



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2008년09월04일
(11) 등록번호 10-0856976
(24) 등록일자 2008년08월29일

(51) Int. Cl.

H01L 21/027 (2006.01)

(21) 출원번호 10-2007-0015765

(22) 출원일자 2007년02월15일

심사청구일자 2007년02월15일

(65) 공개번호 10-2007-0082547

(43) 공개일자 2007년08월21일

(30) 우선권주장

JP-P-2006-00037422 2006년02월15일 일본(JP)

(56) 선행기술조사문헌

KR1020030085668 A

KR1020060047407 A

(73) 특허권자

캐논 가부시끼가이샤

일본 도쿄도 오오따꾸 시모마루쵸 3쵸메 30방 2고

(72) 발명자

타케우치 세이지

일본국 도쿄도 오오따꾸 시모마루쵸 3쵸메 30방 2고 캐논가부시끼가이샤나이

야마조에 켄지

일본국 도쿄도 오오따꾸 시모마루쵸 3쵸메 30방 2고 캐논가부시끼가이샤나이

(뒷면에 계속)

(74) 대리인

신중훈, 임옥순

전체 청구항 수 : 총 10 항

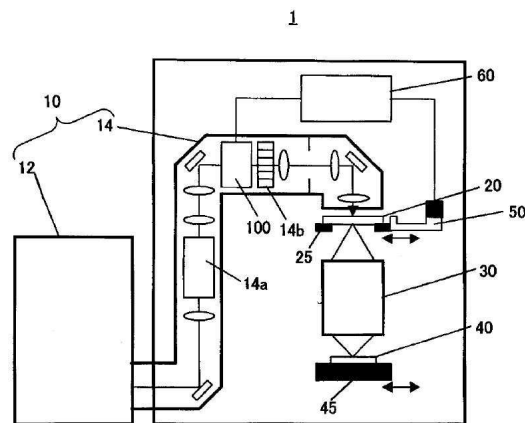
심사관 : 설관식

(54) 노광장치 및 디바이스 제조방법

(57) 요약

레티클을 조명하는 조명광학계와 상기 레티클의 패턴을 기관에 투영하는 투영광학계를 구비한 노광장치이며, 상기 레티클을 조명하기 위한 유효광원 분포내의 복수의 영역의 각 편광상태와 상기 기관을 노광하기 위한 유효결상분포 내의 복수의 영역의 각 편광상태 중 적어도 한쪽의 복수의 영역의 각 편광상태를 독립하여 조정 가능한 편광조정수단과, 상기 편광조정수단을 통과한 광의 편광상태를 측정하는 편광계측수단과, 상기 편광계측수단의 계측결과에 의거하여, 상기 편광조정수단을 통하여 상기 복수의 영역의 각 편광상태를 독립하여 제어하는 제어부를 가지는 것을 특징으로 하는 노광장치.

대표도 - 도1



(72) 발명자

오사키 유미코

일본국 도쿄도 오오타구 시모마루쵸 3쵸메 30방 2
고 캐논가부시끼가이샤나이

요시이 미노루

일본국 도쿄도 오오타구 시모마루쵸 3쵸메 30방 2
고 캐논가부시끼가이샤나이

특허청구의 범위

청구항 1

레티클을 조명하는 조명광학계와, 상기 레티클의 패턴을 기관에 투영하는 투영광학계를 구비한 노광장치로서,
 상기 레티클을 조명하기 위한 유효광원 분포내의 복수의 영역의 각 편광상태와 상기 기관을 노광하기 위한 유효
 결상분포 내의 복수의 영역의 각 편광상태 중 적어도 한쪽의 복수의 영역의 각 편광상태를 독립하여 조정 가능
 한 편광조정수단과,
 상기 편광조정수단을 통과한 광의 편광상태를 측정하는 편광계측수단과,
 상기 편광계측수단의 측정결과에 의거하여, 상기 편광조정수단을 통하여 상기 복수의 영역의 각 편광상태를 독
 립하여 제어하는 제어부
 를 가지는 것을 특징으로 하는 노광장치.

청구항 2

제1 항에 있어서,
 상기 편광조정수단은, 적어도 2개의 위상차판을 가지는 것을 특징으로 하는 노광장치.

청구항 3

제2 항에 있어서,
 상기 적어도 2개의 위상차판은, 조명광학계의 광축에 수직인 면내에 배치되는 것을 특징으로 하는 노광장치.

청구항 4

제2 항에 있어서,
 상기 적어도 2개의 위상차판은, 조명광학계의 광축 방향으로 중첩해서 배치되는 것을 특징으로 하는 노광장치.

청구항 5

제1 항에 있어서,
 상기 편광조정수단은, 상기 조명광학계의 동공위치에 배치되는 것을 특징으로 하는 노광장치.

청구항 6

제1 항에 있어서,
 상기 편광조정수단은, 상기 투영광학계의 동공위치에 배치되는 것을 특징으로 하는 노광장치.

청구항 7

제2 항에 있어서,
 상기 제어부는, 상기 편광계측수단의 측정결과에 의거하여, 상기 적어도 2개의 위상판의 각각을 독립하여 회전
 제어하는 것을 특징으로 하는 노광장치.

청구항 8

제1 항에 있어서,
 상기 편광계측수단은, 상기 조명광학계의 일부의 광학소자 또는 모든 광학소자를 통과한 광의 편광상태를 측정
 하는 것을 특징으로 하는 노광장치.

청구항 9

제1 항에 있어서,

상기 편광계측수단은, 상기 투영광학계의 일부의 광학소자 또는 모든 광학소자를 통과한 광의 편광상태를 계측하는 것을 특징으로 하는 노광장치.

청구항 10

제1 항 내지 제9 항 중의 어느 한 항에 기재된 노광장치를 이용하여 피처리체를 노광하는 스텝과;

노광된 상기 피처리체를 현상하는 스텝

을 가지는 것을 특징으로 하는 디바이스의 제조방법.

명세서

발명의 상세한 설명

발명의 목적

발명이 속하는 기술 및 그 분야의 종래기술

- <27> 본 발명은, 노광장치 및 디바이스의 제조방법에 관한 것이다.
- <28> 포트리소그래피 기술을 이용하여 반도체소자를 제조할 때에, 레티클(마스크)에 묘화된 회로패턴을 투영광학계에 의해 웨이퍼에 투영하여 회로패턴을 전사하는 투영노광장치가 종래부터 사용되고 있다.
- <29> 근래에는, 반도체소자의 미세화의 요구에 수반하여, 노광장치의 절반 이하 크기의 패턴을 노광할 수 있는 노광장치도 개발되어 있다. 이러한 고해상을 달성하기 위해서는, 일반적으로, 노광광의 단파장화 및 투영광학계의 개구수(NA)를 크게 함으로써 이루어진다. 투영광학계의 NA를 크게 하는 것은, 상면으로부터의 수선과 입사광의 진행 방향과의 이루는 각이 커지는 것을 의미하고 있고, 고NA결상으로 불린다.
- <30> 고NA결상에서는, 노광광의 편광이 문제가 된다. 예를 들면, 라인과 스페이스가 반복되고 있는, 소위, 라인 앤드 스페이스(L&S) 패턴을 노광하는 경우를 고려한다. L&S패턴은, 평면파 2광속 간섭에 의해서 형성된다. 2광속의 입사방향벡터를 포함한 면을 입사 평면으로 하고, 입사 평면에 수직인 전계벡터를 가지는 편광을 S편광, 입사 평면에 평행한 전계벡터를 가지는 편광을 P편광으로 한다. 2광속의 입사방향벡터의 서로 이루는 각도가 90도의 경우, S편광은 간섭하기 때문에 L&S패턴에 대응한 광강도 분포가 상면에 형성된다. 한편, P편광은 전계벡터가 직교하기 때문에 간섭하지 않고(간섭의 효과가 없어짐), 광강도 분포가 일정하게 된다. 따라서, L&S패턴에 대응한 광강도 분포가 상면에 형성되는 것은 없다. S편광과 P편광이 혼재되어 있으면, S편광만의 때보다 콘트라스트가 나쁜 광강도 분포가 상면에 형성되어 P편광의 비율이 커지면 상면의 광강도 분포의 콘트라스트가 저하하고, 최종적으로는, 패턴이 형성되지 않게 된다.
- <31> 이 때문에, 노광광의 편광상태를 제어할 필요가 있다. 예를 들면, 조명광학계의 동공위치에 있고, $\lambda/2$ 판에 의해 노광광의 편광상태를 제어하고, 탄젠셜 조명을 실현하는 노광장치가 제안되고 있다(일본국 특개 2005-166871호 공보참조). 또, 조명광학계의 내부에 있어서 노광광의 편광상태를 계측하고, 이러한 계측결과를 광원 또는 노광장치에 피드백 하거나 또는 피드퍼워드하는 노광장치도 제안되어 있다(일본국 특개 2005-268489호 공보 및 특개 2003-329516호 공보 참조). 편광 제어된 노광광은, 충분한 콘트라스트의 광강도 분포를 상면에 형성할 수 있어 보다 미세한 패턴을 노광할 수 있다.
- <32> 노광장치에 있어서의 편광조명에서는, 레티클을 조명하는 광이 소망한 편광상태로 되어 있거나, 또는 피처리체에 결상하는 광이 소망한 편광상태로 되어 있는 것이 중요하다. 한편, 조명광학계의 동공위치에서 노광광의 편광상태를 제어했어도, 조명광학계의 동공위치 이후의 광학계나 투영광학계의 영향에 의해, 제어한 편광상태인 채로 상면에 도달한다고는 할 수 없다. 예를 들면, 조명광학계나 투영광학계의 유리재의 복굴절, 반사미러 등의 편광 특성 등에 의해, 편광상태가 부분적(편광조명의 각 영역에 있어서)으로 변화하거나 편광상태가 경시적으로 변화하거나 하는 경우가 있다.

발명이 이루고자 하는 기술적 과제

- <33> 그러나, 종래 기술에서는, 편광조명의 편광상태를 일괄하여 제어하고 있기 때문에, 편광조명의 각 영역을 각각 독립적으로 제어하지 못하고, 편광조명의 각 영역에 있어서의 편광상태의 변화에 대응하지 못하고, 소망한 편광상태에 유지할 수 없다. 또, 특히, 일본국 특개 2005-166871호 공보에 기재된 노광장치에서는, 편광상태가 경

시적으로 변화했을 경우에는, 편광제어부재를 노광장치로부터 분리하여 소망한 편광상태가 되도록 편광제어부재를 조정할 필요가 있으며, 스루풋을 저하시키는 원인이 된다.

<34> 본 발명은, 스루풋을 저하시키는 일 없이, 노광광의 편광상태를 고정밀도로 제어하여, 해상도를 향상시킬 수 있는 노광장치를 제공한다.

