(19)대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(51) 。Int. Cl.
H01L 21/027 (2006.01)

(45) 공고일자 2007년03월08일
(11) 등록번호 10-0689836
(24) 등록일자 2007년02월26일

(21) 출원번호 10-2005-0128892
(22) 출원일자 2005년12월23일
심사청구일자 2005년12월23일

(65) 공개번호
(43) 공개일자

(73) 특허권자 삼성전자주식회사
경기도 수원시 영통구 매탄동 416

(72) 발명자 남동석
서울 성북구 종암1동 3-555

(74) 대리인 박상수

(56) 선행기술조사문헌
JP06123961 A
JP2003114514 A
KR1019970002479 A
KR1019980080090 A
KR1020000001481 A
* 심사관에 의하여 인용된 문헌

심사관 : 정현수

전체 청구항 수 : 총 21 항

(54) 보조 포토 마스크를 갖는 노광장비 및 이를 이용하는노광방법

(57) 요약

보조 포토 마스크를 갖는 노광 장비를 제공한다. 상기 노광 장비는 광원과 상기 광원으로부터 소정 거리 이격되게 배치되는 주 포토 마스크(main photo mask)를 구비한다. 투명 영역들 및 반투명 영역들을 갖고, 상기 주 포토 마스크에 대해 콘주게이트 관계(conjugate relation)를 유지하는 보조 포토 마스크(auxiliary photo mask)가 배치된다. 상기 노광 장비를 이용하는 노광 방법 또한 제공한다.

대표도

도 6

특허청구의 범위

청구항 1.

광원;

상기 광원으로부터 소정 거리 이격되게 배치되는 주 포토 마스크(main photo mask); 및

투명 영역들 및 반투명 영역들을 갖되, 상기 주 포토 마스크에 대해 콘주게이트 관계(conjugate relation)를 유지하도록 배치되는 보조 포토 마스크(auxiliary photo mask)를 포함하는 노광 장비.

청구항 2.

제 1 항에 있어서,

상기 보조 포토 마스크는 상기 광원과 상기 주 포토 마스크 사이에 배치되는 것을 특징으로 하는 노광 장비.

청구항 3.

제 1 항에 있어서,

상기 주 포토 마스크는 고밀도 차광막 패턴 영역 및 저밀도 차광막 패턴 영역을 포함하되, 상기 보조 포토 마스크의 상기 투명 영역들은 상기 고밀도 차광막 패턴 영역에 대응하도록 배치되고, 상기 보조 포토 마스크의 상기 반투명 영역들은 상기 저밀도 차광막 패턴 영역에 대응하도록 배치되는 것을 특징으로 하는 노광 장비.

청구항 4.

제 1 항에 있어서,

상기 보조 포토 마스크의 상기 반투명 영역은 위상 반전층(phase shift layer)을 포함하는 것을 특징으로 하는 노광 장비.

청구항 5.

제 1 항에 있어서,

상기 보조 포토 마스크의 반투명 영역은 결정 결함 층(crystal defect layer)을 포함하는 것을 특징으로 하는 노광 장비.

청구항 6.

제 1 항에 있어서,

상기 보조 포토 마스크와 상기 주 포토 마스크 사이에 배치되는 콘덴서 렌즈(condenser lens)를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 노광 장비.

청구항 7.

광원;

상기 광원으로부터 소정 거리 이격되게 배치되는 주 포토 마스크; 및

제1 반사층 및 상기 제1 반사층 상에 배치되는 투명층과 반투명층을 갖되, 상기 주 포토 마스크에 대해 콘주게이트 관계를 유지하는 보조 포토 마스크를 포함하는 노광 장비.

청구항 8.

제 7 항에 있어서,

상기 주 포토 마스크는 제2 반사층 및 상기 제2 반사층 상에 위치하는 고밀도 흡광막(light absorbing layer) 패턴 영역 및 저밀도 흡광막 패턴 영역을 포함하되, 상기 보조 포토 마스크의 상기 투명층은 상기 고밀도 흡광막 패턴 영역에 대응하도록 배치되고, 상기 보조 포토 마스크의 상기 반투명층은 상기 저밀도 흡광막 패턴 영역에 대응하도록 배치되는 것을 특징으로 하는 노광 장비.

청구항 9.

제 7 항에 있어서,

상기 보조 포토 마스크는 상기 광원과 상기 주 포토 마스크 사이에 위치하는 것을 특징으로 하는 노광 장비.

