조명 모드, 도 11b는 작은 σ 을 가진 통상 조명 모드, 도 11c는 환상의 조명 모드, 도 11d는 4중극 조명 모드를 나타낸다. 어떤 개구 조리개든, 하단부에 관해서 접하면 굴절계에 사용되는 개구 조리개의 형상을 제공한다. 이러한 여러 종류의 개구 조리개를 (도시하지 않은) 구동계에 의해 전환할 때 소망한 개구 형상을 형성할 수가 있다.
- <48> 본 실시 예는, 반사형 인테그레이터 140의 반사면에 수직인 개구 조리개 150을 배치했지만, 개구 조리개 150을 반사면에 수직인 방향에 대해서 약간 $1^\circ \sim 2^\circ$ 정도 경사지도록 배치해도 괜찮다. 본 출원에서는, 이와 같이 수직으로부터 약간 기울어진 경우도 "원통 반사면의 모선 방향에 수직"이라고 칭하고 있다. 또, 유효 광원 분포의 조정이나 텔레센트릭시티(telecentricity) 조정 등을 하기 위해, 개구 조리개 150의 원통 반사면에 대한 각도를 조정하는 구동 기구(미도시)를 개구 조리개 150의 근방에 설치해도 좋다.
- <49> 이하, 도 8을 참조하여, 개구 조리개 150가 빛을 제한하는 경우를 설명한다. 평행광(CL)이 특수 인테그레이터 141A의 반사면에 비교적 고입사각, 예를 들면, 70° 으로 입사한다. 평행광(CL)의 상측(upper side) CLa는 인테그레이터부 142A를 조명하고, 2차 광원에 의한 발산광을 발생한다. 그 직후에 배치된 개구 조리개 150의 반원 개구부 151에 의해 발산광의 일부가 제한을 받는다. 한편, 입사한 평행광(CL)의 하측 CLb는 평면 미러 148A에 의해 편향되어, 인테그레이터부 142B를 조명한다. 2차 광원에 의한 발산광을 발생한 후, 그 직후에 배치된 개구 조리개 150의 반원 개구부 151에 의해 발산광의 일부가 실드(shield)된다. 이와 같이, 반원 개구부 151을 갖는 개구 조리개 150은, 후단의 원호 변환 광학계(153)에 대해서 마치 원형 개구를 갖는 것처럼 행동한다.
- <50> 도 9에 나타난 바와 같이, 개구 조리개 150을 인테그레이터부 142B와 평면 미러 148B의 경계 부근에 배치한다. 그러면, 일본국 공개특허공보 특개2005-141158호와 달리, 평행광(CL) 전체가 인테그레이터부 142A 및 142B에 입사한 다음에 개구 조리개 150을 통과한다. 그 결과, 유효 광원 분포(투영계의 동공면에 있어서의 광원 상)는, 원호 조명 영역 내의 임의의 위치에서 원형이 된다. 도 10a 및 도 10b에 그 상태를 나타낸다. 이들 도면에 있어서, 21 및 23은 각각 원호의 단부 및 중앙부이다. 22는 단부 21에 있어서의 유효 광원 분포이며, 24는 중앙부 23에 있어서의 유효 광원 분포이다.
- <51> 도 10a는, 개구 조리개 150가 배치되어 있지 않은 경우의 유효 광원 22 및 24의 형상을 나타내고, 유효 광원 22는 도 2에 나타난 유효 광원 22와 같은 형상을 갖는다. 원호 영역의 중앙부 23에서는 정 원의 형상의 유효 광원 24가 형성되어 있다. 개구 조리개 150가 없는 것으로 인해 중앙부 23으로부터 위치가 멀어짐에 따라 분포가 일그러져, 단부 21에서는 타원 형상의 유효 광원 22가 형성된다. 조명 영역의 임의의 점에 있어서의 유효 광원 분포는, 그 점에 있는 NA로 원추형상으로 입사하는 빛의 각도 분포를 나타내고 있다. 이것이 유효 광원 22와 같은 비대칭 형상이면, 노광 NA가 비대칭성이 되어, 해상 성능을 악화시킨다.
- <52> 한편, 도 10b는, 개구 조리개 150가 배치되어 있는 경우의 유효 광원 26 및 28의 형상을 나타낸다. 단부 21 및 중앙부 23에 있어서의 유효 광원 26 및 28은 모두 정 원의 형상이며, 노광 NA의 균일화를 달성하고 있다.
- <53> 유효 광원 22 내지 28에 나타난 사선은, 인테그레이터부 142A 및 142B에 의해 생기는 2차 광원이 선형으로 분포한 것을 나타내고 있다. 선의 간격은 인테그레이터부 142A 및 142B의 각각의 원통 반사면 144의 폭에 의존한다. 원통 반사면 144의 폭을 좁게 해 원통 반사면의 수를 늘리면, 선의 간격은 좁아져, 유효 광원 분포는 치밀하게 된다.
- <54> 특수 인테그레이터 141A 및 141B는 인테그레이터부와 평면 미러가 일체형이었지만, 인테그레이터부와 평면 미러는 분리 독립되고, 각각 독립된 조정 기구를 가져도 괜찮다.
- <55> 인테그레이터부 142A 및 142B는, 그러한 평행 변환 광학계 131로부터의 빛의 일부가 입사하도록, 또 모선 방향

G와 원통 반사면 144의 배열 방향 H에 수직인 방향 P에 각각의 원통 반사면 144가 대향하도록 개구 조리개 150의 입사 측에 배치된다. 본 실시 예에서는, 모든 광속이 인테그레이터부 142A 및 142B를 조사한 후에 개구 조리개 150을 통과시켜, 종래 예에서 생기는 유효 광원 분포의 일그러짐을 억제하고 있다. 그때 생각되는 가장 단순한 구성은 도 12에 나타난 1매의 인테그레이터의 뒤에 원형 개구부를 갖는 개구 조리개를 배치하는 구성이다.

<56> 이하, 도 13 내지 14c를 참조해, 도 12에 나타난 구성의 문제점을 설명한다. 여기서, 도 13은, 인테그레이터 11의 반사면에 수직인 방향으로부터 본 인테그레이터 11의 반사면의 개략 평면도이며, 간단화를 위해, 인테그레이터 11과 원호 영역을 갖는 상면(20)과의 사이의 결상 광학계를 생략하고 있다. 평행광(CL)은 도시한 방향으로부터 입사해, 인테그레이터 11을 조사한다. 12a, 12b, 및 12c는 각부 21a, 23, 및 21b에서 유효 광원이 정 원의 형상이 되기 위해서 필요한 평행광을 조사해야 할 영역이다. 영역 12a 내지 12c는 조리개 15를 중심으로서 방사상으로 연장된다.

<57> 도 14a 내지 14c는 영역 12a 내지 12c의 겹침을 나타내는 개략 평면도이다. 이들 도면에서, 화살표는 평행광(CL)이 인테그레이터 11을 조사한 후에 생기는 발산 광속을 3개로 나타낸 것이다. 그 중의 1조를 대표로 해 발산 광속 a, b, c로 표시했다. 또, 실선 화살표는 마스크(170)를 조명하는 광속을 나타내고, 점선 화살표는 조리개 15에 의해 켜드되며 마스크(170)의 조명에는 기여하지 않는 광속을 나타내고 있다.

<58> 도 14a는, 조리개(15)에 가까운 3개의 영역 12a 내지 12c 중에서 겹친 영역을 나타내고 있다. 이 영역은 각부 21a, 21b, 21c에서의 유효 광원의 형상 모두에 기여하고, 평행광(CL)이 이들 영역을 조사한 후에 발생하는 발산 광속 a, b, c는 효율적으로 이용된다. 한편, 도 14b에 나타난 바와 같이, 조리개(15)로부터 조금 떨어져 있는 2개의 영역이 겹치는 영역에서는, 발산 광속 b, c는 마스크의 조명에 기여하지만 발산 광속 a는 조리개에 의해 켜드되어, 조명에는 기여하지 않는다. 도 14c에 나타난 바와 같이, 조리개(15)로부터 더욱더 떨어진 영역에서는, 발산광 c만이 마스크(170)의 조명에 기여하고, 대부분의 발산광이 조리개(15)에 의해 켜드되어, 효율적으로 마스크(170)를 조명할 수 없다.

<59> 반면, 본 실시 예는, 도 15에 나타난 바와 같이, 각 인테그레이터부의 길이를 짧게 하고, 그것에 의해 조리개와 인테그레이터 간의 거리를 짧게 함으로써, 효율적으로 원호 영역을 조명할 수가 있다. 여기서, 도 15는, 본 실시 예의 배치의 효과를 설명하는 개략 평면도이다. 덧붙여 인테그레이터부 142A 및 142B는 원통 반사면에 수직인 방향으로 대향해 겹쳐 있기 때문에, 도 15에서는 인테그레이터부 142A 및 142B를 시프트시키고 있다.