발명의 구성 및 작용

<35> 본 발명의 1 측면으로서의 노광장치는, 레티클을 조명하는 조명광학과와 상기 레티클의 패턴을 기관에 투영하는 투영광학계를 구비한 노광장치로서, 상기 레티클을 조명하기 위한 유효광원 분포내의 복수의 영역의 각 편광상태를 독립하여 조정 가능한 편광조정수단과 상기 편광조정수단을 통과한 광의 편광상태와 상기 기관을 노광하기 위한 유효결상분포 내의 복수의 영역의 각 편광상태 중 적어도 한쪽의 복수의 영역의 각 편광상태를 계측하는 편광계측수단과, 상기 편광계측수단의 계측결과에 의거하여, 상기 편광조정수단을 통하여 상기 복수의 영역의 각 편광상태를 독립하여 제어하는 제어부를 가지는 것을 특징으로 한다.

<36> 본 발명의 다른 측면으로서의 디바이스의 제조방법은, 상술의 노광장치를 이용하여 피처리체를 노광하는 스텝과, 노광된 상기 피처리체를 현상하는 스텝을 가지는 것을 특징으로 한다.

<37> 본 발명의 또 다른 목적 또는 그 외의 특징은, 이하, 첨부 도면을 참조하여 설명되는 바람직한 실시예에 의해서 밝혀질 것이다.

<38> <바람직한 실시형태의 설명>

<39> 이하, 첨부 도면을 참조하면서, 본 발명의 1 측면으로서의 노광장치에 대해 설명한다. 또, 각 도면에 있어서, 동일한 부재에 대해서는 동일한 참조 번호를 부여하고, 중복하는 설명은 생략한다. 여기서, 도 1은, 본 발명의 노광장치(1)의 구성을 나타내는 개략 단면도이다.

<40> 노광장치(1)는, 광원부(12)로부터 발광된 광속을, 복수의 광학계를 통하여 웨이퍼(40)에 조사하고, 레티클(20)에 형성된 회로패턴으로 웨이퍼(40)를 노광하는 투영노광장치이다. 노광장치(1)로서는, 스텝 앤드 리피트 방식 또는 스텝 앤드 스캔 방식의 노광장치를 이용할 수 있다. 이하, 본 실시형태에서는, 스텝 앤드 스캔 방식의 노광장치를 예에 설명한다.

<41> 노광장치(1)는, 도 1에 도시한 바와 같이, 조명장치(10)와, 레티클(20)을 재치하는 레티클스테이지(25)와, 투영광학계(30)와, 웨이퍼(40)를 재치하는 웨이퍼스테이지(45)와, 편광계측수단(50)과, 제어부(60)와, 편광조정수단(100)을 가진다.

<42> 조명장치(10)는, 전사용의 회로패턴이 형성된 레티클(20)을 조도 불균일이 없이, 또한, 균일한 각도 분포로 조명한다. 조명장치(10)는, 광원부(12)와, 조명광학계(14)를 가진다.

<43> 광원부(12)는, 본 실시형태에서는, 파장 약 193nm의 ArF 엑시머 레이저나 파장 약 248nm의 KrF 엑시머 레이저 광원을 사용한다. 단, 광원의 종류로서는, 파장 약 157nm의 F2레이저를 사용해도 되고, 그 레이저의 개수도 한정되지 않는다. 또, 500W 이상의 출력을 가지는 초고압 수은램프나 크세논램프 등을 사용해도 되고, 수은램프의 g선(파장 약 436nm)이나 i선(파장 약 365nm)을 사용하여도 된다.

<44> 조명광학계(14)는, 피조명면에 배치된 레티클(20)을 조명하는 광학계이며, 렌즈, 미러, 옵티컬 인티그레이터(파리의 눈렌즈), 조리개 등을 포함한다. 조명광학계(14)는, 본 실시형태에서는, 빔정형광학계(14a)와, 파리의 눈렌즈(14b)를 가진다.

<45> 빔정형광학계(14a)는, 광원부(12)로부터의 광속을 소망한 빔 형상으로 정형한다. 빔정형광학계(14a)는, 복수의 실린드릭 렌즈를 구비한 빔익스팬더를 사용한다. 빔정형광학계(14a)는, 광원부(12)로부터의 평행광의 단면형상의 치수의 종횡 비율을 소망한 값으로 변환한다(예를 들면, 단면형상을 장방형으로부터 정방형으로 하는 등). 빔정형광학계(14a)는, 파리의 눈렌즈(14b)를 조명하기 위해 필요한 크기 및 발산각을 가지는 광속을 형성한다.

<46> 파리의 눈렌즈(14b)는, 레티클(20)을 균일하게 조명하는 기능을 가진다. 파리의 눈렌즈(14b)는, 입사광속의 파면을 분할하고, 사출면 또는 그 근방에 복수의 광원을 형성하는 파면분할형 광인티그레이터를 사용한다. 파리의 눈렌즈(14b)는, 입사광속의 각도분포를 위치분포로 변환하여 사출한다. 파리의 눈렌즈(14b)의 입사면과 사출면이란, 푸리에 변환의 관계에 있다. 이에 의해, 파리의 눈렌즈(14b)의 사출면의 부근은, 2차광원이 된다. 여기서, 푸리에 변환의 관계란, 광학적으로 동공면과 물체면(또는 상면)이 되는 관계를 의미한다.

- <47> 파리의 눈렌즈(14b)는, 본 실시형태에서는, 로드 렌즈(미소 렌즈소자)를 다수 조합하여 구성된다. 단, 파리의 눈렌즈(14b)는, 파면 분할형 광인티그레이터에 한정되지 않고, 예를 들면, 각 조가 직교하도록 배치된 복수조의 실린드릭 렌즈 어레이판을 사용해도 된다. 또, 파리의 눈렌즈(14b)는, 로드 렌즈(rod lens)가 3면이상의 굴절면을 가지는 파리의 눈렌즈를 사용해도 된다.
- <48> 레티클(20)에는, 전사되어야 할 회로패턴이 형성되어 레티클스테이지(25)에 지지 및 구동된다.
- <49> 투영광학계(30)는, 레티클(20)의 패턴을 통과한 회절광을 웨이퍼(40)상에 투영(결상)한다. 투영광학계(30)로서는, 굴절계, 반사 굴절계, 반사계를 사용할 수 있다.
- <50> 웨이퍼(40)는, 웨이퍼스테이지(45)에 지지 및 구동된다. 본 실시형태에서는 기관으로서 웨이퍼를 이용했지만, 기관으로서의 액정기관, 유리기관을 사용할 수도 있다. 웨이퍼(40)의 표면에는, 포토레지스트가 도포되어 있다.
- <51> 레티클(20)과 웨이퍼(40)는, 동기 주사되고, 레티클스테이지(25)의 위치와 웨이퍼스테이지(45)의 위치는, 레이저 간섭계 등에 의해 일정한 속도비율로 구동된다. 편광계측수단(50)은, 광원부(12)로부터 사출되어 편광조정수단(100)을 통과한 광속의 편광상태(편광 분포)를 계측한다. 편광계측수단(50)은, 레티클(20) 또는 웨이퍼(40)와 등가인 면에 배치된다. 편광계측수단(50)은, 본 실시형태에서는, 레티클스테이지(25) 상에 배치되어 레티클(20)을 조명하기 위한 유효광원 분포에 있어서의 편광상태를 계측한다. 단, 편광계측수단(50)은, 웨이퍼스테이지(45) 상에 배치해도 된다.
- <52> 여기서, 유효광원분포란, 피조명면(투영광학계(30)의 물체면)에 레티클(20)을 배치하지 않을 때에, 조명장치(10)가 투영광학계(30)의 동공면에 형성하는 광강도 분포이다. 이 유효광원 분포는, 레티클(피조명면)을 조명하는 광의 각도분포나, 피조명면(투영광학계의 물체면)에 레티클(20)을 배치하지 않을 때에 웨이퍼(40)(투영광학계(30)의 상면)에 입사하는 광의 각도분포에 대응한다.
- <53> 도 2는, 편광계측수단(50)의 구체적인 구성을 나타내는 개략 사시도이다. 또, 도 2에 도시된 편광계측수단(50)의 구성은 일례이며, 그 외의 구성이어도 노광장치(1)에 적용할 수 있다.
- <54> 편광계측수단(50)은, 콜리메이터 렌즈(501)와, 무편광 빔분할기(502) 및 (503)과, $\lambda/4$ 파장판(504)과, 편광소자(505), (506) 및 (507)와, 2차원광검출기(508), (509) 및 (510)을 가지고, 피검광속(TL)의 편광상태를 계측한다. 또, 편광소자(505), (506) 및 (507)는, 로션 프리즘(Rochon prism)이나 그랜트무슨 프리즘(Grant Muson prism) 등을 사용한다. 또, 2차원광검출기(508), (509) 및 (510)은, CCD 등을 사용한다.
- <55> 피검광속(TL)은, 조명광학계(14)를 통과한 광속이나 투영광학계(30)를 통과한 집광광속이다. 집광점을 지나 퍼지기 시작한 피검광속(TL)은, 정의 굴절률의 콜리메이터 렌즈(501)에 의해, 대략 평행광속으로 변환된다. 이러한 대략 평행광속은, 무편광 빔 분할기(502)를 통과하고, 투과하는 광속(TL₁)과 반사하는 광속(TL₂)으로 분리된다. 무편광 빔분할기(502) 및 (503)는, 편광상태가 변화하지 않는 하프미러를 사용하는 것이 바람직하지만, 편광특성을 알고 있는 하프미러이면, 보정할 수 있기 때문에, 사용할 수 있다.
- <56> 또, 도 2에서는, 큐브형의 무편광 빔분할기를 이용했지만, 그 이외의 형상의 무편광 빔분할기를 이용하여도 된다. 반사한 광속(TL₂)은, 더욱, 무편광 빔분할기(503)를 통과하고, 투과하는 광속(TL₃)과 반사하는 광속(TL₄)으로 분할된다. 분할된 3개의 광속(TL₃), 광속(TL₄) 및 광속(TL₅)은, 각각, 편광소자(507), 편광소자(506) 및 $\lambda/4$ 파장판(504) 및 편광소자(505)를 통과하고, 2차원 검출기(510), 2차원 검출기(509) 및 2차원 검출기(508)에 입사한다. 편광소자(507)는, 기준이 되는 X축방향으로 진동하는 전계성분을 가지는 편광성분을 투과하도록 배치되어 있다. 한편, 편광소자(506)는, 이러한 기준의 X축방향에 대해서 45도의 방향으로 진동하는 전계 성분을 가지는 편광 성분을 투과하도록 배치되어 있다. 2차원 광검출기(510) 및 (509)는, 각각, 수평직선 편광성분 및 45도 직선 편광성분을 검출한다.
- <57> $\lambda/4$ 파장판(504)은, 피검광속(TL)의 파장에 대한 $\lambda/4$ 판이며, 진상축이 기준의 X축 방향으로부터 45도 경사져서 배치된다. 편광소자(505)는, 기준의 X축 방향에 대해서 직교하는 Y축 방향으로 진동하는 편광을 투과하도록 배치된다. 그 결과, 우회전 원편광성분이 광속(TL₅)으로서 추출되어, 2차원 광검출기(508)에 의해 검출된다.
- <58> 2차원 광검출기(510), (509) 및 (508)에 의해 검출된 수평 편광성분의 강도, 45도 편광성분의 강도 및 우회전 원편광성분의 강도를, 광속의 대응하는 점에 대해서 연산한다. 이에 의해, 스톡스 파라미터 또는 존즈 행렬이, 광속의 분포로서 산출된다.
- <59> 본 실시형태에서는, 콜리메이터 렌즈(501)는, 정의 굴절력을 가지는 렌즈이지만, 부의 굴절력을 가지는 렌즈를

집광점의 바로 앞에 배치하고, 피검광속(TL)을 평행광으로 변환해도 마찬가지로의 효과를 얻을 수 있다. 또, 콜리메이터 렌즈(501)의 복굴절이나, 그 외의 소자의 복굴절 등은 미리 예측하여, 이러한 예측결과에 의거하여 보정하면 된다.