청구항 10.

제 7 항에 있어서,

상기 보조 포토 마스크 및 상기 주 포토 마스크 사이에 배치되는 반사 거울(reflective mirror)을 더 포함하되, 상기 보조 포토 마스크로부터 반사되는 광은 상기 반사 거울로 입사하고, 상기 반사 거울로부터 반사되는 광은 상기 주 포토 마스크로 입사하는 것을 특징으로 하는 노광 장비.

청구항 11.

제 7 항에 있어서,

상기 보조 포토 마스크의 상기 반투명층은 위상 반전층을 포함하는 것을 특징으로 하는 노광 장비.

청구항 12.

제 7 항에 있어서,

상기 보조 포토 마스크의 상기 반투명층은 결정 결함 층을 포함하는 것을 특징으로 하는 노광 장비.

청구항 13.

광원으로부터 광을 조사하고,

상기 광원으로부터 조사되는 광은 투명층 및 반투명층을 갖는 보조 포토 마스크로 입사하고, 및

상기 보조 포토 마스크로 입사된 광은 상기 보조 포토 마스크로부터 주 포토 마스크로 입사하되, 상기 보조 포토 마스크와 상기 주 포토 마스크는 콘주게이트 관계를 유지하는 것을 포함하는 노광 방법.

청구항 14.

제 13 항에 있어서,

상기 보조 포토 마스크 또는 상기 주 포토 마스크와 웨이퍼가 콘주게이트 관계를 유지하도록 상기 웨이퍼를 로딩하는 것을 더 포함하는 것을 특징으로 하는 노광 방법.

청구항 15.

제 13 항에 있어서,

상기 보조 포토 마스크로 입사된 광은

상기 보조 포토 마스크의 상기 투명층을 통해 상기 주 포토 마스크의 고밀도 차광막 패턴 영역으로 입사하고, 상기 보조 포토 마스크의 상기 반투명층을 통해 상기 주 포토 마스크의 저밀도 차광막 패턴 영역으로 입사하는 것을 특징으로 하는 노광 방법.

청구항 16.

제 13 항에 있어서,

상기 보조 포토 마스크를 통과한 광이 상기 주 포토 마스크로 입사하기 전에 콘덴서 렌즈를 통과하는 것을 더 포함하는 것을 특징으로 하는 노광 방법.

청구항 17.

제 13 항에 있어서,

상기 보조 포토 마스크로 입사된 광은 상기 보조 포토 마스크의 상기 투명층 및 상기 반투명층을 통해 상기 보조 포토 마스크의 제1 반사층으로 입사하되, 상기 투명층을 통해 상기 제1 반사층으로 입사되는 광은 제1 광을 형성하여 상기 제1 반사층으로부터 반사되고, 상기 반투명층을 통해 상기 제1 반사층으로 입사되는 광은 제2 광을 형성하여 상기 제1 반사층으로부터 반사되는 것을 특징으로 하는 노광 방법.

청구항 18.

제 17 항에 있어서,

상기 제1 광은 상기 주 포토 마스크의 고밀도 흡광막 패턴을 통해 상기 주 포토 마스크의 제2 반사층으로 입사하고, 상기 제2 광은 상기 주 포토 마스크의 저밀도 흡광막 패턴을 통해 상기 주 포토 마스크의 제2 반사층으로 입사하는 것을 특징으로 하는 노광 방법.

청구항 19.

제 18 항에 있어서,

상기 제1 광 및 상기 제2 광이 상기 주 포토 마스크의 상기 제2 반사층으로 입사하기 전에 반사 거울로 입사하는 것을 더 포함하는 것을 특징으로 하는 노광 방법.

청구항 20.

제 13 항에 있어서,

상기 보조 포토 마스크의 상기 반투명층은 위상 반전층(phase shift layer)으로 형성되는 것을 포함하는 것을 특징으로 하는 노광 방법.

청구항 21.

제 13 항에 있어서,

상기 보조 포토 마스크의 상기 반투명층은 결정 결함 층(crystal defect layer)으로 형성되는 것을 포함하는 것을 특징으로 하는 노광 방법.

명세서

발명의 상세한 설명

발명의 목적

발명이 속하는 기술 및 그 분야의 종래기술

본 발명은 노광장비 및 이를 이용하는 노광방법에 관한 것으로, 특히 보조 포토 마스크를 갖는 노광장비 및 이를 이용하는 노광방법에 관한 것이다.