<60> 다시 도 3으로 돌아와, 마스크(170)는, 반사형 마스크이며, 그 위에는 전사되어야 할 회로 패턴(또는 상)이 형성되어 있다. 패턴은, 다층 반사경 위에 EUV 흡수체로 이루어진 비반사부에 의해 형성된다. 마스크(170)는, 마스크 스테이지(174)에 척(172)을 통해서 장착되고, 마스크 스테이지(174)에 의해 화살표 방향으로 구동된다.

<61> 슬릿(158)의 개구부에 의해 형성되는 원호 조명 영역에 의해, 마스크(170)가 원호 조명된다. 원호 조명 영역의 곡률 중심은, 투영 광학계(180)의 중심축 AX3과 일치한다. 도 16에 나타난 바와 같이, 슬릿(158)은, 원호 개구부 158a와, 개구부 158a의 폭을 부분적으로 조절할 수 있는 가동부 158b를 갖는다. 여기서, 도 16은, 슬릿(158)의 개략 평면도이다. 또, 도 16에 있어서, AIA는 반사형 인테그레이터 140 및 원호 변환 광학계(153)에 의해 형성된 원호 조사 영역이다. 조명 영역 AIA와 개구부 158a에 의해 마스크(170)의 조명 영역이 결정된다.

<62> 주사 노광에 있어서, 개구부 158a에 조도 불균일이 있으면 노광 불균일이 발생한다. 이 문제를 해결하기 위해서, 개구부 158a 내에서 조도가 강한 부분의 슬릿폭을, 가동부 158b를 통해서 좁게 해서, 광량을 줄인다. 이 구성에 의해, 노광 영역 전면에서 누적 노광량을 균일하게 해서 노광한다. 덧붙여, 주사 노광 중에는, 슬릿(158)은 투영 광학계(180)에 대해서 정지하고 있다.

<63> 마스크(170)로부터 발생한 회절광은, 투영 광학계(180)에 의해 반사되어, 플레이트(190) 위에 투영된다. 마스크(170)와 플레이트(190)는, 광학적으로 공역으로 배치된다. 본 실시 예의 노광장치 100은 스캐너이기 때문에, 마스크(170)와 플레이트(190)를 축소 배율비의 속도비로 주사하는 것에 의해 마스크 패턴을 플레이트(190) 위에 전사한다.

<64> 투영 광학계(180)는, 복수(전형적으로 4매 내지 6매)의 다층 미러로 구성되고, 중심축 AX3에 대해서 축 외의 얇은 원호 영역이 양호한 결상 성능을 가지도록 설계되어 있다. 투영 광학계(180)는, 마스크 패턴을 플레이트(190)에 축소 투영한다. 투영 광학계(180)는, 마스크(170)에 입사하는 조명 광파의 물리적 간섭을 피하기 위해서, 비텔레센트릭 구성으로 되어 있다. 예를 들면, 본 실시 예에 있어서, 물체측 주광선은 마스크(170)의 법선 방향에 대해서 약 6° 기울어져 있다. 투영 광학계(180)는, 축 AX2의 중심에 대해 축외의 얇은 원호 영역이 양호한 결상 성능을 가지도록 설계되어 있다.

- <65> 플레이트(190)는, 웨이퍼나 액정 기관 등의 기관이며, 그 표면에는 포토레지스트가 도포되어 있다. 플레이트 스테이지(194)는, 척(192)을 통해서 플레이트(190)를 지지할 수 있고, 리니어 모터를 이용해 XYZ 방향으로 플레이트(190)를 이동시킬 수가 있다. 마스크(170)와 플레이트(190)는, 동기 주사되고, 플레이트 스테이지(194)와 마스크 스테이지(174)의 위치는, 예를 들면, 레이저 간섭계 등의 측정기에 의해 감시된다.
- <66> (제 2 실시 예)
- <67> 이하, 도 17을 참조해, 본 발명의 제 2 실시 예에 따른 노광장치 100A에 대해 설명한다. 여기서, 도 17은, 노광장치 100A의 개략 구성도이다. 노광장치 100A는, 조명 광학계 130A의 평행 변환 광학계 131A, 반사형 인테그레이터 140A, 및 개구 조리개 150A를 제외하고 노광장치 100과 같은 구성을 갖는다.
- <68> 평행 변환 광학계 131A는 평행 변환 광학계 131에 평면 미러(137)를 부가해서 평행광(CL)을 편향하고 있다.
- <69> 반사형 인테그레이터 140A는, 개구 조리개 150A의 입사 측에 각각이 복수의 원통 반사면 144A를 가진 2개의 파판 인테그레이터부 143을 갖는다. 2개의 인테그레이터부 143은, 모션 방향 G에 수직인 한편 원통 반사면 144A의 배열 방향 H에 수직인 방향으로 배치된다. 또, 2개의 인테그레이터부 143은, 원통 반사면 144A를 같은 방향으로 병렬로 배치하도록 배치된다. 개구 조리개 150A 전에 인테그레이터부 143을 배치하는 경우, 제 1 실시 예와 마찬가지로, 평행 변환 광학계 131A로부터의 평행광(CL)이 인테그레이터부 143을 거쳐 2차 광원을 형성하고, 그 방사광을 개구 조리개 150A가 제한한다. 이러한 구성의 결과, 유효 광원 분포의 일그러짐을 제거하여, 양호한 조명을 제공할 수가 있다. 또, 복수의 인테그레이터부 143을 사용하는 것에 의해, 제 1 실시 예와 같이, 개구 조리개와 인테그레이터부와의 사이의 거리를 짧게 해서, 효율적으로 원호 조명 영역을 제공할 수가 있다. 인테그레이터부 143의 반사면에 수직인 방향으로부터 보면 유효 광원이 왜곡되지 않도록 평행광을 조사해야 할 영역은, 본 실시 예에서는 도 15와 같다.
- <70> 도 17, 도 18 및 도 19a는, 2개의 인테그레이터부 143을 갖는 반사형 인테그레이터 140A를 나타내고 있다. 여기서, 도 18은, 평행광(CL)이 입사하는 반사형 인테그레이터 140A의 개략 단면도이다. 도 19a는, 개구 조리개 150A와 2개의 인테그레이터부 143의 배치를 나타내는 개략 사시도이다. 단, 인테그레이터부 143의 수는 3개 이상이라도 좋다. 도 19b는, 3개의 인테그레이터부 143을 갖는 반사형 인테그레이터 140B의 개략 사시도이다. 반사형 인테그레이터 140A는 반사형 인테그레이터 140B로 교체되어도 괜찮다.
- <71> 도 18에 있어서, 20은 상면(피조사면)으로서, 마스크(170)의 면(마스크면)과 등가이다. 원호 변환 광학계(153)는, 축 AX2를 중심 대칭축으로 한 공축계이며, 개구 조리개 150A의 중심 위치 14와 상면(20)은, 거의 푸리에 변환의 관계를 형성하도록 유지된다. 즉, 위치 14는 상면(20)의 거의 동공면이다. 평행광(CL)이 반사형 인테그레이터 140A에 입사하면, 상면(20)의 근방에 원호 형상으로 집광된다. 원호 변환 광학계(153)에 대해서는, 도 8에 나타낸 것과 같다.
- <72> 도 19a 및 도 19b에 있어서, CL1은 인테그레이터부 143에 입사하는 평행광(CL)의 중심 주광선의 방향을 나타내고, yz 단면을 통과한다. 위치 14는 원호 변환 광학계(153)의 동공면의 거의 중심이다. 위치 14를 원점으로서 xyz 좌표가 설정되어 있고, z축은 원호 변환 광학계(153)의 축 AX2와 일치하고 있다.
- <73> 개구 조리개 150A는 인테그레이터부 143으로부터의 빛이 통과하는 개구부 151A를 갖는다. 개구 조리개 150A의 개구부 151A는, y축 방향으로 병렬로 배치된 2매 이상의 인테그레이터부 143의 원통 반사면 144A에 수직으로 배치된다. 또, 도 19a 및 도 19b에 나타낸 바와 같이, 인테그레이터부 143의 수에 관계없이, z축으로부터 가장 먼 위치에 배치된 인테그레이터부 143의 원통 반사면 144A는, 개구부 151A의 원에 거의 접한다. 개구부 151A는, 표준적인 조명 모드의 개구이다. 따라서, 제 1 실시 예와는 달리, 변형 조명시에는, 도 21에 나타낸 회전 대칭인 개구 조리개를 이용한다. 도 21a는 큰 σ 을 가진 통상 조명 모드를 나타내고, 도 21b는 작은 σ 을 가진 통상 조명 모드를 나타내며, 도 21c는 환상의 조명 모드를 나타내고, 도 21d는 4중극 조명 모드를 나타내고 있다.
- <74> 이하, 도 20a 및 도 20b를 참조해, 도 19a에 나타낸 2개의 인테그레이터부 143와 개구 조리개 150A의 광학적 작용을 설명한다. 여기서, 도 20a는, 도 19a에 나타낸 2개의 인테그레이터부 143와 개구 조리개 150A의 배치의 문제점을 설명하는 개략 단면도이다. 도 20b는, 도 20a의 문제점을 해결하는 구성을 나타내는 개략 단면도이다.
- <75> 평행광(CL)이 인테그레이터부 143의 반사면에 비교적 고입사각, 예를 들면 70° 로 입사하면, 도 20a에 나타낸 바와 같이, 인테그레이터부 143의 두께만큼 평행광이 쏠드된다. 그 때문에 가능한 한 인테그레이터부 143을 얇게 형성하는 것이 바람직하지만, 인테그레이터부 143의 강도를 얻기 위해서는 어느 정도의 두께가 필요하다. 따라서, 도 20b에 나타낸 바와 같이, 인테그레이터부 143은, 중심부분을 두껍게 한 삼각주에 가까운 형상을 취하

는 것이 바람직하고, 또, 각 인테그레이터부 143에는 조정 기구(미도시)가 있는 것이 보다 바람직하다.