- <60> 제어부(60)는, 도시하지 않는 CPU, 메모리를 가지고, 노광장치(1)의 동작을 제어한다. 제어부(60)는, 조명장치(10), 레티클스테이지(25), 웨이퍼스테이지(45), 편광계측수단(50), 편광조정수단(100)과 전기적으로 접속되어 있다. 제어부(60)는, 본 실시형태에서는, 편광계측수단(50)의 예측결과에 의거하여, 편광조정수단(100)을 제어한다. 상세한 것은 후술 하지만, 제어부(60)는, 편광조정수단(100)을 통하여, 레티클(20)을 조명하는 유효광원 분포 내의 복수의 영역의 각 편광상태를 독립하여 제어한다. 또, 제어부(60)는, 편광조정수단(100A)을 통해서, 웨이퍼(40)를 노광하는 유효결상분포 내의 복수의 영역의 각 편광상태를 독립하여 제어할 수도 있다.
- <61> 편광조정수단(100)은, 본 실시형태에서는, 파리의 눈렌즈(14b)의 입사측(광원부측)에 배치된다. 단, 편광조정수단(100)은, 파리의 눈렌즈(14b)의 사출측(웨이퍼측)에 배치해도 된다. 또, 편광조정수단의 위치는 반드시 조명광학계의 동공위치와 일치할 필요는 없고, 동공위치 부근에 있으며, 편광조정수단이 동공위치에 배치되었을 경우와 동일한 정도의 효과를 나타내는 위치이어도 된다.
- <62> 도 3은, 편광조정수단(100)의 구성을 나타내는 개략 평면도이다. 편광조정수단(100)은, 조명광학계(14)의 동공 위치에 배치된 9개의 분할 파장판 (102a) 및 (102b)으로 구성된다. 또, 9개의 파장판은, 조명광학계(14)의 광축에 수직인 면에 배치되어 있다. 파장판에 의해 입사광의 2개의 수직 편광성분의 상대적인 위상을 이동시킨다. 파장판은 리타더(retarder) 또는 지연판(retardation plate)이란 명칭으로도 부른다. 구체적으로는, 1/4 파장판에 의해 1/4파장 만큼 2개의 수직편광성분을 이동시키고, 1/2 파장판에 의해 1/2 파장만큼 이동시킨다.
- <63> 유지프레임(104)은, 분할 파장판 (102a) 및 (102b)을 유지한다. 편광조정수단(100)은, 도 3에 도시된 구성을 광축 방향으로 2개 중첩하여 배치하고, 한쪽이 $\lambda / 2$ 파장판의 기능을 가지고, 다른 쪽이 $\lambda / 2$ 파장판의 기능을 가지도록 구성한다. 또, 9개의 분할 파장판 (102a) 및 (102b)은, 각각, 미소각도(± 3 도 내지 0도 정도) 회전할 수 있도록 구성되어 있다. 또, 편광조정수단(100)은, 유지프레임(104)(즉, 9개의 분할 파장판 (102a) 및 (102b)의 전체)을 회전시키는 기구도 가진다.
- <64> 도 4는, 유지프레임(104)에 유지된 1개의 분할 파장판(102a)의 구성을 나타내는 확대 평면도이다. 도 4에 있어서, (120)은 파장판 프레임, (122)은 분할 파장판(102a)의 회전의 지점이 되는 회전기구이다. 회전기구(122)는, 파장판 프레임(120)에 장착된 링을 개재하여, 유지프레임(104)으로부터 돌출된 회전핀에 결합한다.
- <65> (124)는 액츄얼레이터, (126)은 스프링 기구, (128)은 유지프레임(104)의 돌기이다. (DD)는 액츄얼레이터(124)의 구동방향, (RD)는 분할파장판(102a)의 회전 방향, (EA)는 분할파장판(102a)의 유효영역을 나타내고 있다. 또, 도 4에서는, 인접하는 분할 파장판(102a)의 유효영역(EA)도 가리키고 있다.
- <66> 파장판프레임(120)및 분할 파장판(102a)을 구동하는 구동기구(104)에 가려지도록 배치되어 분할 파장판(102a)의 유효영역(EA)을 통과하는 광을 차단하지 않도록 구성되어 있다. 제어부(60)로부터의 지령에 의해, 액츄얼레이터(124)가 구동방향(DD)으로 이동하면, 분할 파장판(102a)은 회전기구(122)를 지점으로 회전방향(RD)으로 움직인다. 또, 8개의 사다리꼴의 분할 파장판(102a) 및 편광조정수단(100)의 중심에 배치되어 있는 8 각형의 분할 파장판(102b)에도, 동일한 구동기구가 구성되어 있다. 본 실시형태의 구동기구는 일레이며, 예를 들면, 분할 파장판 (102a) 및 (102b)의 유지 주변부에 톱니형상 가공을 하여, 기어부착 회전 액츄얼레이터에 의해 회전시키는 등, 다른 구동기구이어도 된다.
- <67> 여기서, 파장조정수단(100)의 분할 파장판 (102a) 및 (102b)에 대해서 상세하게 설명한다. 도 5 및 도 6은, 편광조명으로서 일반적으로 이용되는 탄젠셜 편광 및 래디얼 편광의 전계벡터 분포를 나타내는 도면이다. 도 5 및 도 6은, 조명광학계(14)의 동공면 내에서의 분포를 나타내고, 각각의 분할 파장판 (102a) 및 (102b)의 내부의 편광의 전계벡터를 나타내고 있다.
- <68> 도 5에 도시된 편광벡터는, 조명광학계(14)의 동공면에 있어서 접선방향으로 향하고 있기 때문에, 탄젠셜 편광으로 불리는 이지무스의 편광으로 불리기도 한다. 탄젠셜 편광은, 특히, 주기적인 L&S 패턴을 결상할 때에 유효하다. 한편, 도 6에 도시된 편광벡터는, 조명광학계(14)의 동공면에 있어서 방사방향으로 향하고 있기 때문에, 래디얼 편광으로 불린다. 래디얼 편광은, 콘택트홀 패턴을 결상할 때에 유효하다. 또, 도 5 및 도 6에 도시된 편광벡터에 있어서, 중심의 영역(분할 파장판(102b)에 상당)을 사이에 둔 임의의 2개의 영역의 편광벡터는 동일한 방향을 향하고 있지만, 이것은 필수는 아니다. 벡터는 전계의 진동방향을 나타내기 때문에, 본 실시형태에서는 역방향이라도 된다.

- <69> 조명광학계(14)에 있어서, 광원부(12)로부터 도입된 광속은, 그대로의 편광을 유지한 채로, 편광조정수단(100)에 입사한다. 또, 각 분할 파장판 (102a) 및 (102b)에 입사하는 광속은, 도 7에 도시된 바와 같이, 대략 직선편광을 가진다. 도 7에서는, 광원부(12)로부터의 광이 x편광(횡방향으로 전개벡터가 진동하는 편광)으로서 편광조정수단(100)에 입사하는 경우를 나타내고 있다. 여기서, 도 7은, 광원부(12)로부터 사출되는 광속이 가지는 편광(직선편광)의 일례를 나타내는 도면이다.
- <70> 도 8은, x편광을 가지는 광속이 입사되었을 경우에, 도 5에 도시된 탄젠셜 편광으로 변환하는 편광조정수단(100)을 나타내는 개략 평면도이다. 도 8에 도시된 편광조정수단(100)의 분할 파장판 (102a) 및 (102b)은, 노광 파장에 대해서 $\lambda/2$ 파장판으로서 기능 하고, 각각, 화살표 AD₁ 내지 AD₅로 나타내는 진상축 각도를 가진다. 분할 파장판 (102a) 및 (102b)의 진상축은, 분할 파장판을 절단할 때에, 적절히 결정축을 조정하여 절단함으로써, 소망한 초기 진상축 각도를 설정할 수 있다. 또, 분할 파장판 (102a) 및 (102b)의 위상은, 결정재료를 연마 가공할 때의 두께를 제어하는 것에 의해, $\lambda/4$ 파장판이나 $\lambda/2$ 파장판으로 하고 있다. 파장 193nm에 대해서 사용가능한 분할 파장판용의 결정재료는, 일반적으로, 불화 마그네슘이지만, 파장 193nm에 대해서 투과특성 및 복굴절특성을 가지는 재료이면, 특히 제한은 없다.
- <71> 화살표 AD₁ 내지 AD₅는, 상술한 바와 같이, 각각의 분할 파장판 (102a) 및 (102b)의 진상축을 나타낸다. $\lambda/2$ 파장판은, 입사 편광과 진상축 각도와 상대 각도가 θ 인 경우에, 입사 편광의 각도를 2θ 회전시킨 편광으로 변환하는 기능을 가진다. 예를 들면, 화살표 AD₃로 나타나는 진상축을 가지는 분할 파장판(102a)과, 중심을 사이에 두어 대칭 위치에 분할 파장판(102a)의 진상축을 45도로 한다. 이 경우, 이 2개의 분할 파장판(102a)의 유효영역으로부터 사출하는 편광은, y편광(종 방향으로 진동하는 편광)으로서 사출한다. 마찬가지로, 화살표 AD₂로 나타나는 진상축각도를 22.5도로 함으로써, 사출하는 편광은 45도가 되고, 화살표 AD₄로 나타나는 진상축 각도를 67.5도로 함으로써, 사출하는 편광은 135도가 된다. 또, 화살표 AD₁로 나타나는 진상축을 0도로 함으로써, 입사 편광이 x편광의 경우에, 입사 편광은 분할 파장판(102a)의 영향을 받지 않고, x편광으로서 사출한다. 이와 같이, 편광조정수단(100)은, 도 8에 도시한 바와 같이, 분할 파장판(102a)의 진상축을 설정함으로써, 도 7에 도시된 x편광을 도 5에 도시된 탄젠셜 편광으로 변환할 수 있다.
- <72> 도 9는, 도 8에 도시된 편광조정수단(100)을 90도 회전시킨 상태를 나타내는 개략 평면도이다. 상술한 바와 같이, 편광조정수단(100)은, 유지프레임(104)(즉, 9개의 분할 파장판 (102a) 및 (102b)의 전체)를 회전시키는 기구를 가지기 때문에, 도 8에 도시된 분할 파장판 (102a) 및 (102b)은, 중심을 회전축으로서 90도 회전한 위치로 이동할 수 있다. 이에 의해, 분할 파장판 (102a) 및 (102b)의 진상축은, 초기 상태에서부터 45도 회전한 것 같은 상태가 된다. 도 9에 도시된 편광조정수단(100)은, 입사하는 직선편광을 도 8에 도시된 초기 상태보다 더욱 90도 회전시키는 효과를 가진다. 따라서, 도 9에 도시된 편광조정수단(100)은, 도 7에 도시된 x편광을 도 6에 도시된 래디얼 편광으로 변환할 수 있다.
- <73> 또, 편광조정수단(100)을 90도 회전하는 일 없이, 도 7에 도시된 x편광을 도 6에 도시된 래디얼 편광으로 변환할 수도 있다. 예를 들면, 도시하지 않는 입사 편광 회전기구에 의해서, 입사 편광을 도 7에 도시된 x편광으로부터 90도 회전시킨 y편광으로 변환하고, 변환한 y편광을 도 8에 도시된 편광조정수단(100)에 입사시켜도 래디얼 편광으로 변환할 수 있다. 이 경우, 도 9에 도시된 바와 같이, 편광조정수단(100)을 45도 회전함으로써, 탄젠셜 편광으로 변환한다.
- <74> 이하, 편광조정수단(100)에 의한 편광상태의 미세조정의 일례에 대해서 설명한다. 조명광학계(14)의 렌즈나 미러의 특성 및 제조오차에 의해, 편광조정수단(100)에 입사하는 편광이, 도 7에 도시된 완전한 x편광으로부터 경사진 직선편광으로서 입사하는 경우가 있다.
- <75> 예를 들면, 도 7에 화살표 A로 가리키는 편광이, 수평으로부터 2도 경사져 있는 경우를 생각한다. 또, 이 경사진 각도를 α 로 한다. 도 8에 도시된 편광조정수단(100)에 의해 제어된 편광상태는, 도 5에 도시된 탄젠셜 편광이 된다. 단, 화살표 A로 가리키는 편광이 2도 경사져 있는 경우, 이러한 편광이 투과하는 분할 파장판($\lambda/2$ 파장판)(102a)의 진상축 각도가 45도이기 때문에, 입사 편광과 진상축과의 이루는 각 θ 는 43도가 된다. 따라서, 45도의 진상축 각도를 가지는 분할 파장판(102a)로부터 사출하는 편광은, $\alpha + 2\theta = 88$ 도가 된다. 즉, 45도의 진상축 각도를 가지는 분할 파장판(102a)로부터 사출하는 편광은, 소망한 직선 편광인 수직편광으로부터 2도 경사진 편광이 된다.
- <76> 도 1에 도시된 편광계측수단(50)은, 편광상태를 계측할 때, 이와같이, 2도 경사한 편광을 계측하여, 소망한 편

