



(19) 대한민국특허청(KR)
 (12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2009년01월19일
 (11) 등록번호 10-0878938
 (24) 등록일자 2009년01월08일

(51) Int. Cl.⁹

H01L 21/027 (2006.01)

(21) 출원번호 10-2007-0042261
 (22) 출원일자 2007년05월01일
 심사청구일자 2007년05월01일
 (65) 공개번호 10-2007-0106936
 (43) 공개일자 2007년11월06일

(30) 우선권주장

JP-P-2006-00127773 2006년05월01일 일본(JP)

(56) 선행기술조사문헌

KR1019980042721 A
 KR1020010031135 A
 KR1020020000494 A

전체 청구항 수 : 총 11 항

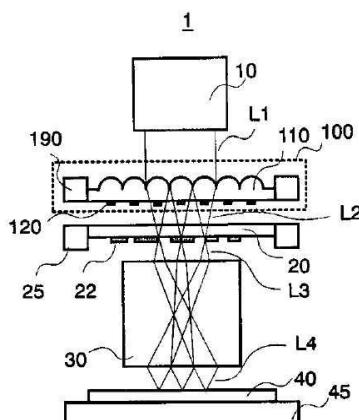
심사관 : 설관식

(54) 노광장치

(57) 요 약

원판의 패턴을 기판 위에 노광하는 노광장치로서, 광원으로부터의 광을 복수의 광으로 분할하고, 상기 복수의 광을 상기 원판 위의 서로 다른 위치에 집광하고, 상기 원판을 조명하는 상기 복수의 광의 각각의 중심부를 상기 원판에 대한 푸리에 변환평면에서 주변부보다 어둡게 하는 집광광학계와, 상기 원판의 패턴을 기판 위에 투영하는 투영광학계를 구비하는 것을 특징으로 하는 노광장치를 제공한다.

대 표 도 - 도1



특허청구의 범위

청구항 1

원판의 패턴을 기판 위에 노광하는 노광장치로서,

광원으로부터의 광을 복수의 광으로 분할하고, 상기 복수의 광을 상기 원판위의 서로 다른 위치에 집광하고, 상기 원판을 조명하는 상기 복수의 광의 각각의 중심부를 상기 원판에 대한 푸리에 변환평면에서 주변부보다 어둡게 하도록 구성된 집광광학계와;

상기 원판의 패턴을 상기 기판 위에 투영하도록 구성된 투영광학계
를 구비하는 것을 특징으로 하는 노광장치.

청구항 2

제1 항에 있어서,

상기 집광광학계는,

상기 광원으로부터의 광을 상기 복수의 광으로 분할하고, 상기 복수의 광을 상기 원판 위의 서로 다른 위치에 집광하도록 구성된 광학소자와;

상기 원판을 조명하는 상기 복수의 광의 각각의 중심부를 주변부보다 어둡게 하도록 구성된 감광수단(減光手段)
을 구비하는 것을 특징으로 하는 노광장치.

청구항 3

제1 항에 있어서,

상기 집광광학계는,

상기 광원으로부터의 광을 복수의 광으로 분할하고, 상기 원판을 조명하는 상기 복수의 광의 각각의 중심부를 주변부보다 어둡게 하도록 구성된 액시콘(axicon)과;

상기 복수의 광을 상기 원판 위의 서로 다른 위치에 집광하도록 구성된 광학소자
를 구비하는 것을 특징으로 하는 노광장치.

청구항 4

제1 항에 있어서,

상기 집광광학계는,

상기 광원으로부터의 광을 복수의 광으로 분할하고, 상기 복수의 광을 상기 원판 위의 서로 다른 위치에 집광하고, 상기 원판을 조명하는 상기 복수의 광의 각각의 중심부를 주변부보다 어둡게 하도록 구성된 계산기 훌로그램을 구비하는 것을 특징으로 하는 노광장치.

청구항 5

제1 항에 있어서,

상기 투영광학계의 동공면에 배치되어, 상기 동공면의 중심부를 동공면의 주변부보다 어둡게 하는 동공필터를
부가하여 구비하는 것을 특징으로 하는 노광장치.

청구항 6

제1 항에 있어서,

상기 원판은, 상기 패턴이 형성되는 상기 원판의 면이 상기 광원측으로 향할 수 있도록 배치되는 것을 특징으로
하는 노광장치.

청구항 7

제1 항에 있어서,

상기 원판의 패턴에 의거하여, 상기 원판을 조명하는 상기 복수의 광의 입사각도 분포를 조정하도록 구성된 조정부를 부가하여 구비하는 것을 특징으로 하는 노광장치.

청구항 8

서로에 대하여 원판과 기판을 주사방향으로 주사함으로써 원판의 패턴을 기판 위에 노광하는 주사노광장치로서,

광원으로부터의 광을 복수의 광으로 분할하고, 상기 복수의 광을 상기 원판위의 서로 다른 위치에 집광하고, 상기 원판을 조명하는 상기 복수의 광의 각각의 중심부를 상기 원판에 대한 푸리에 변환평면에서 주변부보다 어둡게 하도록 구성된 집광광학계와;

상기 원판의 패턴을 상기 기판 위에 투영하도록 구성된 투영광학계

를 구비하고,

상기 집광광학계는, 복수의 광을 상기 원판의 서로 다른 위치 위에 집광하는 복수의 열의 마이크로렌즈를 포함하는 마이크로렌즈 어레이를 구비하고, 각 열은 상기 주사방향과 직교하는 방향으로 경사진 것을 특징으로 하는 주사노광장치.

청구항 9

원판의 패턴을 기판 위에 노광하는 노광장치로서,

광원으로부터의 광을 복수의 광으로 분할하고, 상기 복수의 광을 상기 원판 위의 서로 다른 위치에 집광하도록 구성된 광학소자와;

상기 원판의 패턴을 상기 기판에 투영하도록 구성된 투영광학계와;

상기 투영광학계의 동공면에 배치되어, 상기 동공면의 중심부를 주변부보다 어둡게 하는 동공필터를 구비하는 것을 특징으로 하는 노광장치.

청구항 10

서로에 대하여 원판과 기판을 주사방향으로 주사함으로써 원판의 패턴을 기판 위에 노광하는 주사노광장치로서,

광원으로부터의 광을 복수의 광으로 분할하고, 상기 복수의 광을 상기 원판 위의 서로 다른 위치에 집광하도록 구성된 광학소자와;

상기 원판의 패턴을 상기 기판 위에 투영하도록 구성된 투영광학계와;

상기 투영광학계의 동공면에 배치되어, 상기 동공면의 중심부를 주변부보다 어둡게 하는 동공필터를 구비하고,

상기 광학소자는 마이크로렌즈 어레이이고, 상기 마이크로렌즈 어레이에는 복수의 광을 상기 원판의 서로 다른 위치 위에 집광하는 마이크로렌즈의 복수의 열을 구비하고, 각 열은 상기 주사방향과 직교하는 방향으로 경사진 것을 특징으로 하는 주사노광장치.

청구항 11

제1 항 내지 제 10항 중 어느 한 항에 기재된 노광장치를 이용하여 기판을 노광하는 스텝과;

노광된 상기 기판을 현상하는 스텝

을 구비하는 것을 특징으로 하는 디바이스의 제조방법.