<76> 이하, 도 20c를 참조해, 도 19b에 나타낸 3개의 인테그레이터부 143과 개구 조리개 150A의 광학적 작용을 설명한다. 여기서, 도 20c는, 도 19b에 나타낸 3개의 인테그레이터부 143과 개구 조리개 150A의 배치의 문제점을 해결하는 개략 단면도이다. 인테그레이터부 143을 복수매 사용했을 때, 인접하는 인테그레이터부 143의 반사면의 간격 D_i 는 거의 등간격으로 되어 있다. 인테그레이터부 간의 음영을 제거해서 효율을 높이기 위해, 축 AX2 방향의 인테그레이터부 143의 길이 L_i 는, 개구 조리개 150A의 직경을 D_s , 인테그레이터부의 매수를 n , 평행광(CL)과 인테그레이터부 143의 반사면에 평행한 축 AX2가 이루는 각을 θ_i 로 했을 때에 다음의 식을 충족시키는 것이 바람직하다. 반사면의 간격 D_i 가 너무 커도 너무 작아도 평행광을 효율적으로 인테그레이터에 조사할 수가 없다.

<77> (수 1)

<78> $D_s/n \times 0.9 < D_i < D_s/n \times 1.1$

<79> $L_i = D_i/\tan\theta_i$

<80> 수식 1로부터 알 수 있듯이, 인테그레이터부의 매수가 증가하는 만큼, 인테그레이터부 143의 길이 L_i 가 짧아지고, 그 결과, 개구 조리개 150A와의 거리가 상당히 짧아짐으로써, 조명 효율이 향상한다. 한편, 인테그레이터부 143의 매수를 늘리는 만큼 인테그레이터부 143의 두께에 의한 광 쉴드가 생겨 조명 효율이 저하한다. 밸런스가 잡힌 인테그레이터부 143의 매수는 3매 혹은 4매 정도이다.

<81> 다음에, 노광장치 100 또는 100A의 동작을 설명한다. 노광에 있어서, 광원부(110)로부터 방사된 EUV광은, 평행 변환 광학계 131 또는 131A에 의해 평행광(CL)이 되어, 반사형 인테그레이터 140 또는 140A에 입사한다. 반사형 인테그레이터 140 또는 140A와 개구 조리개 150 또는 150A를 통과한 EUV광은, 일그러짐이 없는 유효 광원을 형성하고, 원호 변환 광학계(153)에 의해 마스크(170)를 균일하게 원호 조명한다. 마스크 패턴을 반영하는 EUV광은 투영 광학계(180)에 의해 플레이트(190)에 결상된다. 본 실시 예의 노광장치 100 또는 100A는, 유효 광원의 일그러짐을 일본국 공개특허공보 특개2005-141158호보다도 더 효율적으로 제거하여, 고품위의 해상 성능을 발휘할 수가 있다.

<82> 다음에, 도 22 및 도 23을 참조해, 노광장치 100 또는 100A를 이용한 디바이스 제조방법의 실시 예를 설명한다. 도 22는, 반도체 디바이스나 액정 표시 디바이스 등, 디바이스의 제조를 설명하기 위한 플로차트이다. 여기에서는, 반도체 디바이스의 제조를 일례로서 설명한다. 스텝 1(회로설계)에서는, 반도체 디바이스 회로를 설계한다. 스텝 2(마스크 제작)에서는, 설계한 회로 패턴을 갖는 마스크를 제작한다. 스텝 3(웨이퍼 제조)에서는, 실리콘 등의 재료를 이용해 웨이퍼를 제조한다. 스텝 4(웨이퍼 프로세스)는 전공정이라고 불리고, 마스크와 웨이퍼를 이용해 리소그래피 기술에 의해 웨이퍼 위에 실제의 회로를 형성한다. 스텝 5(조립)는 후공정이라고 불리고, 스텝 4에 의해 작성된 웨이퍼를 반도체 칩화하는 공정이며, 어셈블리 공정(다이싱, 본딩), 패키징 공정(칩 봉입) 등의 공정을 포함한다. 스텝 6(검사)에서는, 스텝 5에서 작성된 반도체 디바이스의 동작 확인 테스트, 내구성 테스트 등의 검사를 행한다. 이러한 공정을 거쳐 반도체 디바이스가 완성되어, 출하(스텝 7)된다.

<83> 도 23은, 도 22에 나타낸 스텝 4의 웨이퍼 프로세스의 상세한 플로차트이다. 스텝 11(산화)에서는, 웨이퍼의 표면을 산화시킨다. 스텝 12(CVD)에서는, 웨이퍼의 표면에 절연막을 형성한다. 스텝 13(전극 형성)에서는, 웨이퍼 위에 전극을 증착 등에 의해 형성한다. 스텝 14(이온 주입)에서는, 웨이퍼에 이온을 주입한다. 스텝 15(레지스터 처리)에서는, 웨이퍼에 감광제를 도포한다. 스텝 16(노광)에서는, 노광장치 100 또는 100A에 의해 마스크 패턴을 웨이퍼에 노광한다. 스텝 17(현상)에서는, 노광한 웨이퍼를 현상한다. 스텝 18(에칭)에서는, 현상한 레지스터 상 이외의 부분을 제거한다. 스텝 19(레지스터 박리)에서는, 에칭이 끝나 불필요해진 레지스터를 제거한다. 이러한 스텝을 반복해서 웨이퍼 위에 다층 회로 패턴을 형성한다. 본 실시 형태의 디바이스 제조 방법에 의하면, 종래보다 고품위의 디바이스를 제조할 수가 있다. 이와 같이, 상기 디바이스 제조방법은, 종래보다 고품위의 디바이스를 제공할 수가 있다. 이러한 노광장치 100 또는 100A를 사용하는 디바이스 제조방법, 및 결과물로서의 디바이스도 본 발명의 1측면을 이루고 있다.

<84> 특허청구범위, 명세서, 도면 및 요약서를 포함하는 2006년 10월 13에 출원된 일본국 출원번호 제2006-280783호의 전체 개시내용이 본 명세서에 참고로 통합되었다.

<85> 이상, 본 발명의 바람직한 실시 예에 대해 설명했지만, 본 발명은 이러한 실시 예에 한정되지 않는 것은 말할 필요도 없고, 그 요지의 범위 내에서 여러 가지의 변형 및 변경이 가능하다. 예를 들면, 본 실시 형태에서는 EUV광을 사용해 설명했지만, 본 발명은 진공 UV나 X선 영역의 광원에도 적용할 수가 있다.