반도체소자는 사진(photolithography) 공정, 식각 공정, 박막 증착 공정 및 확산 공정 등과 같은 단위 공정들을 사용하여 제조된다. 이들 단위 공정들 중 상기 사진 공정은 상기 반도체소자의 미세한 패턴들의 형성에 직접적인 영향을 준다. 따라서, 고집적 반도체소자의 제조에 있어서, 상기 사진 공정은 매우 중요한 역할을 한다.

상기 사진 공정은 반도체기판 상에 포토레지스트막을 형성하는 코팅 단계, 상기 포토레지스트막의 소정 영역에 포토 마스크를 사용하여 선택적으로 빛을 조사하는 노광 단계, 및 상기 노광된 포토레지스트막을 선택적으로 제거하여 포토레지스트 패턴을 형성하는 현상 단계를 포함한다.

상기 노광 단계는 상기 포토레지스트막을 갖는 반도체기판을 상기 포토 마스크와 정렬시키고 상기 포토 마스크에 광원으로부터의 빛을 조사하여 상기 포토 마스크 상의 노광 패턴들의 형상을 상기 포토레지스트막에 전사시킴으로써 이루어진다. 상기 노광 패턴들은 차광 패턴들(opaque patterns) 또는 반사광 패턴들(reflective patterns)로 형성된다.

도 1은 종래의 투과형 포토 마스크를 구비한 노광장비를 설명하기 위한 개략적인 구성도이다.

도 1을 참조하면, 노광장비는 광을 조사하는 광원(10) 및 상기 광원(10)으로부터 이격되게 배치되는 투과형 포토 마스크(12)를 구비한다. 상기 투과형 포토 마스크(12)는 다양한 형태의 노광 패턴들이 형성된다. 상기 노광 패턴들은 차광 패턴들(14)로 형성된다. 상기 노광 패턴들은 상기 차광 패턴들(14) 사이의 간격에 해당하는 임계 치수(critical dimension; CD)의 변동(variation)에 따라 고밀도의 차광 패턴 영역(16a) 및 상기 고밀도의 차광 패턴 영역(16a)에 대해 상대적으로 밀도가 작은 저밀도의 차광 패턴 영역(16b)으로 형성될 수 있다. 즉, 상기 차광 패턴들(14) 각각의 폭들이 서로 동일한 경우에, 상기 고밀도 차광 패턴 영역(16a) 내에 배치되는 차광 패턴들 사이의 간격은 상기 저밀도 차광 패턴 영역(16b) 내에 배치되는 차광 패턴들 사이의 간격에 비해 더 크게 형성될 수 있다.

상기 광원(10)과 상기 투과형 포토 마스크(12) 사이에 마스킹 블레이드(masking blade; 18)가 배치된다. 상기 마스킹 블레이드(18)는 상기 광원(10)으로부터 상기 투과형 포토 마스크(12)로 조사되는 광의 조사 영역을 한정하는 역할을 한다.

상기 투과형 포토 마스크(12)로부터 이격된 위치에 웨이퍼 스테이지(20) 및 상기 웨이퍼 스테이지(20) 상의 웨이퍼 척(22)이 배치된다. 상기 웨이퍼 척(22)은 웨이퍼(24)를 지지하는 역할을 수행한다. 상기 웨이퍼(24)가 안착되는 웨이퍼 척(22) 및 상기 투과형 포토 마스크(12) 사이에 광학계(26)가 배치된다. 상기 광학계(26)는 상기 투과형 포토 마스크(12)를 통과한 광이 상기 웨이퍼 척(22) 상에 축소 투영시키는 역할을 수행한다. 상기 광학계(26)를 통과한 광이 상기 웨이퍼 척(22)으로 입사되기 이전에 광 투과량 조절 마스크(28)를 통과한다. 상기 광 투과량 조절 마스크(28)는 상기 웨이퍼 척(22)으로 입사되는 광의 양을 조절하는 역할을 한다. 상기 웨이퍼 척(22)으로 입사되는 광이 상기 웨이퍼(24) 상의 포토레지스트막으로 조사되어 상기 웨이퍼(24) 상에 포토레지스트 패턴들을 형성한다.