명세서

발명의 상세한 설명

발명의 목적

발명이 속하는 기술 및 그 분야의 종래기술

- <25> 본 발명은 노광장치에 관한 것이다.
- <26> 포토리소그래피 기술을 이용하여 반도체 메모리나 논리회로 등의 미세한 반도체소자를 제조할 때에, 종래의 투영노광장치는, 투영광학계에 의해 웨이퍼 또는 다른기판 위에 레티클(마스크)의 회로패턴을 투영한다.
- <27> 투영노광장치에 의해 전사할 수 있는 최소의 치수(해상도)는, 노광에 이용하는 광의 파장에 비례하고, 투영광학계의 개구수(NA)에 반비례한다. 파장을 얇게 할수록 또한 NA를 높게 할수록, 해상도가 작아진다. 투영노광장치의 해상도 R는, 광원의 파장을 λ , 투영광학계의 개구수를 NA, 광학계, 레티클 및 프로세스에 의해 결정되는 정수를 k_1 으로 하면, 이하의 수식 1으로 나타낼 수 있다.

<28> [수식 1]

$$R = k_1 \times \lambda / NA$$

<29>

<30> 최근에는 반도체소자의 미세화에의 요구에 수반하여 노광광의 단파장화가 진행되고 있다. 예를 들면, 파장이 약 248nm인 KrF액시머레이저로부터 파장이 약 약 193nm인 ArF액시머레이저까지 단파장인 자외선의 이용이 촉진되고 있다. 투영광학계의 NA는, 공기중에서의 이론한계인 1을 넘는 액침노광의 도입에 의해, 고NA화 되고 있다. 레티클 구조, 조명조건 및 프로세스조건의 최적화됨에 따라, k_1 팩터는 작아진다. 그러나, k_1 팩터가 작아지면, 광근접효과(OPE : Optical Proximity Effect)로 인하여, 레티클패턴이 웨이퍼 위에 정밀하게 재현(전사)되지 않는다.

<31> 따라서, OPE를 보정하기 위한 광학근접보정(OPC; Optical Proximity Correction) 패턴을 레티클패턴에 부가한 레티클이 제안되어 있다. 최근에는, OPE의 보정에 부가하여 프로세스 모델도 고려한, 보다 정교한 OPC패턴도 제안되어 있다.

<32> OPE를 보정하는 몇 개의 다른 기술도 제안되어 있다(일本国 특개 2000-228358호 공보참조). 일본국 특개 2000-228358호 공보는, 레티클의 바로 상부에 렌즈어레이를 배치하고, 결상패턴이 OPE의 영향을 받지 않도록, 레티클패턴을 복수의 레티클로 분할하고, 상기 렌즈 어레이로부터의 스폿광으로 레티클을 조명하고, 복수의 노광을 행한다.

<33> 그럼에도 불구하고, 종래 기술에서는, 반도체의 제조코스트를 유지하면서, 미세한 패턴을 콘트라스트가 양호하게 해상 시킬 수 없었다. 예를 들면, 정교한 OPC패턴은, 레티클패턴의 복잡화를 초래하여, 레티클레이터를 증가시킨다. 따라서, 레티클제작이나 검사에 장시간이 소요되고, 제작된 레티클패턴은 다수의 오차나 결함을 포함하여, 레티클의 코스트 및 반도체의 제조코스트를 현저하게 증가시킨다.

<34> 또, 일본국 특개 2000-228358호 공보는, OPC 패턴을 부가한 레티클을 필요로 하지 않기 때문에, OPC 패턴에 의한 반도체의 제조코스트의 증가는 회피할 수 있지만, 복수의 레티클을 이용한 노광을 복수회 실시하므로, 반도체의 제조코스트가 여전히 증가한다.

발명이 이루고자 하는 기술적 과제

- <35> 본 발명은, 반도체의 제조코스트를 증대시키지 않고, 미세한 패턴을 해상할 수 있는 노광장치를 제공하는 것에 관한 것이다.
- <36> 본 발명의 1 측면에 의한 노광장치는, 원판의 패턴을 기판 위에 노광하는 노광장치로서, 광원으로부터의 광을 복수의 광으로 분할하고, 상기 복수의 광을 상기 원판 위의 서로 다른 위치에 집광하고, 상기 원판을 조명하는 상기 복수의 광의 각각의 중심부를 상기 원판에 대한 푸리에 변환평면에서 주변부보다 어둡게 하도록 구성된 집광광학계와, 상기 원판의 패턴을 상기 기판 위에 투영하도록 구성된 투영광학계를 구비하는 것을 특징으로 한다.
- <37> 본 발명의 다른 목적 또는 그 외의 특징은, 이하, 첨부 도면을 참조하면서 설명되는 바람직한 실시예에 의해서 밝혀질 것이다.

발명의 구성 및 작용

- <38> 이하, 첨부 도면을 참조하면서, 본 발명의 1 측면에 의한 노광장치에 대해 설명한다. 각 도면에 있어서, 동일한 부재에 대해서는 동일한 참조번호를 부여하고, 중복하는 설명은 생략한다. 여기서, 도 1은, 본 발명의 노광장치(1)의 구성을 도시한 개략 단면도이다.
- <39> 노광장치(1)는, 원판으로서의 레티클(20)의 패턴(22)을 기판으로서의 웨이퍼(40)에 노광하는 투영노광장치이다. 노광장치(1)는, 본 실시형태에서는, 스텝-앤드-스캔 방식의 투영노광장치이지만, 스텝-앤드-리피트 방식의 노광 방식을 적용할 수도 있다.
- <40> 노광장치(1)는, 도 1에 도시한 바와 같이, 조명장치(10)와 레티클(20)을 재치하는 레티클스테이지(25)와, 투영 광학계(30)와, 웨이퍼(40)를 재치하는 웨이퍼스테이지(45)와, 집광광학계(100)를 가진다.
- <41> 조명장치(10)는, 전사용의 패턴(22)이 형성된 레티클(20)을 조명하고, 도시하지 않는 광원과 도시하지 않는 조명광학계를 가진다. 광원은, 파장 약 193nm의 ArF액시머레이저를 사용한다. 그러나, 파장 약 248nm의 KrF액시머레이저나 파장 약 157nm의 F₂레이저를 사용하여도 되고, 그 레이저의 개수도 한정되지 않는다. 조명광학계는, 광원으로부터의 광(L1)을 집광광학계(100)로 도광하는 광학계이며, 렌즈, 미러, 옵ти컬인티그레이터 및 조리개를 포함한다.
- <42> 레티클(20)은, 석영제로, 전사되어야 할 패턴(22)이 형성되어 레티클스테이지(25)에 지지 및 구동된다.
- <43> 레티클스테이지(25)는, 레티클(20)을 지지하고 도시하지 않는 이동기구에 접속되어 있다.
- <44> 투영광학계(30)는, 레티클(20)의 패턴을 웨이퍼(40)상에 투영(결상)한다. 투영광학계(30)로서는, 반사굴절계, 굴절계, 또는, 반사계를 사용할 수 있다.
- <45> 본 실시형태에서는, 감광기판으로서 웨이퍼(40)를 이용하고 있지만, 기판으로서 유리 플레이트 등, 그 외의 기판을 이용할 수도 있다. 웨이퍼(40)상에는, 포토레지스트(감광제)가 도포되어 있다.
- <46> 웨이퍼스테이지(45)는, 웨이퍼(40)를 지지하고 도시하지 않는 이동기구에 접속되어 있다.
- <47> 집광광학계(100)는, 조명장치(10)로부터의 광(L1)을 이용하고, 레티클(20)을 조명하는 광학계이며, 광학소자(110)와 감광수단(減光手段)(120)을 가진다. 또한, 본 실시형태에서는, 집광광학계(100)와 조명장치(10)를 분리시키고 있지만, 집광광학계(100)가 조명장치(10)의 일부를 구성하여도 된다. 감광수단(120)이나 감광수단(120)에 근접해서 배치되는 소자에는, 광흡수에 의한 발열의 영향을 저감시키기 위해서, 수냉기구나 펠티어 소자 등의 냉각기구를 갖추어도 된다.
- <48> 광학소자(110)는 조명장치(10)로부터의 광(L1)을 복수의 광(L2)으로 분할한다. 복수의 광(L2)은 광학소자(110)에 의해 수속광이 된다. 또, 광학소자(110)는 복수의 광(L2)을 레티클(20)의 서로 다른 위치에 집광한다.
- <49> 감광수단(120)은, 광학소자(110)로부터의 복수의 광(L2)의 공간 주파수(각 주파수) 영역에 있어서의 저주파수성분을 감광 또는 차광한다. 환연하면, 감광수단(120)은, 광학소자(110)로부터 사출하여 레티클(20)을 조명하는 복수의 광(L2)의 각각의 중심부를 상기 레티클(20)에 대한 푸리에 변환평면에서 주변부보다 어둡게 한다.
- <50> 스테이지(190)는, 집광광학계(100) (즉, 본 실시형태에서는, 광학소자(110) 및 감광수단(120))을 지지 및 구동한다.
- <51> 여기서, 감광수단(120)에 의해 저주파성분이 차광된 광(L2)에 대해 설명한다. 복수의 광(L2)은, 레티클스테이지(25)에 지지를 받은 레티클(20)의 패턴(22)(패턴면)위에 집광하고, 복수의 스포트을 형성한다.
- <52> 레티클(20) 위의 패턴에 의해, 복수의 광(L2)의 일부를 흡수 또는 위상변조한다. 복수의 광(L2) 중 레티클(20)을 투과한 광(L3)은 투영광학계(30)에 입사한다.
- <53> 광(L3)은, 투영광학계(30)에서 굴절 및 / 또는 반사되어 복수의 수속광(L4)이 되어, 웨이퍼(40)상에 복수의 빔스폿을 형성한다. 상기 빔스폿이, 웨이퍼(40)상에 도포된 레지스트 등의 감광재 또는 열반응재 위에 레티클(20)의 패턴(22)을 형성한다.
- <54> 레티클(20)의 패턴(22)에 의해 집광된 복수의 스포트으로부터 발생하는 광(L3)은, 코히렌스도가 낮고, 웨이퍼(40) 위의 복수의 빔스폿강도의 합이, 상형성에 기여하여, 상의 충실도를 열화시키는 OPE를 억제시킨다.