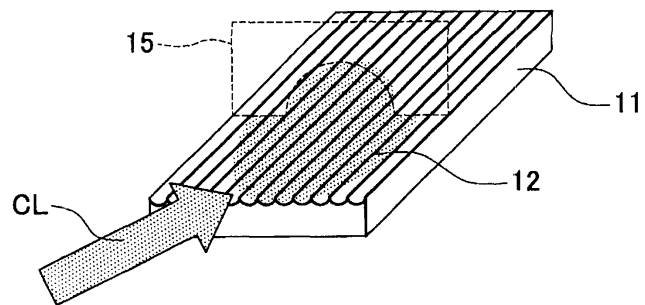
도면의 간단한 설명

- <86> 도 1은, 종래의 개구 조리개와 인테그레이터의 배치를 나타내는 개략 사시도이다.
- <87> 도 2는, 종래 예를 설명하기 위한 개략 평면도이다.
- <88> 도 3은, 제 1 실시 예에 따른 노광장치의 구성을 나타내는 개략 단면도이다.
- <89> 도 4a는, 복수의 블록형 원통 반사면을 갖는 인테그레이터부에 평행광이 입사한 것을 나타내는 개략 사시도이고, 도 4b는, 도 4a와 같은 효과를 갖는 복수의 오목형 원통 반사면을 갖는 인테그레이터부의 개략 사시도다.
- <90> 도 5는, 도 4a에 나타난 블록형 원통 반사면의 개략 단면도이다.
- <91> 도 6은, 도 4a에 나타난 블록형 원통 반사면에서의 EUV 광의 반사를 설명하기 위한 개략 사시도다.
- <92> 도 7은, 도 4a에 나타난 블록형 원통 반사면에서 반사한 EUV 광의 각도 분포를 나타낸다.
- <93> 도 8은, 도 3에 나타난 반사형 인테그레이터의 거동을 설명하는 개략 단면도이다.
- <94> 도 9는, 도 3에 나타난 개구 조리개와 반사형 인테그레이터와의 배치를 나타내는 개략 사시도다.
- <95> 도 10a는 종래의 인테그레이터와 개구 조리개와의 관계로부터 얻은 유효 광원 분포를 나타내는 개략 평면도이고, 도 10b는 본 실시 예의 인테그레이터와 개구 조리개와의 관계로부터 얻은 유효 광원 분포를 나타내는 개략 평면도이다.
- <96> 도 11a 내지 11d는, 도 1에 나타난 개구 조리개에 적용 가능한 다양한 개구 조리개를 나타내는 평면도이다.
- <97> 도 12는, 한 장의 인테그레이터부와 원형 개구 조리개의 개략 사시도다.
- <98> 도 13은, 도 12에 나타난 구성의 문제점을 설명하기 위한 개략 평면도이다.
- <99> 도 14a 내지 14c는, 도 12에 나타난 구성의 문제점을 설명하기 위한 개략 평면도이다.
- <100> 도 15는, 도 3에 나타난 배치의 효과를 설명하는 개략 평면도이다.
- <101> 도 16은, 도 3에 나타난 슬릿의 개략 평면도이다.
- <102> 도 17은, 본 발명의 제 2 실시 예에 따른 노광장치의 구성을 나타내는 개략 단면도다.
- <103> 도 18은, 도 17에 나타난 반사형 인테그레이터의 거동을 설명하는 개략 단면도다.
- <104> 도 19a는, 도 3에 나타난 개구 조리개와 반사형 인테그레이터의 배치를 나타내는 개략 사시도이고, 도 19b는, 도 19a에 나타난 구성의 변형 예이다.
- <105> 도 20a 내지 20c는, 도 19a 및 19b에 나타난 구성의 광학적 작용을 설명하는 개략 단면도이다.
- <106> 도 21a 내지 20d는, 도 17에 나타난 개구 조리개에 적용 가능한 다양한 개구 조리개를 나타내는 평면도이다.
- <107> 도 22는, 디바이스(반도체 디바이스 및 액정 표시 디바이스 등)의 제조를 설명하기 위한 플로차트다.
- <108> 도 23은, 도 22에 나타난 스텝 4의 웨이퍼 프로세스의 상세한 플로차트이다.