이 경우에, 상기 노광 패턴들의 임계 치수의 변동에 따라 상기 투과형 포토 마스크(12)를 통과하는 광의 투과율이 변동된다. 그 결과, 상기 투과형 포토 마스크(12) 상의 노광 패턴들의 폭들이 서로 동일할지라도 상기 투과형 포토 마스크(12)를 통과하는 동안에 발생하는 광의 간섭성 때문에 상기 웨이퍼 상에 형성되는 포토레지스트 패턴들의 폭들은 서로 동일하지 않게 된다. 예를 들면, 상기 고밀도 차광 패턴 영역(16a)을 통과한 광에 의해 형성된 포토레지스트 패턴들의 해상도가 상기 저밀도 차광 패턴 영역(16b)을 통과한 광에 의해 형성된 포토레지스트 패턴들의 해상도 보다 열악하게 될 수 있다. 결과적으로, 상기 노광 패턴들의 임계 치수의 변동은 상기 웨이퍼(24) 상에 형성되는 포토레지스트 패턴들의 균일성(uniformity)을 열화시키는 문제점을 발생시킨다. 상기 노광 패턴들의 임계치수의 변동은 노광 패턴들의 제작 오차에 의해 발생할 수도 있다.

한편, 상기 광 투과량 조절 마스크(28)는 상기 고밀도 차광 패턴 영역(16a) 및 상기 저밀도 차광 패턴 영역(16b)을 통과하는 광의 투과량에 무관하게 노광 장비의 광 강도만을 조절할 수 있기 때문에 상술한 문제점을 극복하기 위한 근본적인 해결책(solution)이 될 수 없다.

이에 더하여, 레티클과 콘주게이트 관계를 유지하는 회절 그레이팅 패턴 플레이트(diffraction grating pattern plate)가 미국 특허 제6,704,092호에 의해 소개되어 있다. 그러나, 이러한 그레이팅 패턴 플레이트를 노광 공정의 광 투과량 조절 마스크로 사용하는 경우에, 그레이팅 패턴이 웨이퍼 상에 전사되는 문제점이 발생한다.

도 2는 종래의 반사형 포토 마스크를 구비한 노광장비를 설명하기 위한 개략적인 구성도이다.

반사형 포토 마스크를 구비한 노광장비는 통상적으로 극자외선(extreme ultraviolet; EUV)을 광원으로 사용한다. 이는 상기 극자외선 같은 짧은 파장을 갖는 광원은 흡수도가 매우 커서 투과형 마스크를 사용하기 어렵기 때문이다.

도 2를 참조하면, 상기 극자외선 같은 짧은 파장을 갖는 광원(30)으로부터 광이 반사형 포토 마스크(32)로 조사된다. 상기 반사형 포토 마스크(32)로부터 반사된 광은 다수개의 미러들(M1,M2,M3,M4)를 통해 반사된 후, 웨이퍼(34) 상의 포토레지스트막에 조사된다. 그 결과, 상기 웨이퍼(34) 상에 포토레지스트 패턴들이 형성된다.

한편, 상기 반사형 포토 마스크(32) 상에 노광 패턴들이 형성된다. 상기 노광 패턴들은 다수개의 흡수막 패턴들(36)로 형성될 수 있다. 상기 노광 패턴들은 고밀도의 흡수막 패턴 영역(38a)과 저밀도의 흡수막 패턴 영역(38b)으로 형성될 수 있다. 이 경우에, 상기 노광 패턴들의 임계 치수의 변동에 따라 상기 반사형 포토 마스크(32)로부터 반사되는 광의 반사율이 변동된다. 그 결과, 상기 반사형 포토 마스크(32) 상의 노광 패턴들의 폭들이 서로 동일할지라도 상기 반사형 포토 마스크(32)로부터 광이 반사되는 동안에 발생하는 광의 산란성 때문에 상기 웨이퍼 상에 형성되는 포토레지스트 패턴들의 폭들은 서로 동일하지 않게 된다. 예를 들면, 상기 저밀도 흡수막 패턴 영역(38b)으로부터 반사된 광의 산란성이 상기 고밀도 흡수막 패턴 영역(38a)으로부터 반사된 광의 산란성에 비해 크기 때문에, 상기 반사형 포토 마스크(32)로부터 반사되는 광의 기본 강도가 노광 패턴들의 영역들에 따라 차이가 발생한다.

이러한 기본 강도의 차이는 노광 패턴의 제작 오차에 따른 임계치수의 변동으로 인해 발생할 수도 있다.