- <55> 예를 들면, 라인 앤드 스페이스의 반복패턴에 집광광학계(100)를 적용했을 경우를 생각한다. 상술한 종래기술과 같이, 저주파성분을 차광하지 않는 광에 의해 레티클(20)의 패턴(22)을 조명했을 경우, 투영광학계(30)의 동공면에는, 도 2에 도시한 광강도분포가 형성된다. 도 2에 있어서, PU는 투영광학계(30)의 동공의 영역이다. D0는 레티클(20)의 패턴(22)으로 생성되는 0차 회절광이다. D1a는 -1차 회절광이며, D1b는 +1차 회절광이다. AC는 0차 회절광(D0), -1차 회절광(D1a) 및 +1차 회절광((D1b))사이에 중첩되는 영역이다. DC0는 0차 회절광(D0), -1차 회절광(D1a) 및 +1차 회절광((D1b))이 서로 중첩되지 않는 영역이다. 도 2를 참조하면, 웨이퍼(40)상에 결상하는 패턴(22)의 강도변조에 기여하는 것은 영역 AC뿐이다. 영역 DC0는, 상의 콘트라스트를 열화시키는 저주파성분이다. 여기서, 도 2는, 종래의 노광장치에 있어서의 투영광학계의 동공면상의 회절광분포를 도시한 도면이다.
- <56> 한편, 본 실시형태는, 집광광학계(100)를 이용하여 레티클(20)의 패턴(22)을 조명하는 복수의 광(L2)의 각각의 중앙부를 차광하고, 도 3에 도시한 바와 같이, 영역 DC0 중 감광수단(120)에 상당하는 영역 DC1의 광량을 저감시킨다. 이에 의해, 상의 콘트라스트를 열화시키는 저주파성분의 발생을 저감하고, 높은 콘트라스트로, 충실도(전사 정밀도)가 높은 상을 얻을 수 있다. 여기서, 도 3은, 노광장치(1)에 있어서의 투영광학계(30)의 동공면상의 회절광분포를 도시한 도면이다.
- <57> 따라서, 노광장치(1)는, 종래의 노광장치에서 발생되는 OPE를 저감하고, 따라서, 그렇지 않으면 레티클(20)의 패턴(22)에 부가하여야 하는 OPC패턴을 감소시킨다. 또한, 노광장치(1)는, 노광광의 파장과 비교해서, 비교적 작은 패턴 사이즈의 상을 전사할 때에, k1팩터가 작은 회로패턴에 복잡한 OPC패턴을 부가한 레티클을 필요로 하지 않고, 제조코스트나 제품수율을 그대로 유지한다.
- <58> 광원으로서 파장 $\lambda=193.368\text{nm}$ 의 ArF액시머레이저를 이용한 노광장치를 고려한다. 웨이퍼(40)상에 있어서의 공중상의 강도분포를 수치해석에 의해 구하였다. 상기 공중상은, 선폭("CD") 68nm, 길이 340nm를 각각 가진 한 쌍의 바패턴을 십자형상으로 배열한 십자패턴이 된다.
- <59> 도 4A 및 도 4B는, 종래의 노광장치의 웨이퍼상에 있어서의 공중상의 강도분포의 수치해석결과를 도시한 도면이다. 도 4A 및 도 4B에 있어서, OP는 웨이퍼상에 형성되는 공중상패턴이다. 종축 및 횡축의 단위는 나노미터이고, 점선 DP는 설계된 레티클의 패턴(즉, 십자패턴)의 웨이퍼상에서의 형상이다. 공중상패턴(OP)을 결정하는 한계치는 십자패턴(DP)의 중앙으로부터 종방향 및 횡방향의 양쪽으로 102nm 떨어진 위치에서, 설계된 레티클패턴이 동일한 선폭을 가지게 하는 값을 이용한다.
- <60> 도 4A는, 3/4윤대조명의 조명조건 하에, 투영광학계의 NA = 0.85의 노광장치에 있어서의 웨이퍼상의 공중상의 강도분포를 나타내고 있다. k1팩터는, 수식 1로부터, 0.3 정도가 된다. 도 4B를 참조하면, k1팩터가 0.3 정도인 경우, 웨이퍼상에 전사되는 패턴은 설계된 레티클의 패턴과 크게 다른 것을 알 수 있다.
- <61> 도 4B는, k1팩터를 크게 하기 위해서, 투영광학계의 NA를 1.2까지 높게한 때의 웨이퍼상의 공중상의 강도분포를 나타낸다. 이 경우, k1팩터는, 0.42 정도가 된다. 도 4B를 참조하면, k1팩터가 0.42 정도인 경우, 십자패턴(DP)이 비교적 설계한 레티클의 패턴에 가까운 형상으로 웨이퍼에 전사된다. 이를 결과로부터, 종래의 노광장치는, 0.3 정도의 k1팩터로 상의 충실도(전사 정밀도)를 향상시키기 위해서는, OPC패턴을 필수로 하는 것을 알 수 있다.
- <62> 한편, 본 실시형태의 노광장치(1)의 웨이퍼(40)상에 있어서의 공중상의 강도분포의 수치해석결과를 도 5에 나타낸다. 상술한 종래의 노광장치와 마찬가지로, 광원의 파장은 $\lambda=193.368\text{nm}$, 투영광학계(30)의 NA는 0.85, 종축 및 횡축의 단위는 나노미터이다. 설계된 레티클(20)의 패턴(22)은 도 4와 동일한 십자패턴(DP)이며, 최소 선폭의 k1팩터는 0.3 정도에 상당한다. 도 1에 도시한 광(L2)의 조도분포가, 3 / 4윤대형상의 광을 집광한 광의 집합인 경우, 설계된 레티클(20)의 십자패턴(DP)에 대해서 웨이퍼(40)상에 전사되는 상패턴(OP)은, 도 5에 도시한 형상이 된다. 도 5를 참조하면, 도 4B에 나타낸 투영광학계의 NA가 1.2, k1팩터가 0.42인 경우와 동등한 충실도(전사 정밀도)를 얻을 수 있는 것을 알 수 있다. 이와 같이, 종래의 노광장치에서는 필요하였던 복잡한 OPC 패턴이, 본 실시형태의 노광장치(1)에서는 불필요해진다.
- <63> 여기서, 집광광학계(100)의 구체적인 구성에 대해 설명한다. 광학소자(110)로서 마이크로렌즈어레이를 사용한다. 이러한 마이크로렌즈어레이에는, 프렌넬 존프레이트 등의 회절광학소자를 포함하여도 된다.
- <64> 저주파성분을 차광하는 감광수단(120)는, 차광부재, 즉 예를 들어, 금속제 등의 차광막을 사용한다. 예를 들면, 광학소자(110)가 마이크로렌즈어레이인 경우, 감광수단(120)로서의 차광부재는, 마이크로렌즈어레이를 구성하는 마이크로렌즈의 각각의 중심부에 배치된다. 감광수단(120)은, 도 1에 도시된 바와 같이, 광학소자(110)의 레티클(20)측의 면에 배치하고 있지만, 광학소자(110)의 조명장치(10)측의 면 혹은 내부, 또는 레티클(20)의 패턴면