광상태인 탄젠셜 편광으로부터 어긋나 있는 것을 제어부(60)에 통신한다. 제어부(60)는, 편광조정수단(100)의 제어 지령을 생성하고, 편광조정수단(100)(분할 파장판 (102a) 및 (102b))의 구동을 제어한다. 구체적으로는, 제어부(60)는, 입사 편광과 진상축과의 이루는 각 θ 이 44도가 되도록, 화살표 A로 가리키는 편광이 입사하는 분할 파장판(102a)의 각도를 1도 구동(보정)한다. 이에 의해, 사출하는 편광은, $\alpha + 2\theta = 90^\circ$ 가 되어, 소망한 수직 편광이 된다. 또, 필요에 따라서, 편광조정수단(100)을 제어(조정)한 후에 편광계측수단(50)에 의해서 편광을 재차 계측하고, 소망한 편광이 되어 있는 것을 확인해도 된다. 또, 제어부(60)는, 소망한 편광상태로부터 어긋난 편광이 투과하는 분할 파장판(102a)의 액츄얼레이터(124)를 스프링기구(126)에 대해서 누르거나 또는 당기거나 함으로써, 분할 파장판(102a)의 각도를 제어한다.

<77> 조명광학계(14)의 미러나 렌즈 등의 광학소자는, 편광조정수단(100)의 전단(광원부측)에도, 후단(웨이퍼측)에도 존재한다. 따라서, 편광조정수단(100)에 입사 하는 편광이 정확하게 제어되고, 또한 편광조정수단(100)도 정확하게 제어되고 있어도, 편광조정수단(100)의 후단의 광학소자에 의해 편광이 변화하는 경우가 있다. 어느 영역의 편광이 소망한 편광으로부터 각도 α 만큼 어긋나 있었을 경우, 소망한 각도로부터 $\alpha/2$ 만 분할 파장판 (102a) 및 (102b)를 구동함으로써, 편광상태가 소망한 편광상태가 되도록 제어할 수 있다.

<78> 편광조정수단(100)에 의한 편광상태의 미세조정의 다른 예에 대해서 설명한다. 본 실시형태에서는, 편광조정수단(100)은, 광축방향으로 2개 중첩해서 배치되어 있다. 광원부(12)로부터의 광이 최초로 입사하는 편광조정수단(100)은, $\lambda/4$ 파장판의 분할 파장판으로 구성되어 있다. 최초로 입사하는 편광조정수단(100)을, 이하, 제1 편광조정수단으로 칭한다. 광원부(12)로부터의 광이 제1 편광조정수단의 다음에 입사하는 편광조정수단(100)은, $\lambda/2$ 파장판으로 구성되어 있다. 제1 편광조정수단의 다음에 입사하는 편광조정수단(100)을, 이하, 제2 편광조정수단으로 칭한다.

<79> 조명광학계(14)의 렌즈나 미러의 특성 및 제조오차에 의해, 편광조정수단(100)에 입사하는 편광이, 도 7에 도시된 완전한 x편광으로부터 경사진 타원편광으로서 입사하는 경우가 있다. 예를 들면, 도 10(a)에 도시한 바와 같이, 장축이 x방향에 있고, 타원율 $\varepsilon = b/a$ 의 우회전 타원편광(B)인 경우를 고려한다. 이 경우, 제1 편광조정수단의 $\lambda/4$ 파장판의 진상축을 x축으로 일치시키면(도 10(b) 참조), 제1 편광조정수단으로부터 사출하는 편광은, 도 10(c)에 도시된 바와 같이, 타원편광에 내접하는 장방향의 대각방향에 전계가 진동하는 직선 편광 B'로 변환된다. 환언하면, 우회전 타원편광의 경우, 기울기가 정의 대각방향의 직선편광으로 변환되고, 좌회전 타원편광의 경우, 기울기가 부의 대각방향의 직선 편광으로 변환된다. 직선 편광 B'의 기울기각 $\alpha = \arctan(\varepsilon)$ 이므로, 상술한 바와 같이, 제2 편광조정수단의 $\lambda/2$ 파장판을 도 8에 화살표 AD₁ 내지 AD₅로 도시된 진상축 방위로부터 $\alpha/2 = 1/2\arctan(\varepsilon)$ 만 구동한다. 이에 의해, 타원편광을, 도 10(c)에 도시한 바와 같이, 각각의 소망한 직선편광의 방위로 제어(변환)할 수 있다. 또, 광원부(12)로부터의 광속은, 9개의 분할 파장판에 일정한 편광상태로 입사한다고 만든 할 수 없기 때문에, 각각의 분할 영역 내에서 평균적인 타원율(ε)을 구하여 제1 편광조정수단 및 제2 편광조정수단을 제어하는 것이 바람직하다. 마찬가지로, 편광조정수단(100) 보다 후단의 광학부품에 의해 타원편광이 되는 경우에도, 제1 편광조정수단 및 제2 편광조정수단을 제어함으로써, 소망한 편광상태에 제어할 수 있다.

<80> 장축각도가 β 만큼 경사진 타원율 $\varepsilon = b/a$ 의 우회전 타원편광 C를 도 11(a)에 나타낸다. 도 11(a)에 도시된 편광상태로 편광조정수단(100)에 광속이 입사하는 경우, 제1 편광조정수단의 $\lambda/4$ 파장판의 진상축을 β 만큼 경사시킨다(도 11(b) 참조). 이에 의해, 도 11(a)에 도시된 편광상태를, 도 11(c)에 도시한 바와 같이, 진동방향 α 가 $\alpha = \beta + \arctan(\varepsilon)$ 의 직선편광 C'으로 변환할 수 있다. 제2 편광조정수단의 진상축 각도를 소망한 각도로부터, $\alpha/2$ 의 각도까지 구동함으로써, 소망한 편광상태로 변환할 수 있다. 편광조정수단(100)보다 후단의 광학부품의 제조오차나 복굴절 등에 기인해서 장축각도가 경사진 타원 편광이 되는 경우도, 마찬가지로, 제1 편광조정수단 및 제2 편광조정수단을 제어함으로써, 소망한 편광상태로 제어할 수 있다.

<81> 광학부품의 제조오차나 광원부(12)의 특성 등에서, 최대의 타원율 및 최대의 장축 경사각이, 각각, ε 및 β 인 것을 미리 알고 있는 경우를 고려한다. 이 경우, 제1 편광조정수단의 분할 파장판($\lambda/4$ 파장판)의 진상축 각도를 $\pm \beta$ 이상의 범위로 제어할 수 있도록, 분할 파장판의 구동 범위를 $\pm \beta$ 이상으로 설정한다. 마찬가지로, 제2 편광조정수단의 분할 파장판($\lambda/2$ 파장판)의 진상축 각도를 $\pm (\arctan(\varepsilon) + \beta)$ 의 범위로 제어할 수 있도록, 분할 파장판의 구동 범위를 $\pm (\arctan(\varepsilon) + \beta)$ 이상으로 설정한다.

<82> 또, 편광조정수단(100)은, 도 8 및 도 9에 도시된 구성으로 한정되는 것은 아니다. 예를 들면, 노광장치(1)이 변형조명을 실시하는 경우에는, 편광조정수단(100)은, 도 12에 도시된 구성을 가진다. 또, 본 실시형태에서는, 변형조명으로서 다이폴(2중극) 조명을 예로 설명한다. 도 12는, 노광장치(1)가 변형조명을 실시하는 경우의 편

편광조정수단(100)의 구성의 일례를 나타내는 개략 평면도이다. 도 12에 있어서, PP1 및 PP2는, 다이폴 조명의 조명분포의 유효부를 조명광학계(14)의 동공면에 의해 나타내고 있다.

<83> 제어부(60)는, 유저의 입력에 의해, 다음의 조명조건, 예를 들면, 도 12에 PP1 및 PP2에 의해 나타나는 다이폴 조명으로 노광한다고 하는 정보를 가지고 있다. 따라서, 제어부(60)는, 편광계측수단(50)에 의해 편광상태를 계측했을 때에, 변형조명의 유효영역인 PP1 및 PP2의 내부의 편광상태만을 이용하고, 편광조정수단(100)의 PP1의 내부가 평균적으로 소망한 편광에 가까워지도록, 좌측의 분할 파장판을 제어한다. 마찬가지로, 제어부(60)는, 편광조정수단(100)의 PP2의 내부가 평균적으로 소망한 편광에 가까워지도록, 우측의 분할 파장판을 제어한다.