도면

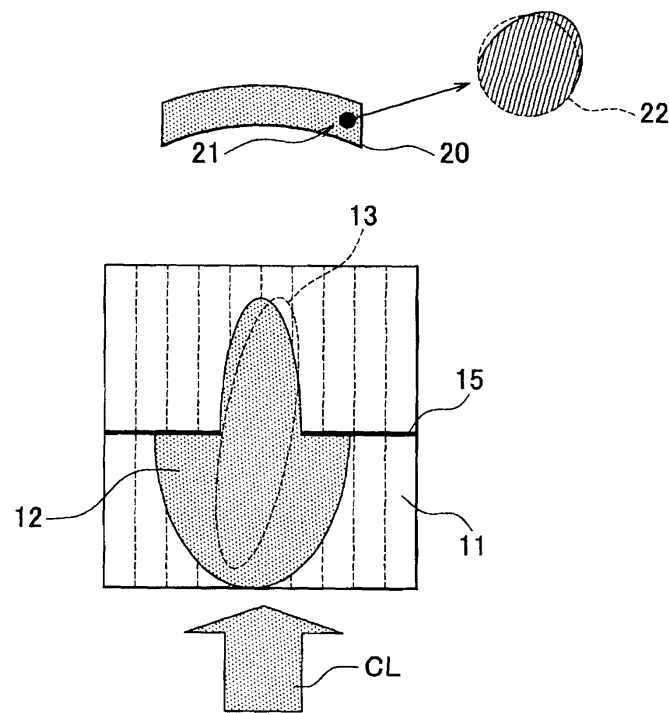
도면1

종래 기술

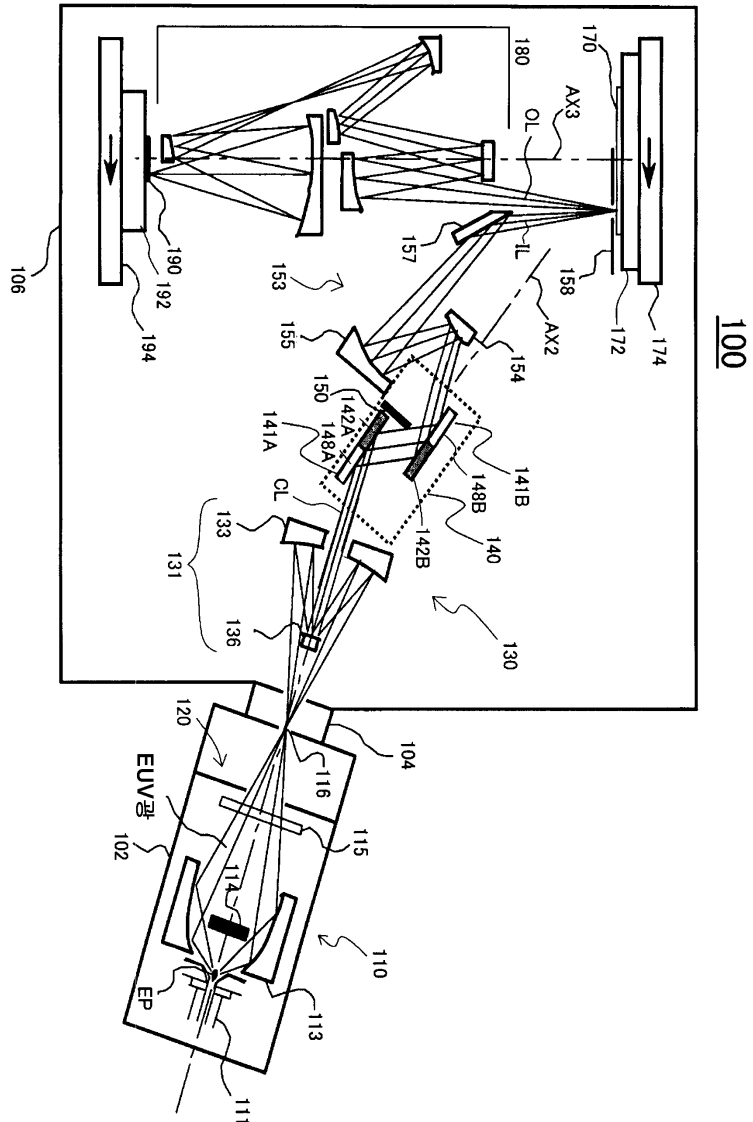


도면2

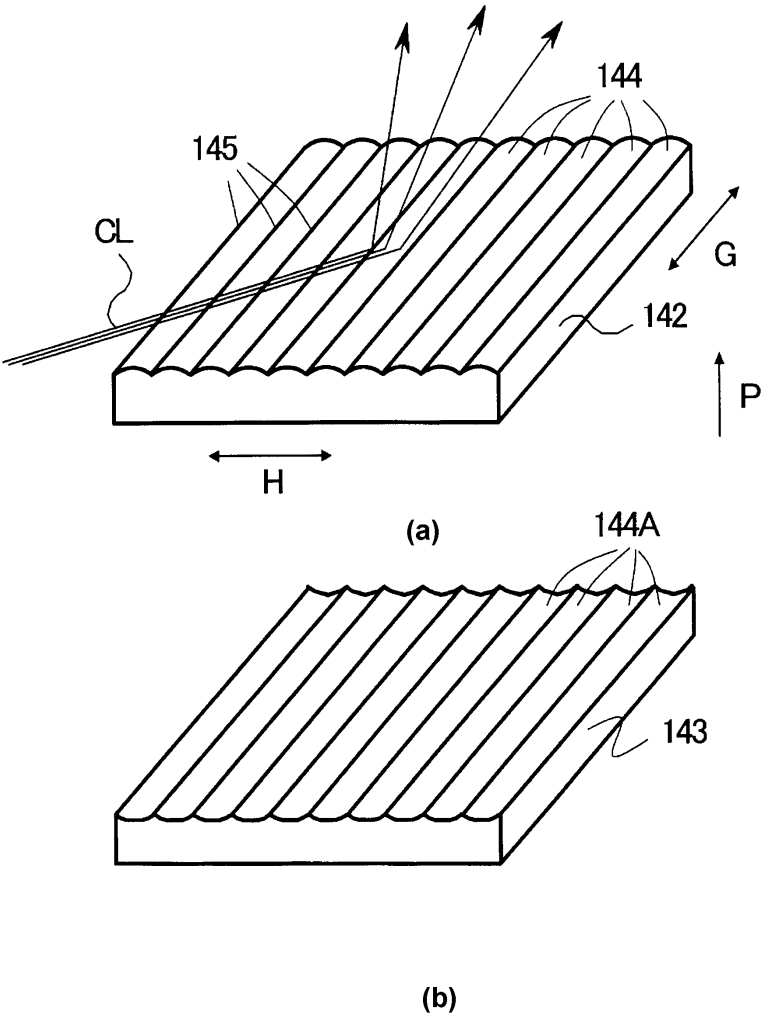
종래 기술



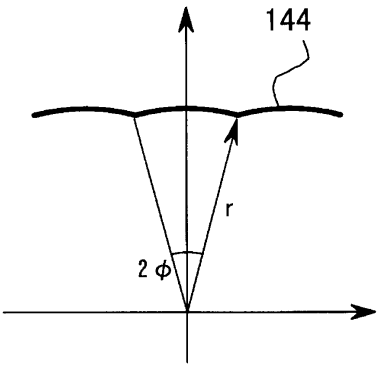
도면3



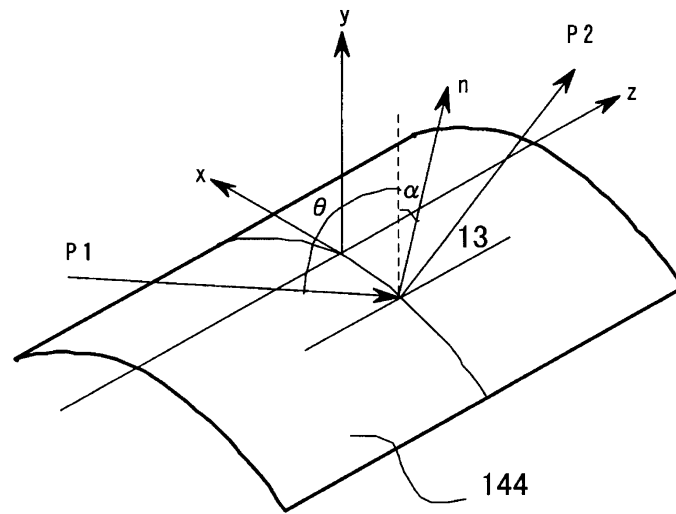
도면4



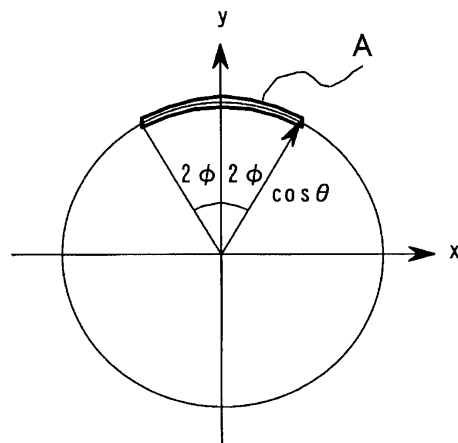
도면5



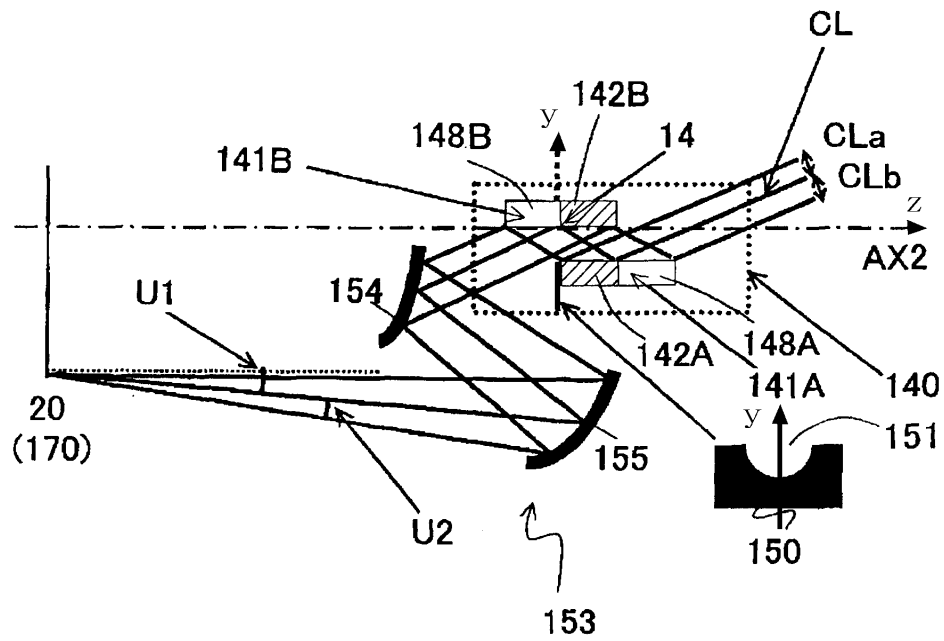