의 이면(조명장치(10)측의 면)에 배치하면 된다.

<65> 도 6은, 광학소자(110)의 일례로서의 마이크로렌즈어레이(110A)의 배치예를 도시한 도면이다. 마이크로렌즈어레이(110A)는, 도 6에 도시한 바와 같이, 마이크로렌즈(112A)를 일정한 간격을 두고 구비하고 있다. 각각의 마이크로렌즈(112A)는, 광(L2)을 레티클(20)에 집광하고, 집광스폿열을 형성한다. 집광스폿열의 집광스폿간격은, 집광스폿직경에 비해 크기 때문에, 서로 간섭할 것은 없고 코히렌스도는 낫다. 따라서, OPE를 저감 시킬 수 있다.

<66> 또, 레티클(20)에 대해서 상대적으로, 마이크로렌즈어레이(110A)를 도 6에 도시한 x방향으로 주사시키는 것에 의해, 레티클(20)상의 스포트은 케적(TR)을 따라서 주사되어 레티클(20)의 패턴(22) 전역을 웨이퍼(40)에 전사할 수 있다. 또한, 마이크로렌즈어레이(110A)의 마이크로렌즈(112A)의 배열방향을 xy평면 내에서 y방향에 대해서 경사지게 배열하는 것에 의해, y방향의 스포트간격을 마이크로렌즈(112A)의 간격보다 좁게 할 수 있고, y방향의 조도분포를 보다 균일하게 형성할 수 있다.

<67> 집광광학계(100)는, 레티클(20)을 조명하는 복수의 광의 각각의 중심부를 주변부보다 어둡게 하기 위한 부재로서 도 7에 도시한 바와 같이, 액시콘렌즈(120A)를 이용하여도 된다. 도 7은, 액시콘렌즈(120A)를 이용한 집광광학계(100)의 구성을 도시한 개략 단면도이다.

<68> 도 7을 참조하면, 조명장치(10)로부터의 광(L1)은, 액시콘렌즈(120A)에 의해, 복수의 광으로 분할되고, 이들 복수의 광의 각각이 환형 형상의 조도분포가 되어, 마이크로렌즈어레이(110A)에 입사한다. 마이크로렌즈어레이(110A)로 수속된 광은, 레티클(20)의 패턴(22)을 조명한다.

<69> 도 7에 도시한 액시콘렌즈(120A)는, 차광부재를 이용할 필요가 없고, 조명장치(10)로부터의 광의 이용효율을 높일 수 있다. 또한, 도 7에 도시한 액시콘렌즈(120A)는, 차광부재에서 흡수되어 발생되는 열에 의한 광학계에의 영향을 배제할 수 있다.

<70> 또, 집광광학계(100)는, 도 8에 도시한 바와 같이, 계산기홀로그램(CGH: (Computer Generated Holography)(130)을 이용하여도 된다. 도 8은, CGH(130)를 이용한 집광광학계(100)의構성을 도시한 개략 단면도이다. CGH(130)는, 조명장치(10)로부터의 광(L1)을 복수의 광(L2)으로 분할하고, 복수의 광(L2)의 공간주파수(각주파수) 영역에 있어서의 저주파수성분을 저감하도록 설계되어 있다. 환언하면, CGH(130)는, 광학소자(110)의 기능과 감광수단(120)의 기능을 겸비한다.

<71> 도 8을 참조하면, CGH(130)에 입사한 광속(L1)은, 저주파성분이 저감된 상태에서, 레티클(20)의 패턴(22)을 조명한다. 도 8에 도시한 집광광학계(100)는, 마이크로렌즈어레이(110A)와 차광부재(감광수단(120))의 위치맞춤이나, 액시콘렌즈(120A)와 마이크로렌즈어레이(110A)의 위치맞춤이 불필요해지고, 위치맞춤 오차에 의한 상의 열화를 막을 수 있다.

<72> 도 9에 도시한 바와 같이, 투영광학계(30)의 동공면에 있어서, 상의 콘트라스트를 열화시키는 요인이 되는 저주파성분을 감쇄시키는 동공필터(150)에 의해 동일한 효과 (즉, 상술한 감광수단(120)의 효과)를 얻을 수 있다. 도 9는, 동공필터(150)를 이용한 노광장치(1A)의 구성을 도시한 개략 단면도이다.

<73> 도 9를 참조하면, 조명장치(10)로부터의 광(L1)은, 광학소자(110)에 의해, 복수의 광(L2)으로 분할된다. 광(L2)은, 광학소자(110)에 의해 수속광이 되어, 레티클(20)의 패턴(22)이 형성되어 있는 면에 집광하고, 복수의 스포트을 형성한다.

<74> 레티클(20)에 있어서, 복수의 광(L2)의 일부는 패턴(22)에 의해서 흡수 또는 위상변조된다. 복수의 광(L2) 중 레티클(20)을 투과한 광(L3)은, 투영광학계(30)에 입사한다. 레티클(20)을 투과한 광(L3)에는, 레티클(20)의 패턴(22)에 의한 회절광이 포함된다.

<75> 광(L3)에 포함되는 회절광중 0차 회절광은, 투영광학계(30)의 동공면에 배치된 동공필터(150)에 의해 차광된다. 동공필터(150)를 투과한 광은, 투영광학계(30)에 의해 굴절 및 / 또는 반사하고, 복수의 수속광(L4)이 되어, 웨이퍼(40)상에 복수의 빔스폿을 형성한다. 상기 빔스폿이, 웨이퍼(40)상에 도포된 레지스트 등의 감광재 또는 열반응재 위에 레티클(20)의 패턴(22)을 형성한다.

<76> 동공필터(150)는, 예를 들면, 도 3에 DC1와 같은 동공중심을 차광하는 구성을 가진다. 동공필터(150)의 차광부에는, 광흡수에 의한 발열의 영향을 저감 시키기 위해서, 수냉기구나 펠티어소자 등의 냉각기구를 구비하여도 된다.

<77> 노광장치(1A)는, 종래의 노광장치에 발생되는 OPE를 저감하여, 그렇지 않으면 레티클(20)의 패턴(22)에 부가되

어야만 하는 OPE를 저감한다. 또한, 노광장치(1A)는, 노광광의 파장과 비교해서, 비교적 작은 패턴사이즈의 상을 전사할 때에, 레티클상에 k1팩터가 작은 회로패턴을 부가해야 하는 복잡한 OPC패턴을 필요로 하지 않고, 제조코스트나 제품수율을 그대로 유지한다.