<84> 실제의 노광 시에는, 도시하지 않는 변형조명 제어광학계에 의해, 편광조정수단(100)의 PP1 및 PP2의 영역만을 조사한다. 또는, 도시하지 않는 변형조명 필터를 조명광학계(14)의 동공위치 부근에 배치하고, 편광조정수단(100)의 PP1 및 PP2의 영역 이외를 통과하는 광을 차광한다. 물론, 도 13에 도시한 바와 같이, 변형조명필터(130)와 편광조정수단(100)을 일체적으로 구성해도 된다. 도 13에 도시된 편광조정수단(100)은, 다이폴용의 변형조명필터(130)가 미리 장착되고 있다. 상술한 바와 같이, PP1 및 PP2는, 다이폴의 유효광원 분포를 나타내고 있다. 또, 도 13에 도시된 편광조정수단(100)은, PP1 및 PP2의 부분에 대응하는 분할 파장판 밖에 가지지 않는다. 편광계측수단(50)의 계측한 편광상태에 의거하여, 제어부(60)는, PP1의 내부의 편광상태가 소망한 편광에 가까워지도록 좌측의 분할 파장판을 구동하고, 마찬가지로, PP2의 내부의 편광상태가 소망한 편광에 가까워지도록, 우측의 분할 파장판을 구동한다. 또, 다이폴 조명 이외의 변형조명의 경우에는, 이러한 변형 조명에 대응한 변형조명필터를 배치 또는 편광조정수단(100)에 장착하면 되고, 나아가서는, 가동부를 가지는 변형조명필터도 일체화가 가능하다.

<85> 본 실시형태에서는, 변형조명의 예로서 다이폴 조명을 나타냈다. 단, 크로스 폴 조명 등의 사중극 조명이나, 오중극 조명, 윤대 조명 등, 다른 변형조명의 경우에도, 제어부(60)는, 조명조건에 정보를 이용하여, 편광조정수단(100)의 조명유효부의 편광상태가 우선적으로 소망한 편광이 되도록 제어한다.

<86> 편광조정수단(100)은, 인접하는 분할 파장판의 메커니즘 기구가 물리적인 간섭을 일으키는 경우가 있다. 그래서, 분할 파장판(102a)이 인접하지 않도록, 도 14에 도시된 바와 같이, 인접하는 분할 파장판(102a)을 광축 방향으로 분리하여도 된다. 환언하면, 광축방향의 2개의 면에 분할 파장판(102a)을 배치한다. 도 14에서는, 상면에 4개의 분할 파장판(102a)과 중심에 위치하는 분할 파장판(102b)을 배치하고, 하면에 나머지의 4개의 분할 파장판(102a)을 배치하고 있다. 또, 상면에 배치된 4개의 분할 파장판(102a)과 하면에 배치된 4개의 분할 파장판(102a)이란, 광원부측에서 보았을 때에, 분할 파장판(102a)에 틈새가 생기지 않도록(즉, 도 3에 도시된 편광조정수단(100)과 같이) 배치되는 것은 말할 필요도 없다. 여기서, 도 14는, 편광조정수단(100)의 구성을 나타내는 개략 사시도이다.

<87> 지금까지는, 편광조정수단(100)은, 원주부에 8개의 분할 파장판(102a)을, 중심으로 1개의 분할 파장판(102b)을 배치하고 있기 때문에, 편광상태를 독립하여 제어할 수 있는 복수의 영역은 8개이다. 단, 본 발명에 있어서, 편광조정수단(100)은, 편광상태를 독립하여 제어할 수 있는 복수의 영역의 장소나 수를 한정하는 것은 아니다.

<88> 예를 들면, 편광조정수단(100)은, 도 15에 도시된 바와 같이, 원주부에 12개의 분할 파장판(102a)을, 중심으로 분할 파장판(102b)을 배치하고, 편광상태를 독립하여 제어할 수 있는 복수의 영역을 13으로 해도 된다. 도 15에 도시된 편광조정수단(100)은, 원주부의 편광상태를 독립하여 제어할 수 있는 복수의 영역을 12 등분하고 있고, 윤대 조명 등의 때에, 보다 완만한 편광상태를 형성할 수 있다. 또, 도 15에 나타내는 편광조정수단(100)은, 예를 들면, 도 3에 도시된 바와 같이, 전체 형상이 다각형인 편광조정수단(100)과 달리, 전체 형상이 원형이다. 이와 같이, 편광조정수단(100)은, 필요한 유효광원 분포를 커버하고 있으면, 전체 형상에 제한은 없다. 또, 중심으로 배치된 분할 파장판(102b)은, 필요에 따라서, 구동 파장판, 고정 파장판, 차광판, 투과유리재로 대용된다. 또한, 편광조정수단(100)은, 중심의 구분을 없애고, 원주 방향만으로, 편광상태를 독립하여 제어할 수 있는 영역을 분할하는 것도 가능하다.

<89> 다시, 도 1에 돌아와서, 노광장치(1)의 동작, 특히, 편광계측수단(50), 제어부(60) 및 편광조정수단(100)에 의한 편광조정에 대해서 설명한다. 노광장치(1)는, 제어부(60)로부터의 지령에 의해, 광원부(12), 조명광학계(14) 및 편광조정수단(100) 등에 지령을 보내고, 소망한 편광조명 상태를 형성하는 초기 상태로 제어된다. 광원부(12)로부터의 광속은, 조명광학계(14)를 통하여, 레티클(20)을 조사한다. 이때, 편광계측수단(50)이, 레티클 스테이지(25)를 통하여, 레티클면 위치로 이동하고, 조명광학계(14)(즉, 레티클(20)을 조명하는 광속)의 편광상태를 계측한다. 편광계측수단(50)은, 조명광학계(14)의 유효강도분포 및 그 편광상태를 2차원적으로 계측한다.

- <90> 편광계측수단(50)의 계측결과는, 제어부(60)에 보내진다. 또, 편광계측수단(50)으로 계측되는 편광상태는, 소망한 편광으로부터 어긋나 있을 가능성이 있다. 이 차이는, 편광조정수단(100)의 분할 파장판의 제조오차, 설치오차, 구동오차 외에, 조명광학계(14)의 렌즈의 복굴절 등에 의해 발생한다.
- <91> 제어부(60)는, 도 3에 도시된 편광조정수단(100)이 가지는 9개의 분할 파장판 (102a) 및 (102b)(의 유효영역)의 각각 대해서, 소망한 편광상태로부터의 차이가 평균적으로 얼마나 어긋나 있는지를 산출하고, 타원 보정량 및 회전 보정량을 구한다. 제어부(60)는, 구한 타원 보정량 및 회전 보정량을 보정 구동량으로서 편광조정수단(100)(의 분할 파장판의 구동)을 제어한다. 타원 보정량에 의거하여, 제 1의 편광조정수단의 $\lambda/4$ 파장판을 구동하여 보정(조정)하고, 회전 보정량에 의거하여, 제 2의 편광조정수단의 $\lambda/2$ 파장판을 구동하여 보정(조정)한다. 편광상태를 보정(조정)했을 경우, 필요에 따라서, 편광계측수단(50)에 의해 편광상태를 재차 계측하고, 이러한 계측결과에 의거하여, 편광상태의 보정(조정)을 반복해도 된다. 이와 같이, 조명광학계(14)에 존재하는 여러가지 편광오차에 대해서 보정을 실시하는 것으로, 레티클(20)을 조명하는 광속의 편광상태를 소망한 편광상태로 할 수 있다. 편광 제어가 종료되면, 노광장치(1)는, 레티클스테이지(25)를 통하여 레티클(20)을 반송하고, 웨이퍼(40)를 소망한 편광상태로 노광한다.
- <92> 노광에 있어서, 광원부(12)로부터 발사된 광속은, 조명광학계(14)에 의해 레티클(20)을 조명한다. 레티클(20)상의 레티클패턴을 통과한 광은 투영광학계(30)에 의해 웨이퍼(40)에 결상된다. 노광장치(1)는, 편광계측수단(50), 제어부(60) 및 편광조정수단(100)을 가지고, 소망한 편광상태로 웨이퍼(40)를 노광할 수 있다. 또, 노광장치(1)는, 편광조정수단(100)을 장치로부터 떼어내는 일 없이, 편광상태를 조정할 수 있고, 또, 편광상태의 경시변화에도 대응할 수 있다. 따라서, 노광장치(1)는, 높은 스루풋으로 경제성이 좋고 종래보다 고품위인 디바이스(반도체 디바이스나 액정 표시 디바이스)를 제공할 수 있다.
- <93> 또, 편광상태를 계측하는 편광계측수단(50A)은, 도 16에 도시한 바와 같이, 웨이퍼스테이지(45)에 배치해도 된다.
- <94> 편광계측수단(50)을 웨이퍼스테이지(45)에 배치했을 경우, 제어부(60)의 제어에 의해, 웨이퍼스테이지(45)에 배치된 편광계측수단(50A)이 투영광학계(30)의 상점(像点) 아래에 도입된다. 필요에 따라서, 레티클(20) 또는 웨이퍼(40)의 위치에 편홀 마스크를 배치하여 편광상태를 계측하는 화각을 특정한다. 조명광학계(14)는 전체의 편광상태를 계측하는 경우에는 동공을 전개(全開)로 하고, 또, 변형조명 등의 특정의 유효광원 분포내의 편광상태를 계측하는 경우에는 소망한 동공형상으로 설정한다. 편광계측수단(50A)에 의해 계측한 편광상태는, 투영광학계(30)를 통과하고 있기 때문에, 투영광학계(30)가 가지는 복굴절의 영향을 포함하고 있다. 예를 들면, 편광상태를 존즈 행렬로 구하고 있는 경우는, 미리 계측한 투영광학계(30)의 복굴절 분포의 데이터를, 이러한 복굴절에 대응한 존즈 행렬의 역행렬을 곱함으로써, 투영광학계(30)의 영향이 없는 편광으로서 얻고 있다. 또, 투영광학계(30)의 복굴절을 무시할 수 있는 정도로 작은 경우, 투영광학계(30)를 통하여 계측해도, 조명광학계(14)의 영향만의 계측결과를 얻을 수 있다. 제어부(60)는, 편광계측수단(50)의 계측결과와 소망한 편광상태를 비교하고, 양자에 차이가 있는 경우는, 소망한 편광상태가 되도록, 편광조정수단(100)을 제어한다.
- <95> 또, 도 16에 도시된 노광장치(1)는, 특정의 노광 패턴의 편광상태를 제어할 수도 있다. 이 경우, 레티클(20) 상에 특정의 주기 패턴을 배치한다. 이러한 주기 패턴은, 계측용이어도, 실제로 노광하는 패턴이어도 된다.
- <96> 레티클(20) 상에 배치된 주기 패턴을 조명했을 때에 발생하는 회절광은, 투영광학계(30)의 동공의 일부를 통과하고, 웨이퍼스테이지(45)에 배치한 편광계측수단(50A)에 의해 계측된다. 이때, 편광계측수단(50A)은, 투영광학계(30)의 동공면 내의 편광상태를 계측한다. 제어부(60)는, 투영광학계(30)의 동공면 내의 편광상태와 소망한 편광상태를 비교하여, 소망한 편광상태에 가까워지도록 편광조정수단(100)을 제어(구동)한다. 본 실시형태에서는, 회절함으로써, 조명광학계(14)로부터의 광속이 분리하기 때문에, 조명광학계(14)에 배치된 편광조정수단(100)의 1점과 투영광학계(30)의 동공의 1점이 일대일로 대응하고 있지 않다. 따라서, 어느 1개소의 편광상태를 소망한 상태로 하여도, 그 밖의 부분이 다른 결과가 되기도 한다. 또, 투영광학계(30)가 가지는 복굴절에 의해, 각각의 회절광은 다른 영향을 받기도 한다. 또, 편광상태의 제어에는, 편광상태의 계측 및 제어의 루프가 복수회 필요하기도 한다.
- <97> 따라서, 도 17에 도시된 바와 같이, 편광조정수단(100) 및 (100A)을 조명광학계(14) 및 투영광학계(30)에 배치함과 동시에, 편광계측수단(50) 및 (50A)을 레티클스테이지(25) 및 웨이퍼스테이지(45)에 배치하여도 된다. 또, 편광조정수단(100 A)은 편광조정수단(100)과 마찬가지로의 구성을 가지고, 편광계측수단(50A)은 편광계측수단(50)과 마찬가지로의 구성을 가지기 때문에, 여기서의 상세한 설명은 생략한다. 여기서, 도 17은, 본 발명의 1 측면