도면6



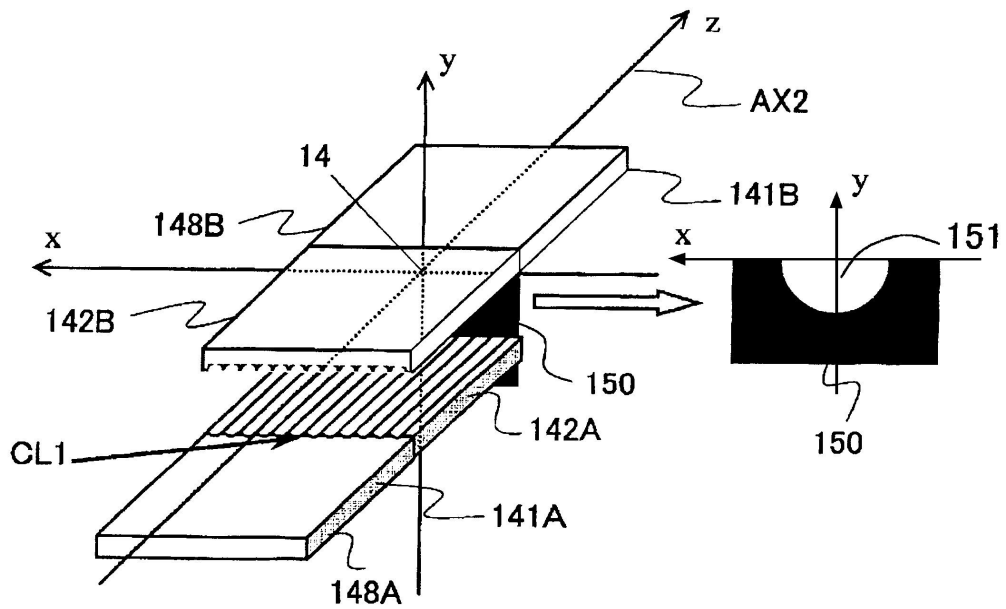
도면7



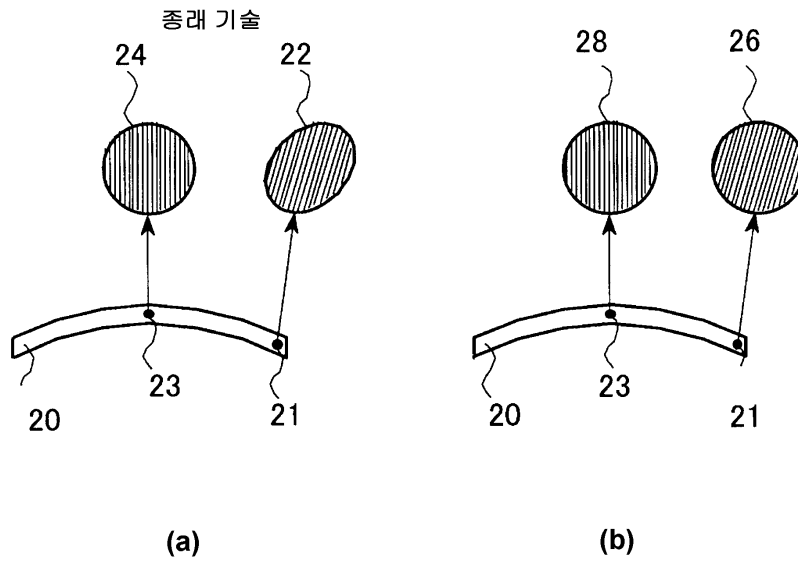
도면8



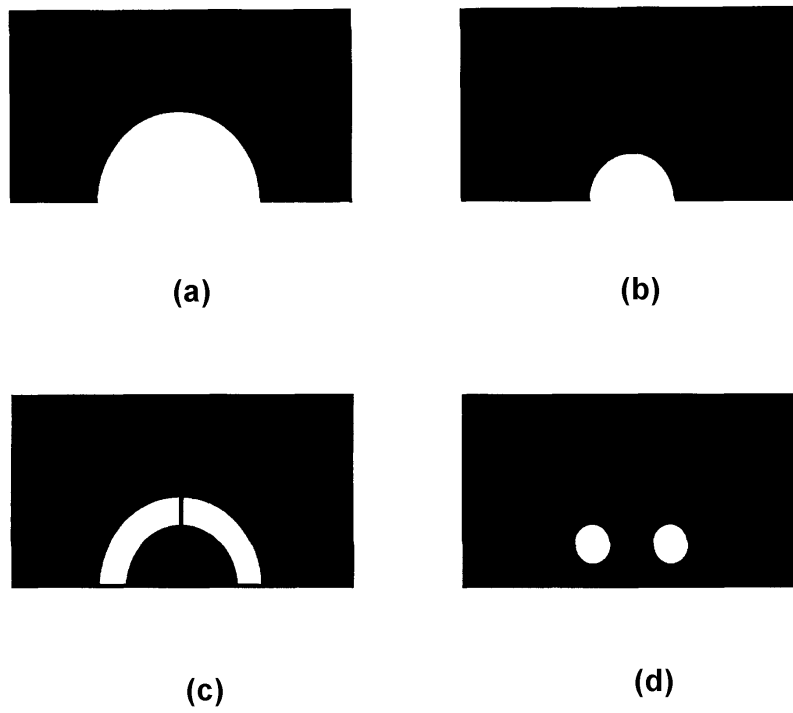
도면9



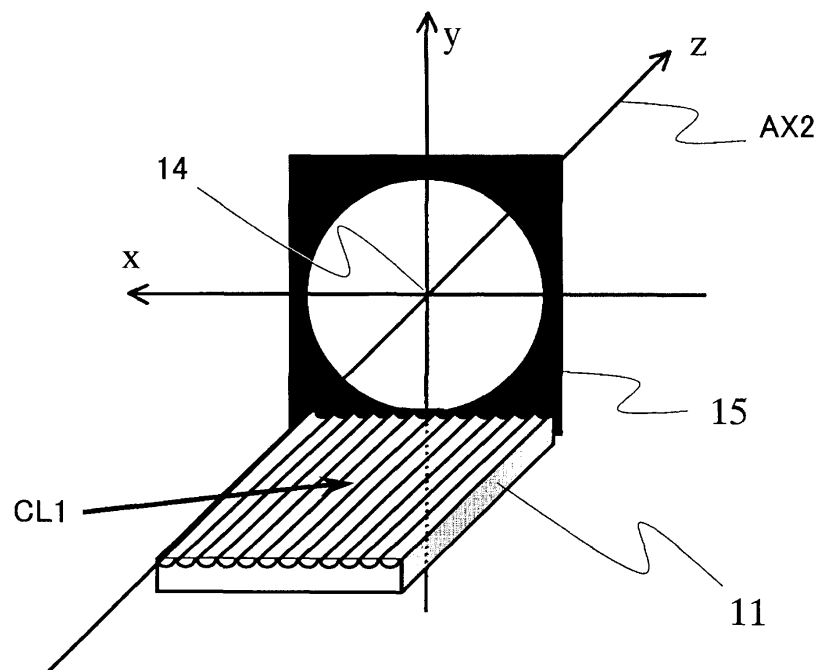
도면10



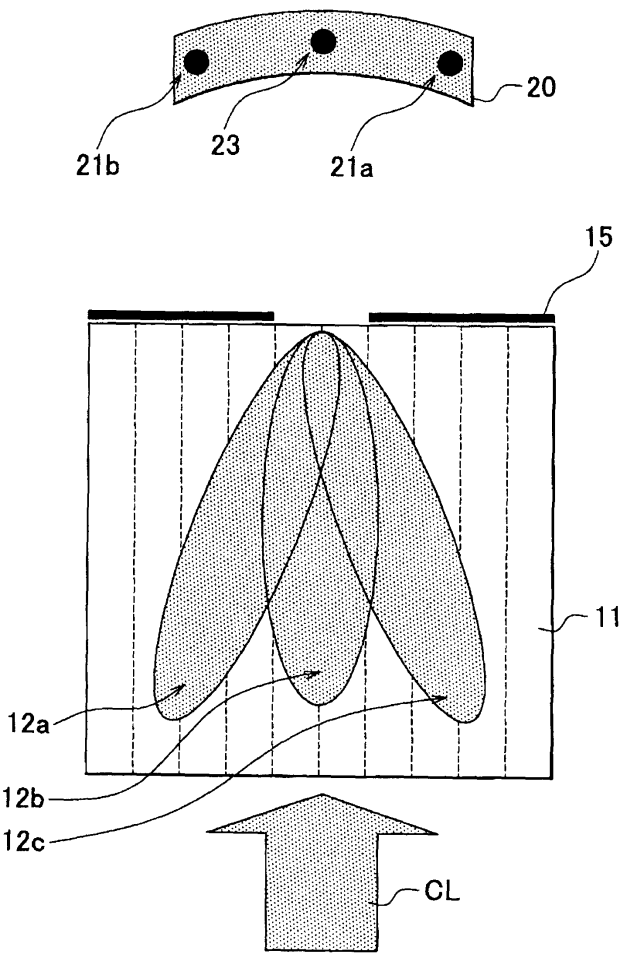
도면11



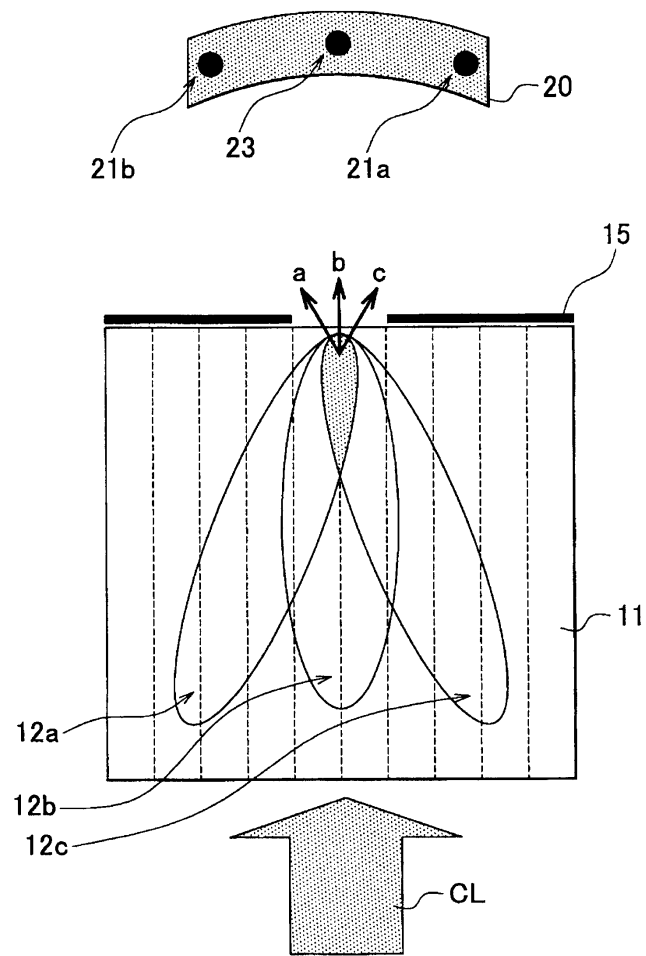
도면12



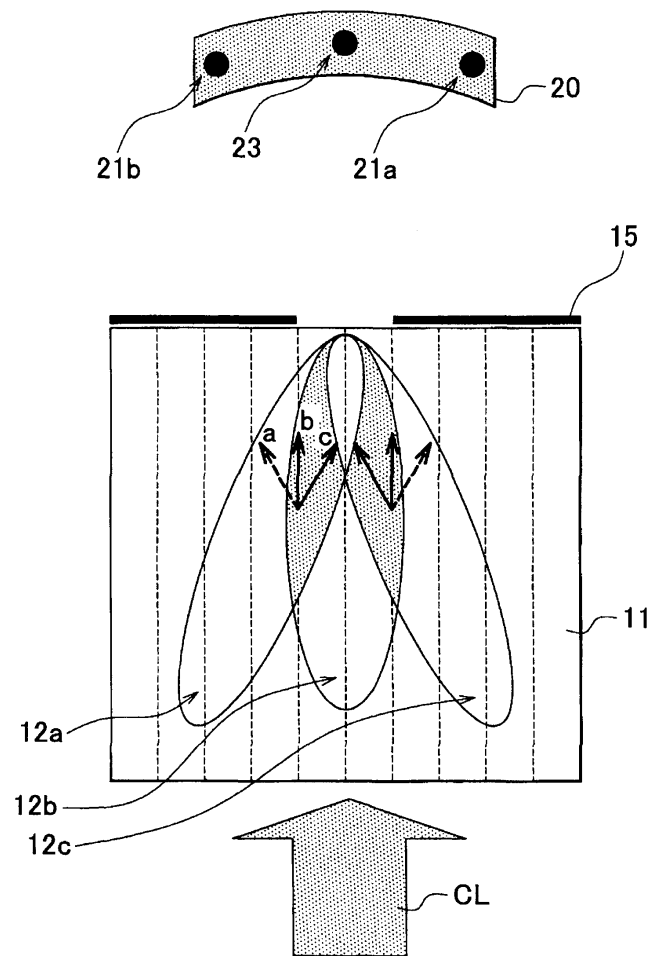