<78> 도 10에 도시한 바와 같이, 감광수단(120)과 동공필터(150)를 조합하여 이용함으로써, 상의 충실도(전사 정밀도)를 더욱 향상시킬 수 있다. 도 10은, 감광수단(120)과 동공필터(150)를 조합하여 이용한 노광장치(1B)의 구성을 도시한 개략 단면도이다.

<79> 도 10을 참조하면, 조명장치(10)로부터의 광(L1)은, 광학소자(110)에 의해, 복수의 광(L2)으로 분할된다. 감광수단(120)에 의해, 상기 광(L2)의 공간주파수(각주파수)의 저주파성분이 차광 또는 감쇠된다. 저주파성분이 차광된 광(L2)은, 레티클(20)의 패턴(22)이 형성되어 있는 면에 집광하고, 복수의 스포트을 형성한다.

<80> 레티클(20)에 있어서, 복수의 광(L2)의 일부를 패턴(22)에 의해 흡수하거나 위상변조한다. 복수의 광(L2) 중 레티클(20)을 투과하고, 패턴(22)이외의 영역을 통과한 광(L3)은 투영광학계(30)에 입사한다. 레티클(20)을 투과한 광(L3)에는, 레티클(20)의 패턴(22)에 의한 회절광이 포함된다.

<81> 광(L3)에 포함되는 회절광 중 0차 회절광은, 투영광학계(30)의 동공면에 배치된 동공필터(150)에 의해 차광된다. 동공필터(150)를 투과한 광은, 투영광학계(30)에서 굴절 및 / 또는 반사하고, 복수의 수축광(L4)이 되어, 웨이퍼(40)상에 복수의 빔스폿을 형성한다. 상기 빔스폿이, 웨이퍼(40)상에 도포된 레지스트 등의 감광재 또는 열반응재 위에 레티클(20)의 패턴(22)을 형성한다.

<82> 노광장치(1B)에서는, 광학소자(110) 및 감광수단(120)의 제조오차로부터 발생하는 저주파성분이나, 광학소자(110)가 마이크로렌즈어레이였을 경우에 각 마이크로 렌즈의 사이의 간극으로부터 생기는 저주파 성분을 투영광학계(30)의 동공면에 의해 차광할 수 있다. 따라서, 노광장치(1B)는, 웨이퍼(40)에 전사되는 상의 콘트라스트 및 충실도(전사 정밀도)를 향상시킬 수 있다.

<83> 노광장치(1A) 및 (1B)용 동공필터(150)는, 투영광학계(30)가 통상의 굴절계인 경우, 금속이나, 반사방지막을 코팅한 금속으로 구성되는 차광부재를 사용하면 된다. 이에 의해, 투영광학계(30)에 있어서의 불필요한 반사광을 방지하고, 높은 차광성능을 얻을 수 있다. 여기서, 반사방지막은, 반사방지효과를 얻을 수 있도록, 표면에 미세 가공을 한 구조이어도 됨은 물론이다.

<84> 또한, 도 10의 집광광학계(100) 대신에, 도 7이나 도 8의 집광광학계(100)를 이용하여도, 마찬가지의 효과를 얻을 수 있다.

<85> 동공필터(150)는, 카톱트릭형, 즉 반사형이어도 된다. 도 11은, 반사형의 동공필터의 구성(개념)을 도시한 개략 단면도이다. 도 11을 참조하면, 레티클(20)을 투과한 광(L3)은, 동공필터(150)에 입사한다. 광(L3)의 일부가 반사막(152)에 의해 반사되어 반사광(L3')이 되고, 웨이퍼(40)상의 결상에 기여한다. 광(L2) 중에서, 반사막(152)에 의해 반사되지 않는 광은, 투과광(L3'')이 되어, 웨이퍼(40)상의 결상에는 기여하지 않는다. 이 구성에 의해, 동공필터(150)에 있어서의 열흡수 및 동공필터(150)의 열변형을 감소시키고, 주위의 광학계에의 영향을 줄여서, 투영광학계(30)의 전체의 결상성능을 그대로 유지할 수 있다. 도 11에서는, 반사광(L3')을 웨이퍼(40)상에 결상시키고 있지만, 반사막(152)을 광(L3)의 중앙부에 배치하여, 반사광(L3')을 웨이퍼(40)상의 결상에 이용하지 않고, 투과광(L3'')을 웨이퍼(40)상에 결상시켜도 된다.

<86> 종래의 노광장치에 이용되는 레티클은, 레티클에서의 레티클기판에 의해 기인된 수차를 감소시키거나 제거하도록, 투영광학계 측에 레티클기판 위의 패턴을 가진다. 환연하면, 패턴이 형성된 면이 투영광학계 측으로 향하도록 레티클을 배치한다.

<87> 한편, 본 실시형태의 노광장치에서는, 예를 들면, 도 12에 도시한 바와 같이, 패턴(22)을 가진 면이 조명장치(10)를 향하도록 레티클(20)을 배치하여도 된다. 도 12를 참조하면, 광(L1)은, 액시콘렌즈(120A)에 의해 환형상의 조도분포를 가지는 광이 되어, 마이크로렌즈어레이(110A)에 입사한다. 마이크로렌즈어레이(110A)는, 패턴(22)을 가진 레티클(20)의 표면에 광(L1)을 집광한다. 이 구성에 의해, 마이크로렌즈어레이(110A)의 초점거리를 짧게하고, 스포직경을 작게할 수 있고, 마이크로렌즈어레이(110A)의 마이크로렌즈(112A)의 간격을 좁게 할 수 있다. 따라서, 이 구성에 의해 마이크로렌즈(112A)의 밀도 및 레티클(20)의 패턴(22)을 동시에 조명하는 스포트의 수를 증가시킬 수 있다. 이 구성에 의해, 웨이퍼(40)에 레티클(20)의 패턴(22)을 전사하는 속도를 향상시킬 수 있고, 노광장치의 스루풋을 향상시킬 수 있다. 여기서, 도 12는, 레티클(20)의 배치를 설명하기 위한 도면이다.

<88> 또, 레티클(20)의 패턴(22)에 따라서, 마이크로렌즈어레이(110A) 등의 광학소자(110)는, 레티클(20)의 패턴(22)

2)을 조명하는 광(L2)의 입사각도분포나 조명광량분포를 가변으로 하여도 된다. 환언하면, 분할한 복수의 광(L2) 중 일부를 선택적으로 사용하여도 된다. 예를 들면, 미세한 패턴(22)에 대해서는 고주파 성분만을 이용하고, 거칠은 패턴(22)에 대해서는 고주파성분 및 저주파성분 양쪽 모두를 조명에 이용하도록, 레티클(20)을 조명하는 광의 입사각도 분포를 조정함으로써, 광이용 효율을 향상시킬 수 있다.

<89> 또한, 레티클(20)의 패턴(차광부)(22)에 상당하는 부분에서는, 광학소자(110)로부터 레티클(20)에 입사하는 광의 광량을 감쇠시키고, 패턴(22)의 에지 근방 및 투과부에서는, 레티클(20)에 입사하는 광의 광량을 증가시켜도 된다. 이에 의해, 레티클(20)의 패턴(22)에 의해 흡수되는 광의 광량이 감소하고, 패턴(22)에 의해 발생하는 열에 기인하는 레티클(20)의 변형이나, 주위의 광학계에 끼치는 영향을 저감할 수 있다. 또, 레티클(20)의 내구성도 향상하고, 레티클(20)의 코스트를 저감시킨다.