으로서의 노광장치(1)의 구성을 나타내는 개략 단면도이다.

- <98> 편광계측수단(50)은 조명광학계(14)를 사출한 직후의 광속을 수광하고, 제어부(60)를 통하여, 조명광학계(14)에 배치한 편광조정수단(100)에 피드백하고, 편광상태가 소망한 편광상태가 되도록 제어한다. 구체적인 편광상태의 제어는 상술한 대로이다.
- <99> 한편, 편광계측수단(50A)은, 기관(40)을 노광하기 위한 유효 결상분포에 있어서의 편광상태를 계측한다. 상세하게는, 편광계측수단(50A)은, 웨이퍼스테이지(45)에 편광계측수단(50)을 배치했을 경우와 마찬가지로 기능을 완수한다. 단, 해석 시에 조명광학계(14)의 편광상태에 잔류오차가 있는 경우, 이러한 잔류오차는 편광계측수단(50)의 계측결과에 나타나는 것으로 한다. 이러한 잔류오차를 전체로서 편광계측수단(50A)의 계측결과를 처리함으로써, 투영광학계(30)의 영향에 의해 발생하고 있는 편광오차를 분리할 수 있다. 따라서, 투영광학계(30)의 복굴절의 영향에 기인하는 편광상태는, 투영광학계(30)의 동공면에 배치한 편광조정수단(100A)에 의해 보정(조정)되어 소망한 편광상태에 제어할 수 있다. 또, 편광조정수단의 위치는 반드시 투영광학계의 동공위치와 일치할 필요는 없고, 동공위치 부근에 있고, 편광조정수단이 동공위치에 배치되었을 경우와 동일한 정도의 효과를 나타내는 위치이어도 된다.
- <100> 또, 도 17에 도시된 노광장치(1)는, 조명광학계(14)에 기인하는 소망한 편광상태로부터의 차이 및 투영광학계(30)에 기인하는 소망한 편광상태의 차이를 포함하고, 웨이퍼(40)에 도달(결상)하는 광속의 편광상태를 제어할 수 있다. 즉, 제어부(60)가, 편광계측수단(50) 및 (50A)의 계측결과에 의거하여, 조명광학계(14)에 배치된 편광조정수단(100) 또는 투영광학계(30)에 배치된 편광조정수단(100A)을 제어함으로써, 소망한 편광상태를 얻을 수 있다. 단, 상술한 바와 같이, 소망한 패턴에 대한 투영광학계(30)의 동공면 내에서의 편광상태는, 조명광학계(14)에 배치된 편광조정수단(100)과 일대일로 대응하고 있지 않다. 그래서, 도 17에 도시된 노광장치(1)는, 투영광학계(30)에 배치한 편광조정수단(100A)과 편광조정수단(100)의 양쪽 모두를 제어함으로써, 노광에 적절한 소망한 편광상태에 제어한다.
- <101> 다음에, 도 18 및 도 19를 참조하고, 상술의 노광장치(1)를 이용한 디바이스의 제조방법의 실시예를 설명한다. 도 18은, 디바이스(반도체 디바이스나 액정 표시 디바이스)의 제조를 설명하기 위한 흐름도이다. 여기에서는, 반도체 디바이스의 제조를 예로 설명한다. 스텝 1(회로설계)에서는, 디바이스의 회로설계를 실시한다. 스텝 2(레티클 제작)에서는, 설계한 회로패턴을 형성한 레티클을 제작한다. 스텝 3(웨이퍼 제조)에서는, 실리콘 등의 재료를 이용하여 웨이퍼를 제조한다. 스텝 4(웨이퍼 프로세스)는, 전 공정으로 부르며 레티클과 웨이퍼를 이용하여 리소그래피 기술에 의해 웨이퍼 상에 실제의 회로를 형성한다. 스텝 5(조립)는, 후속 공정으로 부르며 스텝 4에 의해 작성된 웨이퍼를 이용하여 반도체 칩화하는 공정이며, 어셈블리 공정(다이싱, 본딩), 패키징 공정(칩 밀봉) 등의 공정을 포함한다. 스텝 6(검사)에서는, 스텝 5에서 작성된 반도체 디바이스의 동작확인 테스트, 내구성 테스트 등의 검사를 실시한다. 이러한 공정을 거쳐서 반도체 디바이스가 완성되고, 이것이 출하(스텝 7)된다.
- <102> 도 19는, 스텝 4의 웨이퍼 프로세스의 상세한 흐름도이다. 스텝 11(산화)에서는, 웨이퍼의 표면을 산화시킨다. 스텝 12(CVD)에서는, 웨이퍼의 표면에 절연막을 형성한다. 스텝 13(전극 형성)에서는, 웨이퍼 상에 전극을 증착 등에 의해 형성한다. 스텝 14(이온 주입)에서는, 웨이퍼에 이온을 주입한다. 스텝 15(레지스트 처리)에서는, 웨이퍼에 감광제를 도포한다. 스텝 16(노광)에서는, 노광장치(300)에 의해 레티클의 회로패턴을 웨이퍼에 노광한다. 스텝 17(현상)에서는, 노광한 웨이퍼를 현상한다. 스텝 18(에칭)에서는, 현상한 레지스트 이외의 부분을 제거한다. 스텝 19(레지스트 박리)에서는, 에칭이 끝나 불필요해진 레지스트를 제거한다. 이러한 스텝을 반복하여 실시함으로써, 웨이퍼 상에 다중으로 회로패턴이 형성된다. 본 실시형태의 디바이스의 제조방법에 의하면, 종래보다 고품위의 디바이스를 제조할 수 있다. 이와 같이, 노광장치(1)를 사용하는 디바이스 제조방법 및 결과물로서의 디바이스도 본 발명의 1 측면을 구성한다.

발명의 효과

- <103> 본 발명에 의하면, 스루풋을 저하시키지 않고, 노광광의 편광상태를 고정밀도로 제어하여, 해상도를 향상시킬 수 있는 노광장치를 제공한다.
- <104> 이상, 본 발명의 바람직한 실시예에 대해 설명했지만, 본 발명은 이러한 실시예로 한정되지 않는 것은 말할 필요도 없이, 그 요지의 범위 내에서 각종 변형 및 변경이 가능하다.

도면의 간단한 설명

- <1> 도 1은, 본 발명의 1 측면으로서의 노광장치의 구성을 나타내는 개략 단면도;

<2> 도 2는, 도 1에 도시된 노광장치의 편광계측수단의 구체적인 구성의 일례를 나타내는 개략 사시도;

<3> 도 3은, 도 1에 도시된 노광장치의 편광조정수단의 구성을 나타내는 개략 평면도;

<4> 도 4는, 도 3에 도시된 편광조정수단의 하나의 분할 파장판의 구성을 나타내는 확대 평면도;

<5> 도 5는, 편광조명으로서 일반적으로 이용되는 탄젠셜 편광의 전계벡터 분포를 나타내는 도면;

<6> 도 6은, 편광조명으로서 일반적으로 이용되는 래디얼 편광의 전계벡터 분포를 나타내는 도면;

<7> 도 7은, 도 1에 도시된 노광장치의 광원부로부터 사출되는 광속이 가지는 편광(직선 편광)의 일례를 나타내는 도면;

<8> 도 8은, x편광을 가지는 광속이 입사되었을 경우에, 도 5에 도시된 탄젠셜 편광으로 변환하는 편광조정수단을 나타내는 개략 평면도;

<9> 도 9는, 도 8에 도시된 편광조정수단을 90도 회전시킨 상태를 나타내는 개략 평면도;

<10> 도 10은, 도 1에 도시된 노광장치의 편광조정수단에 의한 편광상태의 미세조정을 설명하기 위한 도면;

<11> 도 11은, 도 1에 도시된 노광장치의 편광조정수단에 의한 편광상태의 미세조정을 설명하기 위한 도면;

<12> 도 12는, 도 1에 도시된 노광장치가 변형 조명을 실시하는 경우의 편광조정수단의 구성의 일례를 나타내는 개략 평면도;

<13> 도 13은, 도 1에 도시된 노광장치가 변형 조명을 실시하는 경우의 편광조정수단의 구성의 일례를 나타내는 개략 평면도;

<14> 도 14는, 도 1에 도시된 노광장치의 편광조정수단의 구성을 나타내는 개략 사시도;

<15> 도 15는, 도 1에 도시된 노광장치의 편광조정수단의 구성을 나타내는 개략 사시도;

<16> 도 16은, 본 발명의 1 측면으로서의 노광장치의 구성을 나타내는 개략 단면도;

<17> 도 17은, 본 발명의 1 측면으로서의 노광장치의 구성을 나타내는 개략 단면도;

<18> 도 18은, 디바이스의 제조를 설명하기 위한 흐름도;

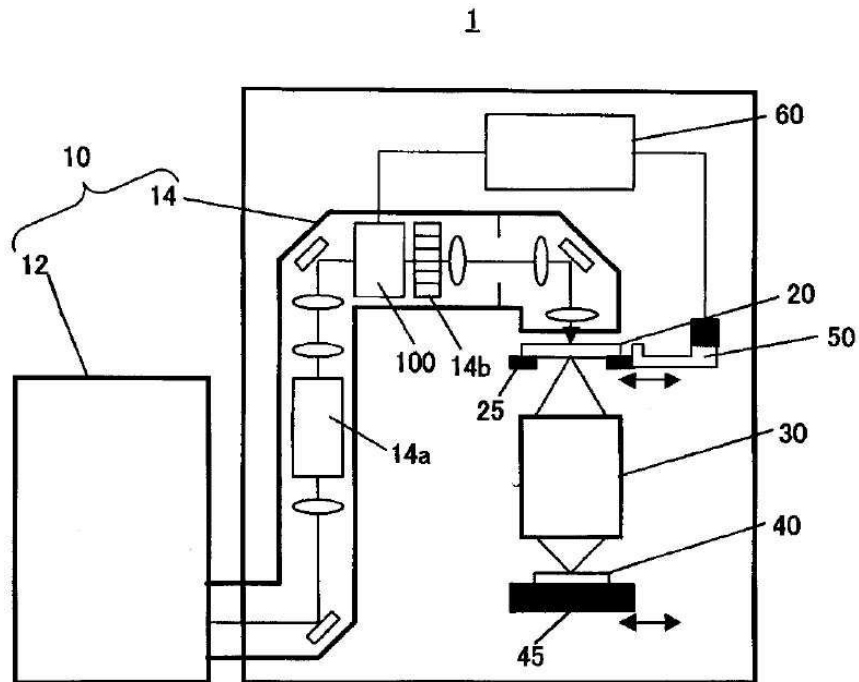
<19> 도 19는, 도 18에 도시된 스텝 4의 웨이퍼 프로세스의 상세한 흐름도.