도면13



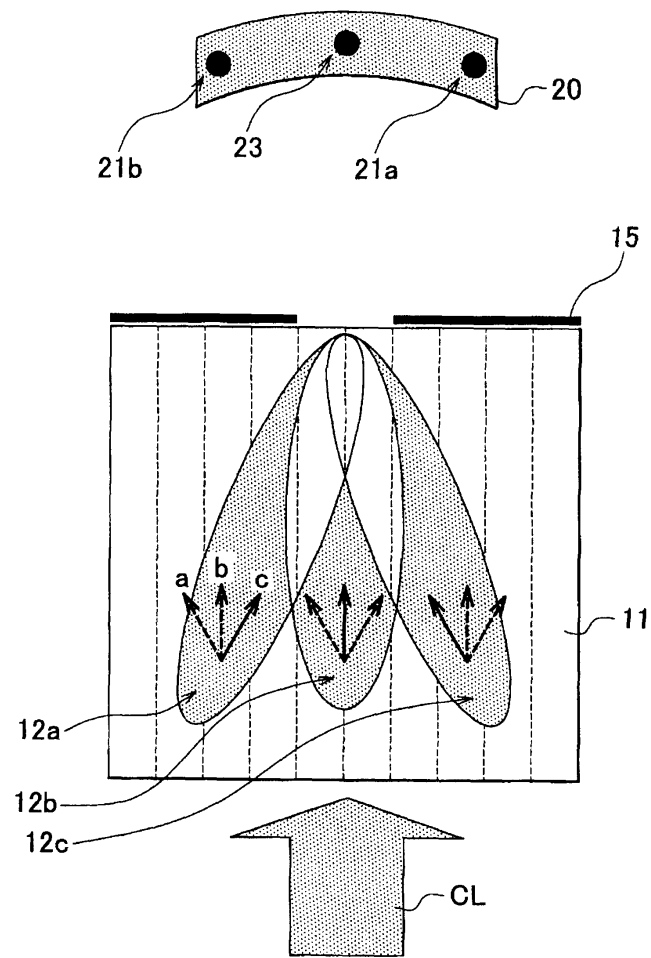
도면14a



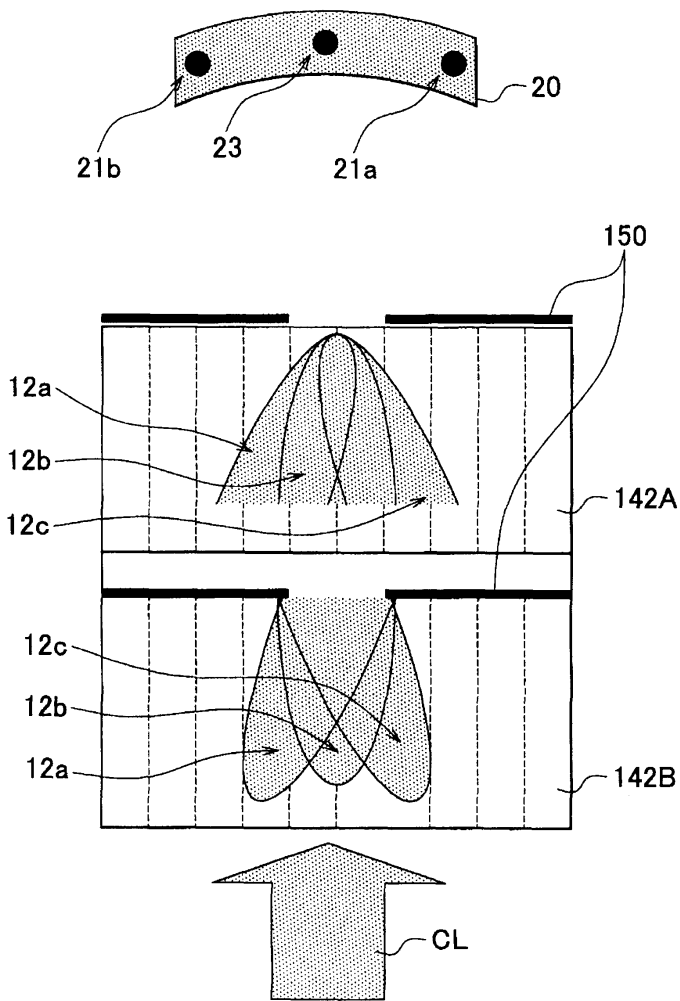
도면14b



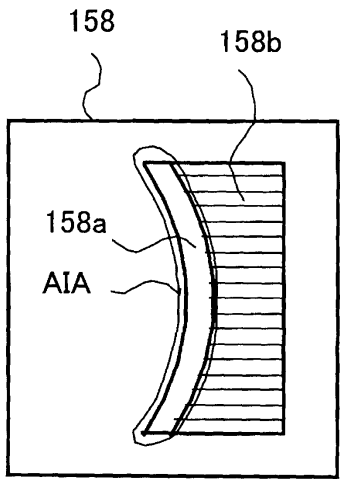
도면14c



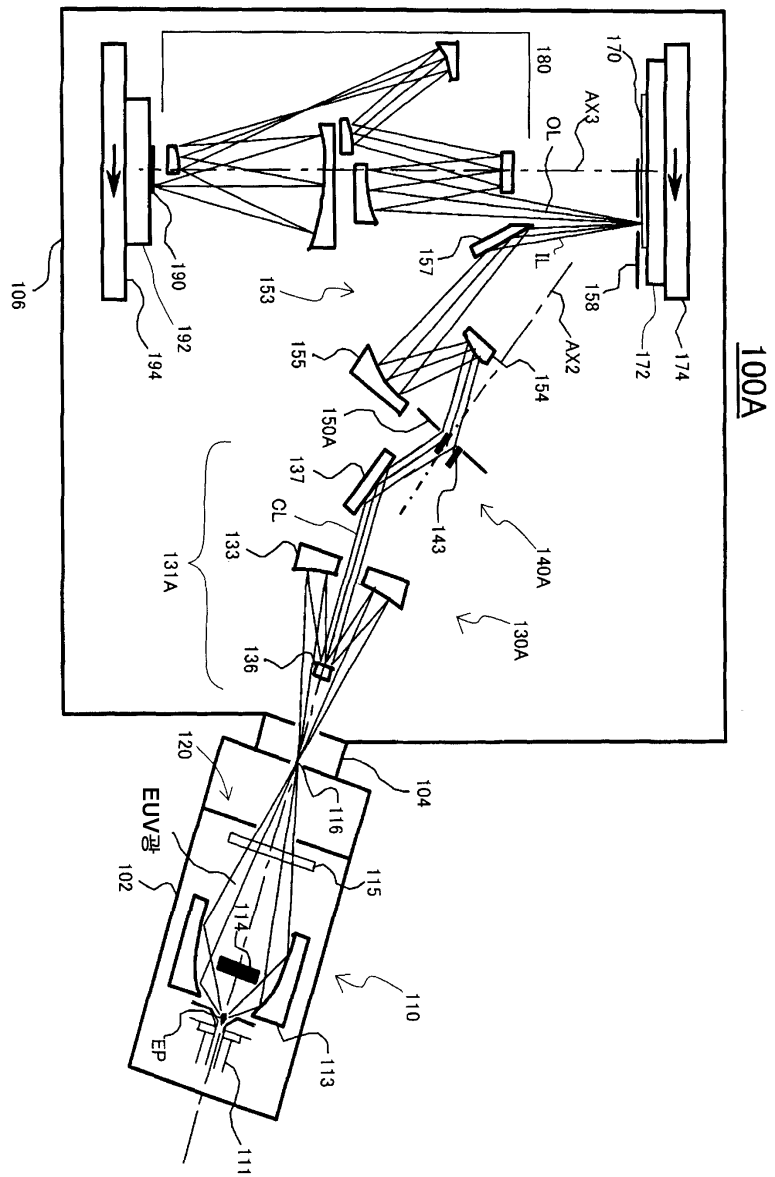
도면15



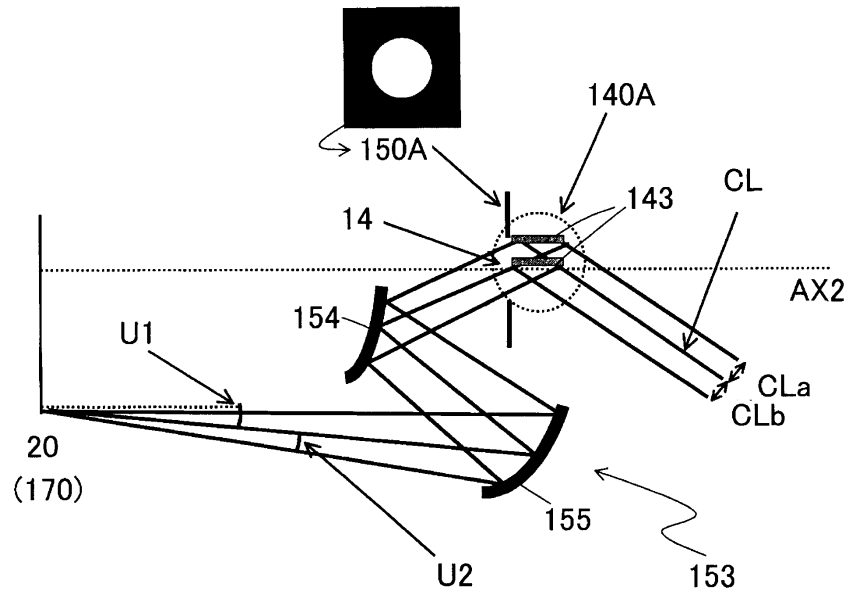
도면16



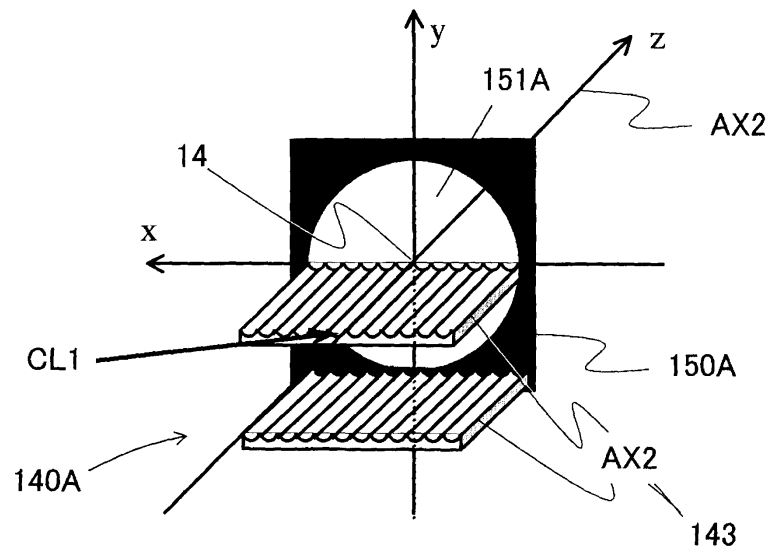
도면17



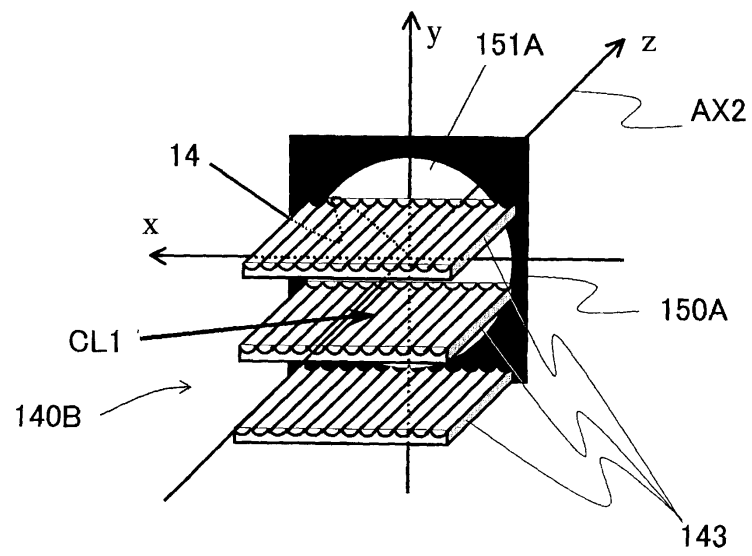