<90> 도 13은, 집광광학계(100)로서 CGH(130A)를 이용한 구성을 도시한 개략 단면도이다. CGH(130A)는, 액정을 이용하여 광투과광량을 조정가능한 CGH이다. 신호처리부(172)는, 레티클스테이지(25)의 구동을 제어하는 제어부(174)로부터의 레티클(20)의 위치정보 및 레티클(20)의 패턴(22)을 기억하는 기억부(176)로부터의 패턴정보에 의거하여, CGH(130A)와 패턴(22)간의 위치관계를 구한다. 상기 신호처리부(172)는, CGH(130A)의 위치에 대응한 레티클(20)의 패턴(22)을 참조하여, CGH(130A)의 투과부 및 차광부의 배열데이터를 조정부(178)에 송신한다. 조정부(178)는, 신호처리부(172)로부터의 배열데이터에 의거하여, CGH(130A)의 광투과 패턴을 조정한다.

<91> 레티클(20)의 패턴(22)을 광의 입사각도 분포나 조명광량분포를 조정하는 조정기구는, 액정을 이용한 CGH(130A)로 한정하는 것은 아니다. 이러한 조정 기구는, 예를 들면, 마이크로전자기계시스템(MEMS: Micro Electro Mechanical System) 스위치, 기계적인 셔터, 액정 등을 이용한 광스위치, 액시콘렌즈의 줌기구 등을 이용할 수 있다.

<92> 본 실시형태의 노광장치는, 복수의 광을 이용하여 레티클(20)의 패턴(22)을 조명하고 있지만, 복수의 광의 각각은, 코히렌스도가 낮아도 된다. 따라서, 종래의 노광장치와 같이, 광원은 1개가 아니어도 된다. 예를 들면, 복수의 광원으로부터의 광을 광학소자(110)가 예를 들면, 마이크로렌즈어레이(110A)의 서로 다른 위치의 각각의 마이크로렌즈(112A))에 입사시킴으로써, 광의 코히렌스도 및 OPE의 양자 모두 감소한다. 또, 복수의 소형 고체레이저를 이용함으로써, 노광장치 전체의 소형화나, 엑시머레이저 보다 러닝코스트를 저감시킬 수 있다.

<93> 노광에 있어서, 조명장치(10)로부터 발광된 광은, 집광광학계(100)에 의해 레티클(20)을 조명한다. 레티클(20)을 통과하고 레티클패턴을 반영하는 광은, 투영광학계(30)를 통하여, 웨이퍼(40)에 결상된다. 노광장치(1) 내지(1B)는, 레티클(20)을 복수의 광으로 조명하는 동시에, 감광수단(120) 및 / 또는 투영광학계(30)(동공필터(150))에 있어서, 레티클패턴을 반영하는 광의 저주파수성분을 차광 또는 감광시킨다. 이에 의해, 노광장치(1) 내지(1B)는, 높은 스루풋으로 경제성이 우수한, 종래보다 고품위인 반도체 디바이스 및 액정 디바이스 등의 디바이스를 제공할 수 있다.

<94> 다음에, 도 14 및 도 15를 참조하면서, 상술의 노광장치(1) 내지(1B)를 이용한 디바이스의 제조방법의 실시예를 설명한다. 도 14는, 반도체 디바이스 및 액정 디바이스 등의 디바이스의 제조를 설명하기 위한 흐름도이다. 여기에서는, 반도체 디바이스의 제조를 예로 설명한다. 스텝 1(회로설계)에서는, 디바이스의 회로설계를 실시한다. 스텝 2(레티클 제작)에서는, 설계된 회로패턴을 형성한 레티클을 제작한다. 스텝 3(웨이퍼제조)에서는, 실리콘 등의 재료를 이용하여 웨이퍼를 제조한다. 스텝 4(웨이퍼 프로세스)는, 전공정으로 부르며, 레티클과 웨이퍼를 이용하여 리소그래피기술에 의해 웨이퍼상에 실제의 회로를 형성한다. 스텝 5(조립)는, 후공정으로 부르며, 스텝 4에 의해 작성된 웨이퍼를 이용하여 반도체칩화하는 공정이며, 어셈블리 공정(다이싱, 본딩), 패키징 공정(칩밀봉) 등의 공정을 포함한다. 스텝 6(검사)에서는, 스텝 5에서 작성된 반도체 디바이스의 동작확인 테스트, 내구성테스트 등의 검사를 실시한다. 이러한 공정을 거쳐 반도체 디바이스가 완성되고, 이것이 출하(스텝 7)된다.

<95> 도 15는, 스텝 4의 웨이퍼 프로세스의 상세한 흐름도이다. 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(레지스트 처리)에서는, 웨이퍼에 감광제를 도포한다. 스텝 16(노광)에서는, 노광장치(1) 내지(1B)에 의해 레티클의 회로패턴을 웨이퍼에 노광한다. 스텝 17(현상)에서는, 노광한 웨이퍼를 현상한다. 스텝 18(에칭)에서는, 현상한 레지스트상 이외의 부분을 제거한다. 스텝 19(레지스트 박리)에서는, 에칭이 끝나 불필요해진 레지스트를 제거한다. 이러한 스텝을 반복하여 실시함으로써 웨이퍼상에 다종에 회로패턴이 형성된다.

발명의 효과

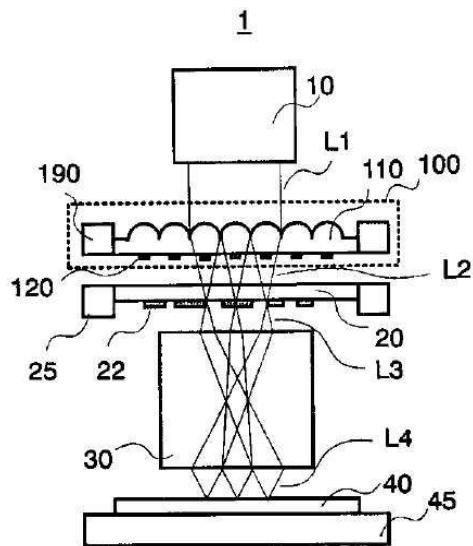
- <96> 본 실시형태의 디바이스의 제조방법에 의하면, 종래보다 고품위의 디바이스를 제조할 수 있다. 이와 같이, 노광장치(1)를 사용하는 디바이스의 제조방법 및 결과물로서의 디바이스도 본 발명의 1 측면을 구성한다.
- <97> 이상, 본 발명의 바람직한 실시예에 대해서 설명했지만, 본 발명은 이러한 실시예로 한정되지 않는 것으로 이해되어야 한다. 이하 청구항의 범위는 이러한 변형 및 균등한 구성 및 기능을 모두 포함하도록 가장 광범위하게 해석되어야 한다.