<20> <도면의 주요부분에 대한 부호의 설명>

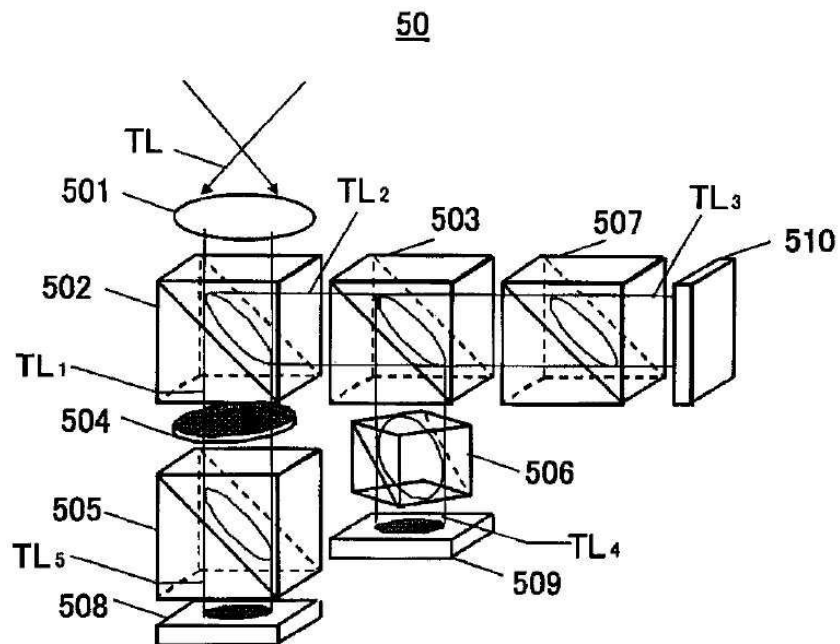
<21> 1: 노광장치	10: 조명장치
<22> 12: 광원부	14: 조명광학계
<23> 20: 레티클	25: 레티클스테이지
<24> 30: 투영광학계	40: 웨이퍼
<25> 45: 웨이퍼스테이지	50: 편광계측수단
<26> 60: 제어부	100: 편광조정수단