도면18



도면19

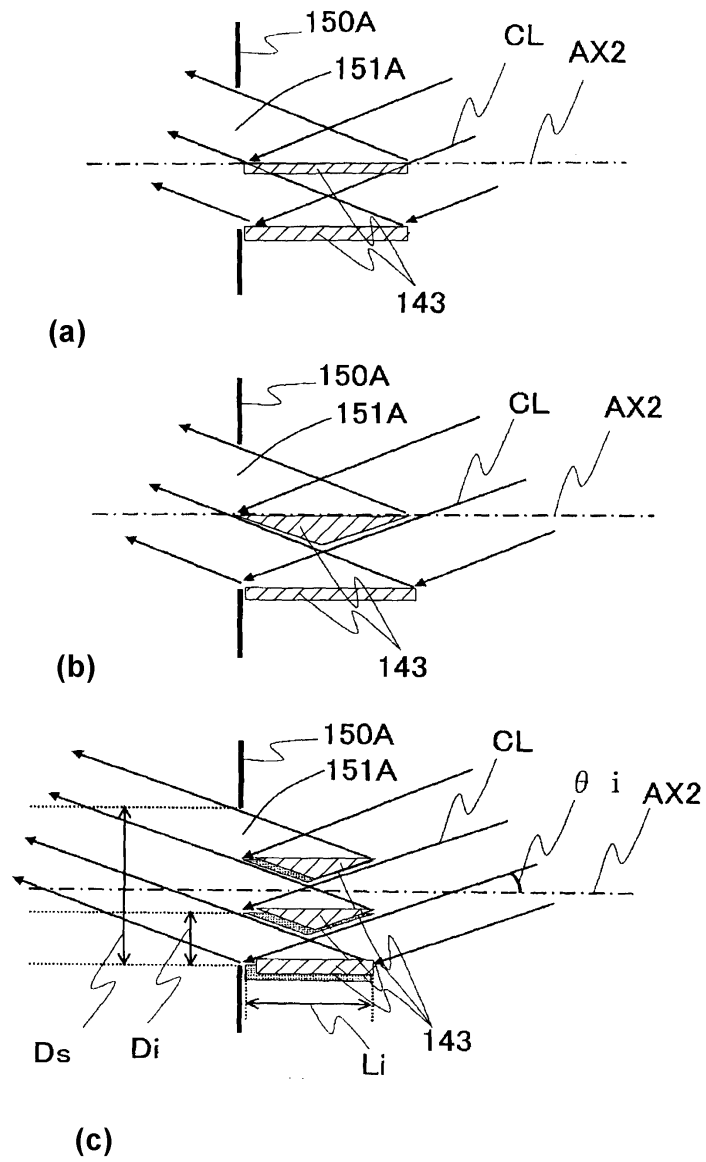


(a)

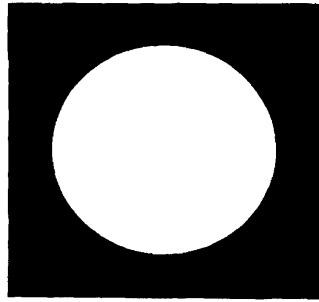


(b)

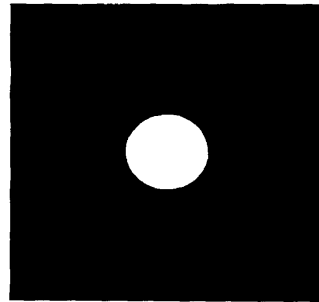
도면20



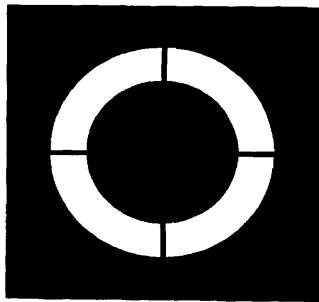
도면21



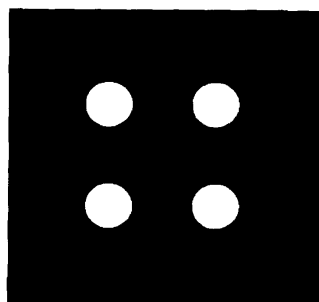
(a)



(b)

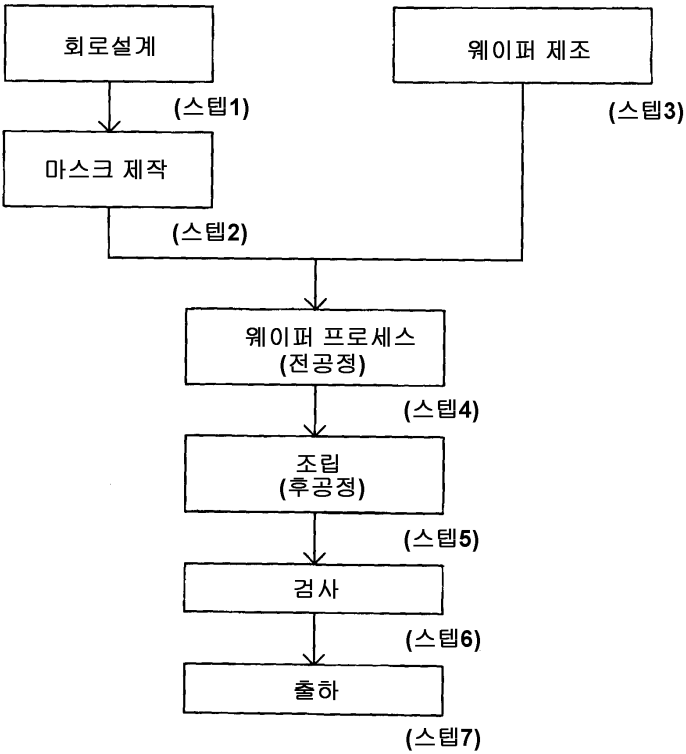


(c)



(d)

도면22



도면23