도면의 간단한 설명

- <1> 도 1은, 본 발명의 1 측면에 의한 노광장치의 구성을 도시한 개략 단면도;
- <2> 도 2는, 종래의 노광장치에 있어서의 투영광학계의 동공면에서의 회절광분포를 도시한 도면;
- <3> 도 3은, 도 1에 도시한 노광장치에 있어서의 투영광학계의 동공면상의 회절광분포를 도시한 도면;
- <4> 도 4A는, 종래의 노광장치의 웨이퍼상에 있어서의 0.3 정도의 k1팩터를 가지는 공중상의 강도분포의 수치해석결과를 도시한 도면;
- <5> 도 4B는, 종래의 노광장치의 웨이퍼상에 있어서의 0.42 정도의 k1팩터를 가지는 공중상의 강도분포의 수치해석결과를 도시한 도면;
- <6> 도 5는, 도 1에 도시한 노광장치의 웨이퍼상의 강도분포의 수치해석결과를 도시한 도면;
- <7> 도 6은, 도 1에 도시한 노광장치의 집광광학계의 광학소자의 일례로서의 마이크로렌즈어레이의 배치예를 도시한 도면;
- <8> 도 7은, 도 1에 도시한 노광장치의 집광광학계의 구성의 일례를 도시한 개략 단면도;
- <9> 도 8은, 도 1에 도시한 노광장치의 집광광학계의 구성의 일례를 도시한 개략 단면도;
- <10> 도 9는, 본 발명의 1 측면에 의한 다른 노광장치의 구성을 도시한 개략 단면도;
- <11> 도 10은, 본 발명의 1 측면에 의한 노광장치의 구성을 도시한 개략 단면도;
- <12> 도 11은, 도 9 및 도 10에 도시한 다른 노광장치의 동공 필터의 구성의 일례를 도시한 개략 단면도;
- <13> 도 12는, 도 1에 도시한 노광장치의 레티클의 배치의 일례를 설명하기 위한 도면;
- <14> 도 13은, 도 1에 도시한 노광장치의 집광광학계로서 계산기 홀로그램(CGH)을 이용한 구성을 도시한 개략 단면도;
- <15> 도 14는, 디바이스의 제조를 설명하기 위한 도면;
- <16> 도 15는, 도 14에 도시한 스텝 4의 웨이퍼 프로세스의 상세한 흐름도.
- <17> [도면의 주요부분에 대한 부호의 설명]
- | | |
|----------------------|--------------|
| <18> 1: 노광장치 | 10: 조명장치 |
| <19> 20: 레티클 | 22: 패턴 |
| <20> 25: 레티클스테이지 | 30: 투영광학계 |
| <21> 40: 웨이퍼 | 45: 웨이퍼스테이지 |
| <22> 100: 집광광학계 | 110: 광학소자 |
| <23> 120: 감광수단(減光手段) | 150: 동공필터 |
| <24> 110A: 마이크로렌즈어레이 | 112A: 마이크로렌즈 |