도면

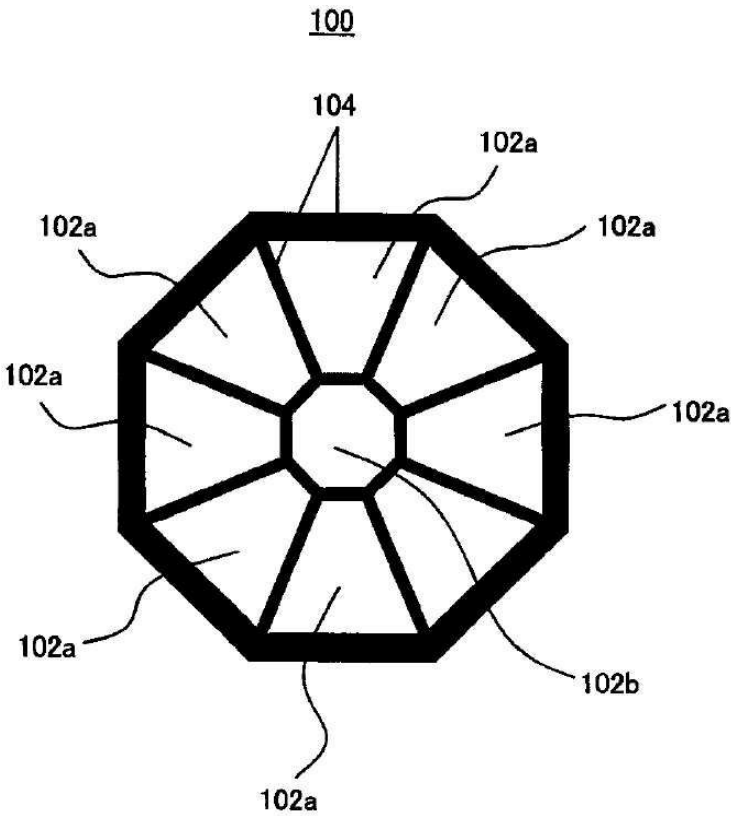
도면1



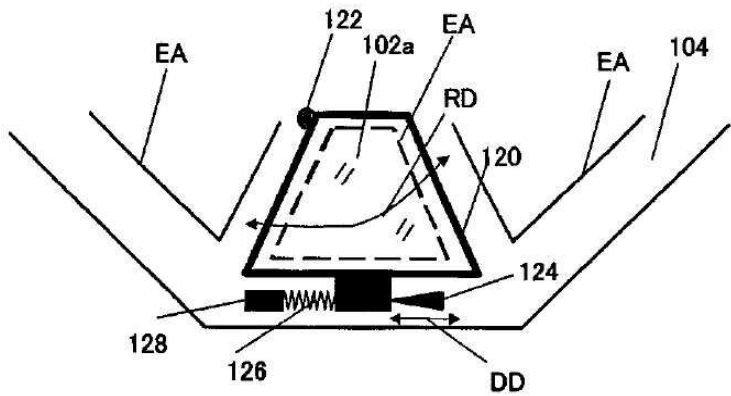
도면2



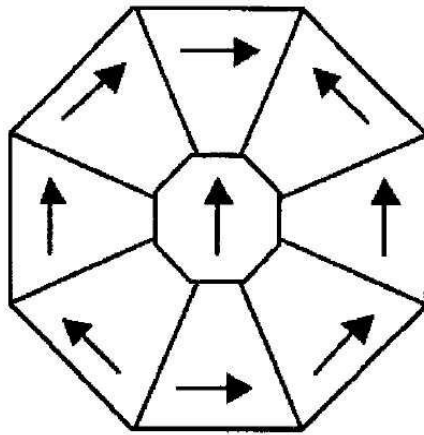
도면3



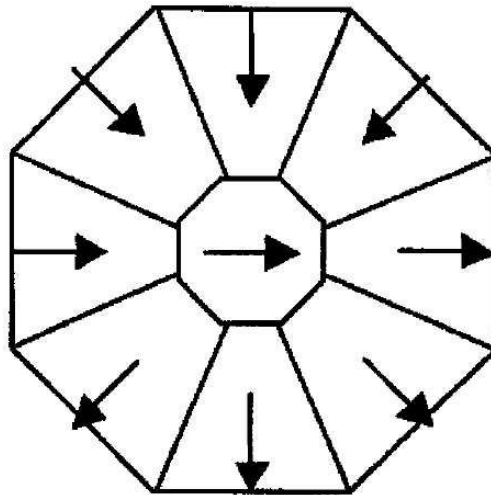
도면4



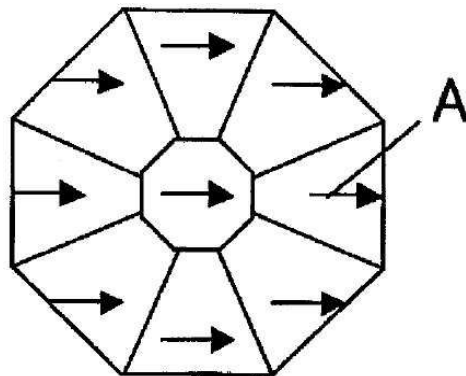
도면5



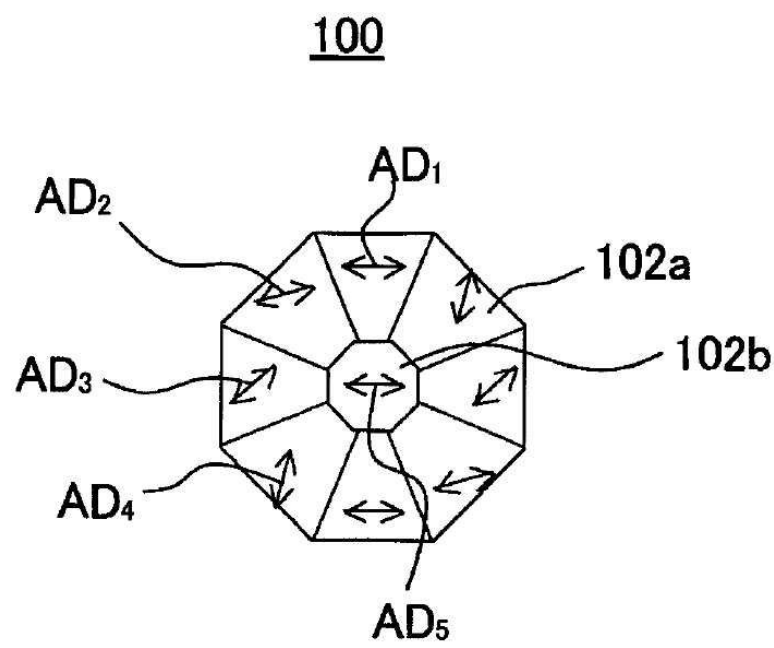
도면6



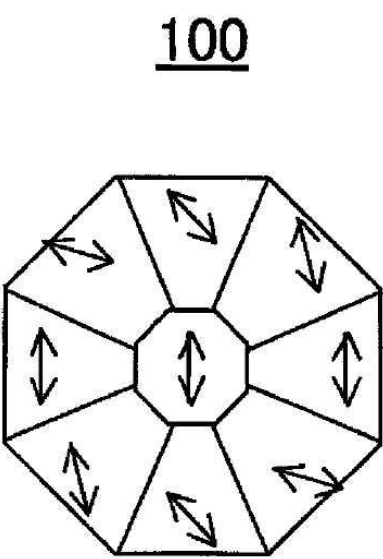
도면7



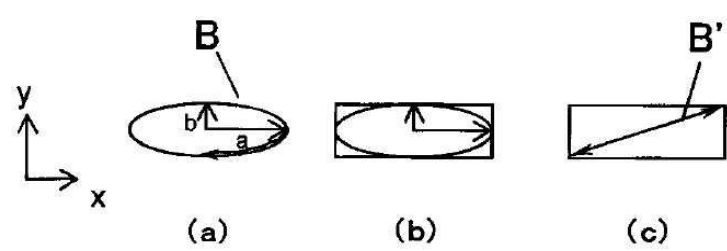
도면8



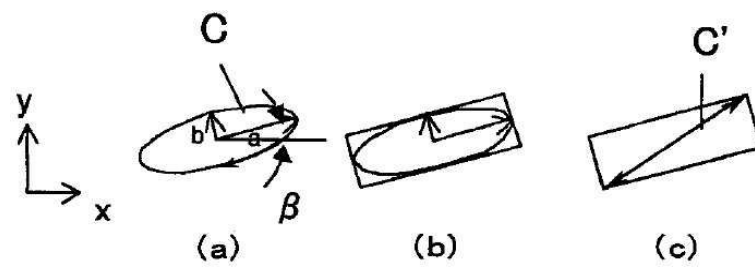
도면9



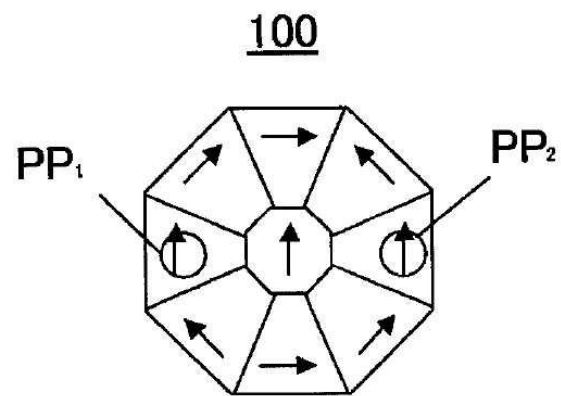
도면10



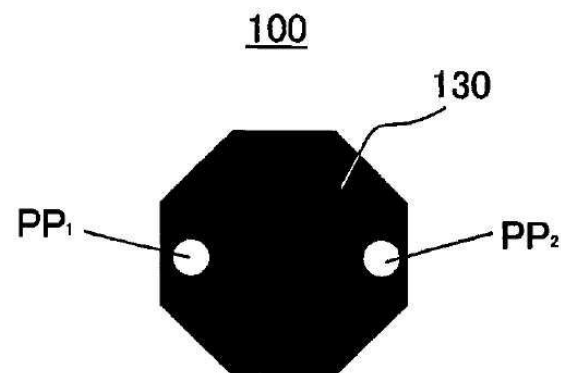
도면11



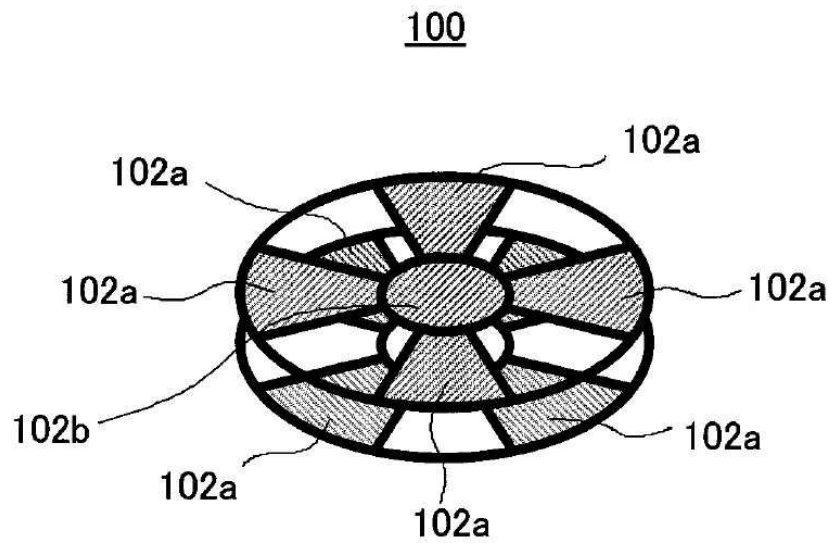
도면12



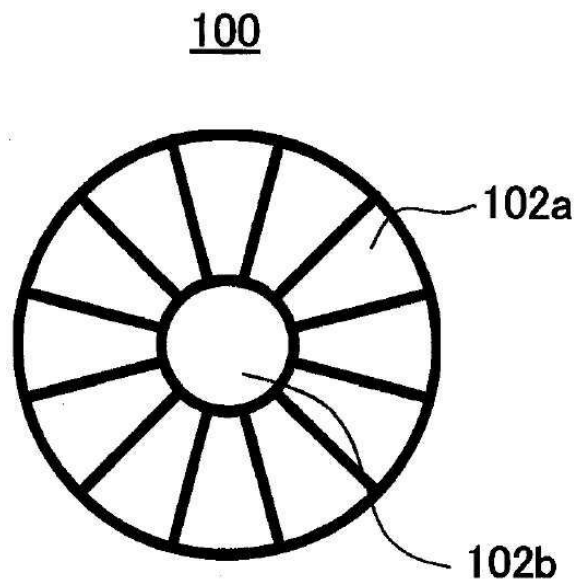
도면13



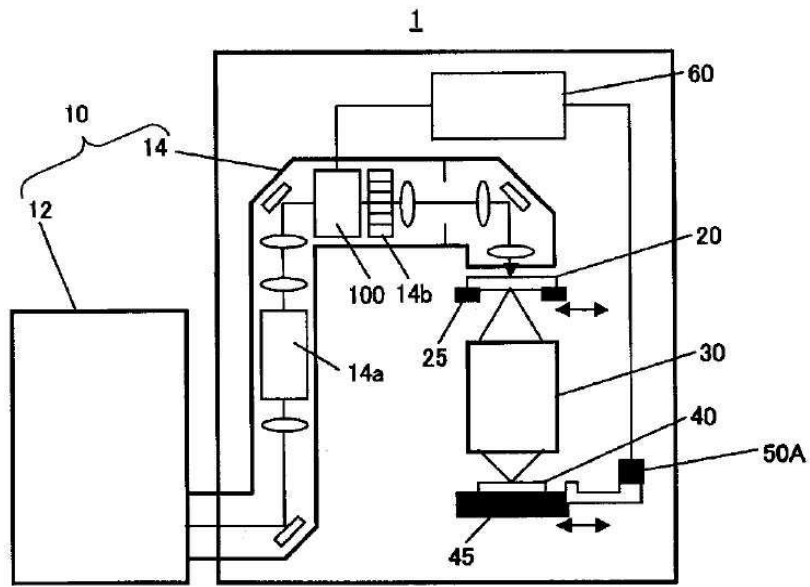
도면14



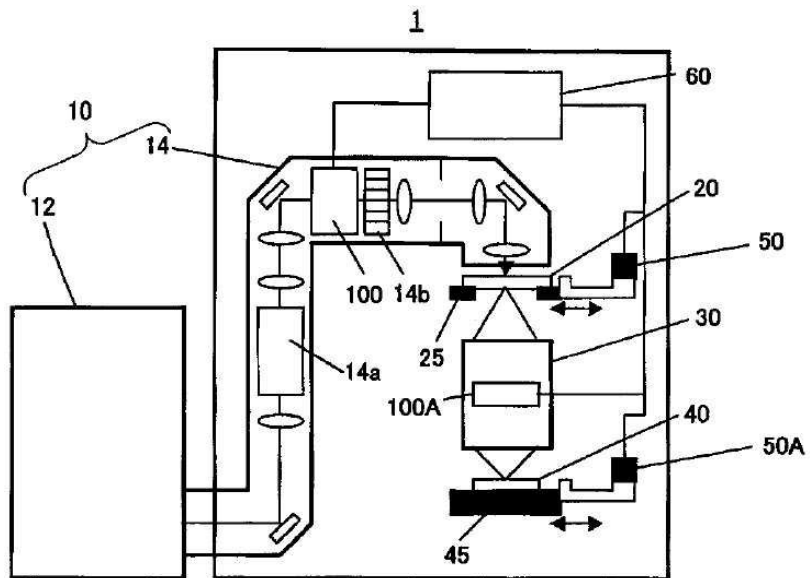
도면15



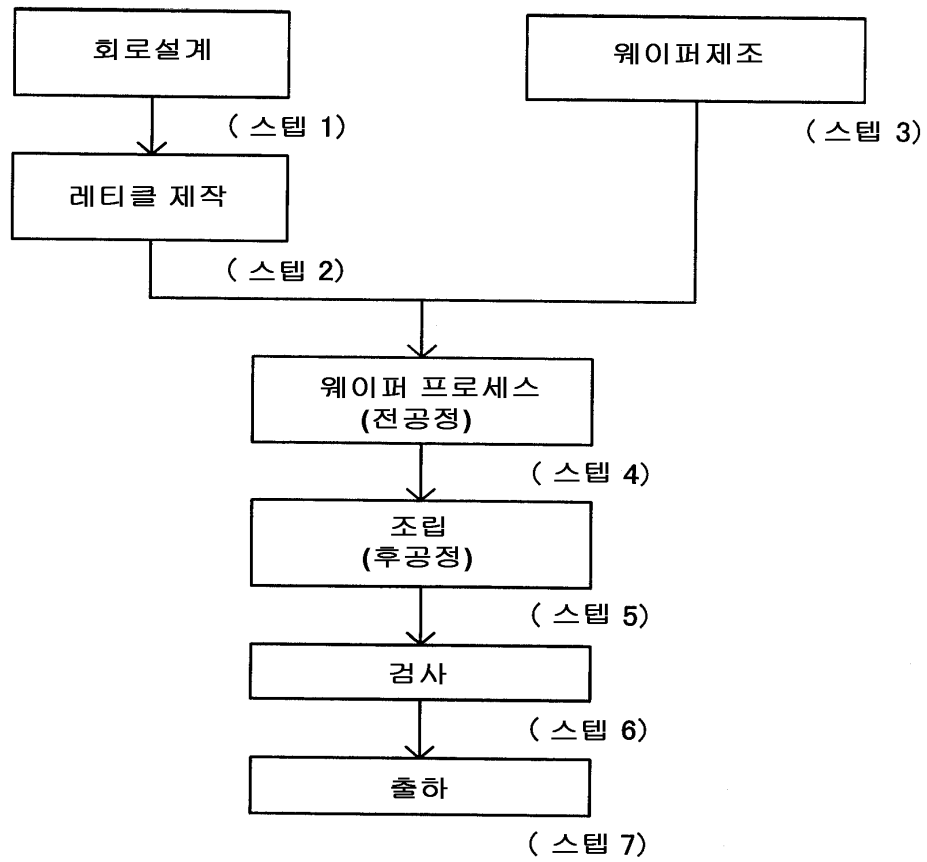
도면16



도면17



도면18



도면19