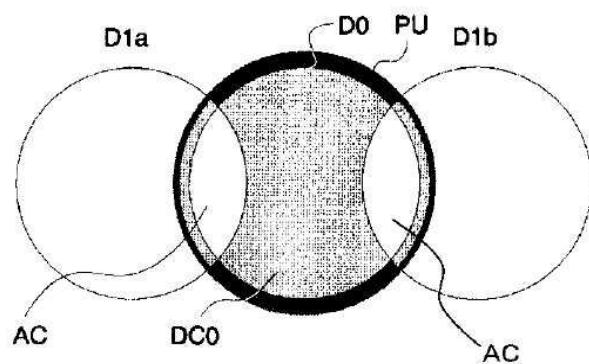
도면

도면1

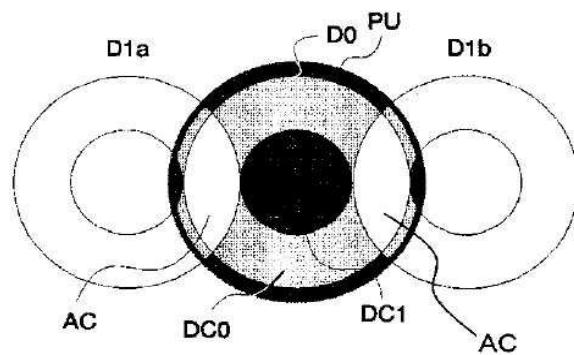


도면2

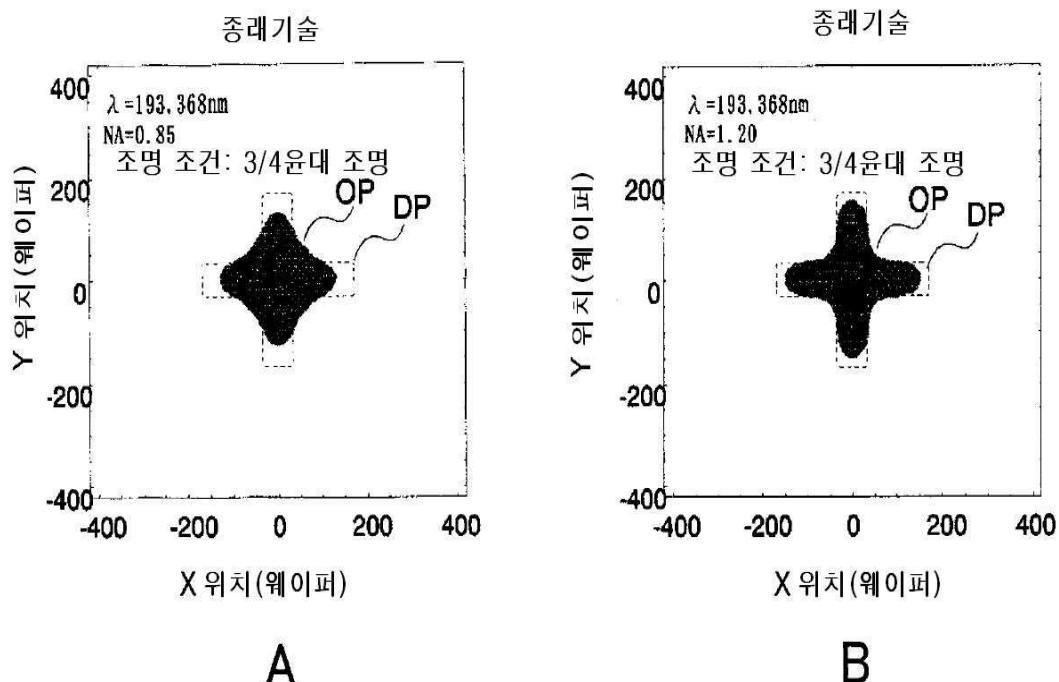
종래 기술



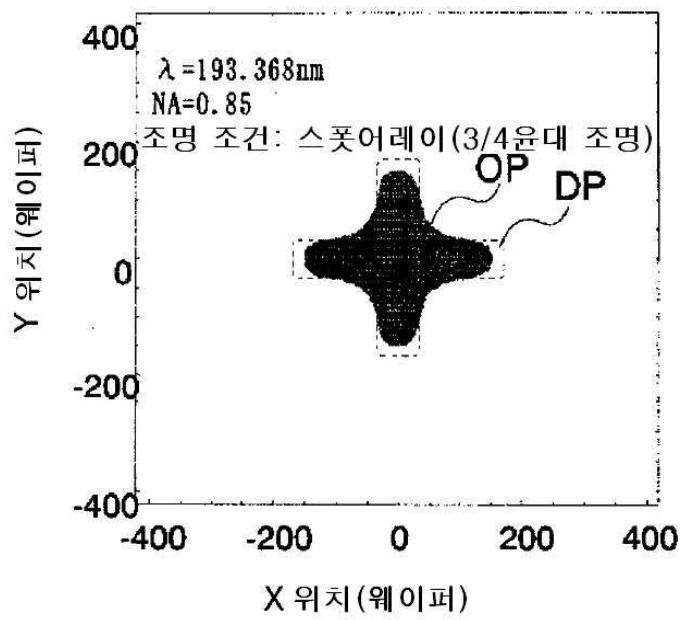
도면3



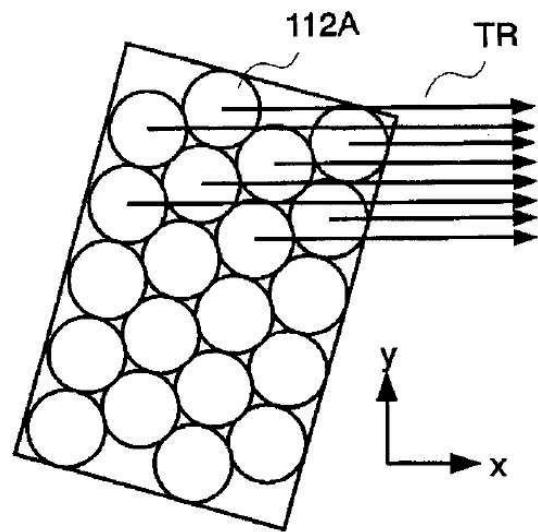
도면4



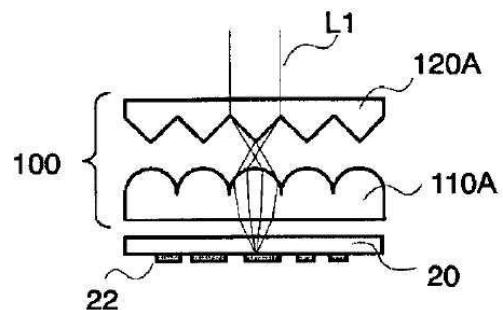
도면5



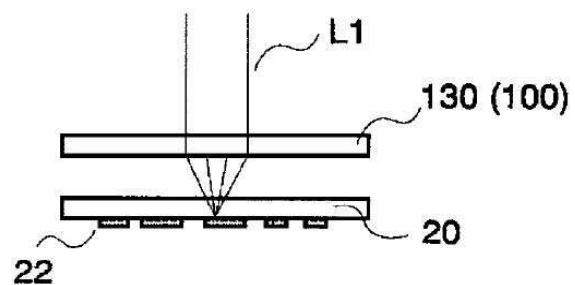
도면6



도면7

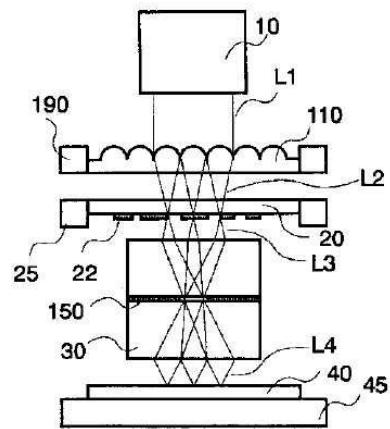


도면8



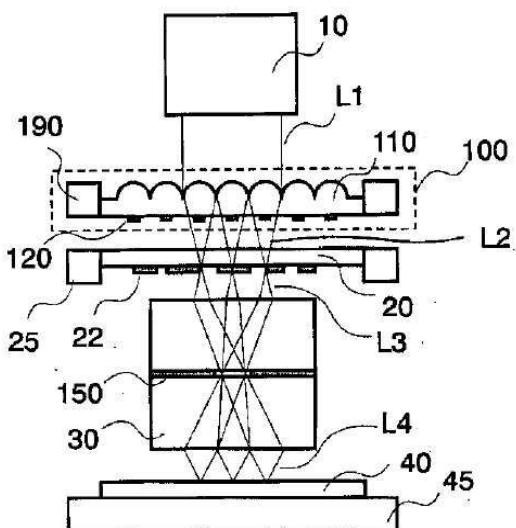
도면9

1A

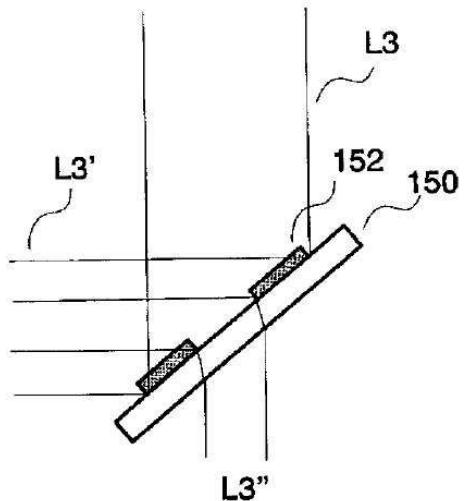


도면10

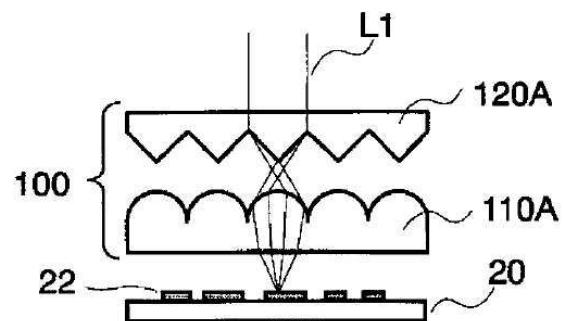
1B



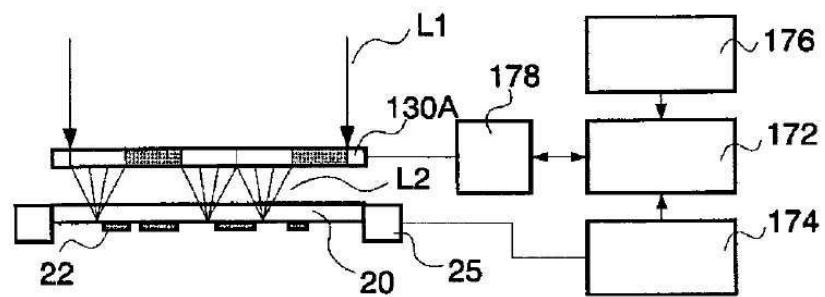
도면11



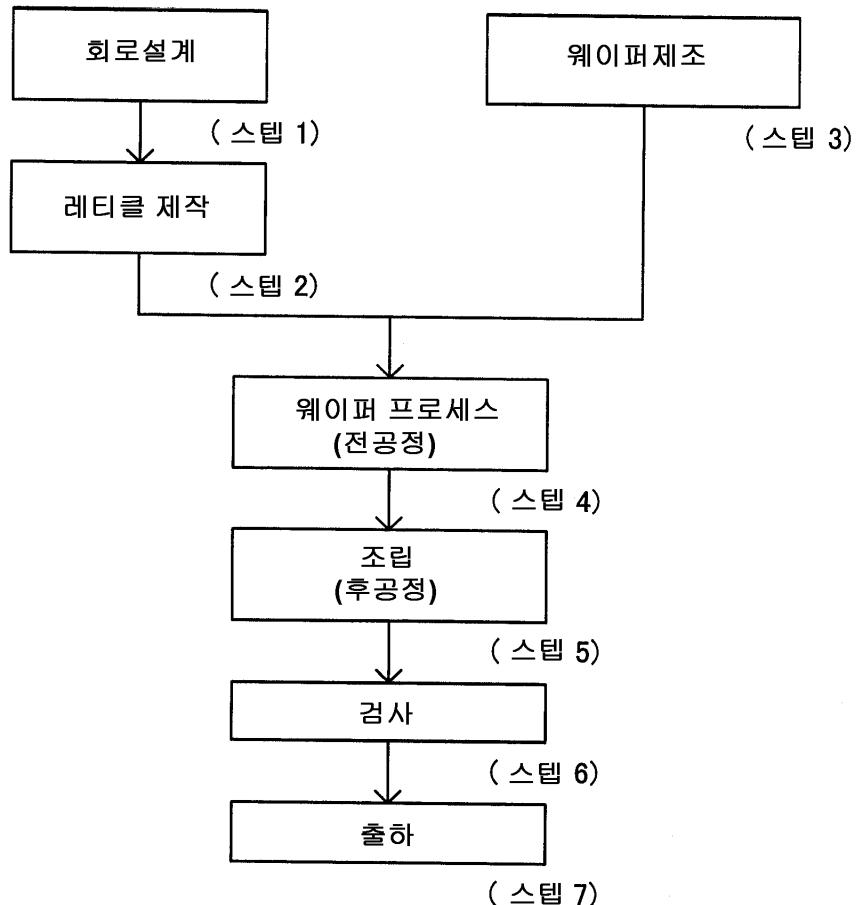
도면12



도면13



도면14



도면15