결과적으로, 상기 노광 패턴들의 임계 치수의 변동은 상기 웨이퍼(34) 상에 형성되는 포토레지스트 패턴들의 균일성(uniformity)을 열화시키는 문제점을 발생시킨다.

발명이 이루고자 하는 기술적 과제

본 발명이 이루고자 하는 기술적 과제는, 반도체 소자의 노광 공정에 있어 광 투과율의 균일성(uniformity)을 개선하는 데 적합한 보조 포토 마스크를 갖는 노광 장비를 제공하는 데 있다.

본 발명이 이루고자 하는 다른 기술적 과제는, 반도체 소자의 노광 공정에 있어 광 반사율의 균일성을 개선하는 데 적합한 보조 포토 마스크를 갖는 노광 장비를 제공하는 데 있다.

본 발명이 이루고자 하는 또 다른 기술적 과제는, 반도체 소자의 노광 공정의 생산성을 향상시키는 데 적합한 노광 방법을 제공하는 데 있다.

발명의 구성

본 발명의 일 양태에 따르면, 본 발명은 반도체 소자의 노광 공정에 있어 광 투과율의 균일성을 개선하는 데 적합한 보조 포토 마스크를 갖는 노광 장비를 제공한다. 상기 노광 장비는 광원과 상기 광원으로부터 소정 거리 이격되게 배치되는 주 포토 마스크(main photo mask)를 포함한다. 투명 영역들 및 반투명 영역들을 갖고, 상기 주 포토 마스크에 대해 콘주게이트 관계(conjugate relation)를 유지하는 보조 포토 마스크(auxiliary photo mask)가 배치된다.

본 발명의 일 양태에 따른 몇몇 실시예들에 있어, 상기 보조 포토 마스크는 상기 광원과 상기 주 포토 마스크 사이에 위치할 수 있다.

본 발명의 다른 실시예에 있어, 상기 주 포토 마스크는 고밀도 차광막 패턴 영역 및 저밀도 차광막 패턴 영역을 포함하되, 상기 보조 포토 마스크의 상기 투명 영역들은 상기 고밀도 차광막 패턴 영역에 대응하도록 배치되고, 상기 보조 포토 마스크의 상기 반투명 영역들은 상기 저밀도 차광막 패턴 영역에 대응하도록 배치될 수 있다.

본 발명의 또 다른 실시예에 있어, 상기 보조 포토 마스크의 상기 반투명 영역은 위상 반전층(phase shift layer)을 포함할 수 있다.

본 발명의 또 다른 실시예에 있어, 상기 보조 포토 마스크의 반투명 영역은 결정 결함 층(crystal defect layer)을 포함할 수 있다.

본 발명의 또 다른 실시예에 있어, 상기 보조 포토 마스크와 상기 주 포토 마스크 사이에 배치되는 콘덴서 렌즈(condenser lens)를 더 포함할 수 있다.

본 발명의 다른 양태에 따르면, 본 발명은 반도체 소자의 노광 공정에 있어 광 반사율의 균일성을 개선하는 데 적합한 보조 포토 마스크를 갖는 노광 장비를 제공한다. 상기 노광 장비는 광원과 상기 광원으로부터 소정 거리 이격되게 배치되는 주 포토 마스크를 포함한다. 제1 반사층 및 상기 제1 반사층 상에 배치되는 투명층과 반투명층을 갖되, 상기 주 포토 마스크에 대해 콘주게이트 관계(conjugate relation)를 유지하는 보조 포토 마스크가 배치된다.

본 발명의 다른 양태에 따른 몇몇 실시예들에 있어, 상기 주 포토 마스크는 제2 반사층 및 상기 제2 반사층 상에 위치하는 고밀도 흡광막(light absorbing layer) 패턴 영역 및 저밀도 흡광막 패턴 영역을 포함하되, 상기 보조 포토 마스크의 상기 투명층은 상기 고밀도 흡광막 패턴 영역에 대응하도록 배치되고, 상기 보조 포토 마스크의 상기 반투명층은 상기 저밀도 흡광막 패턴 영역에 대응하도록 배치될 수 있다.

본 발명의 다른 실시예에 있어, 상기 보조 포토 마스크는 상기 광원과 상기 주 포토 마스크 사이에 위치할 수 있다.

본 발명의 또 다른 실시예에 있어, 상기 보조 포토 마스크 및 상기 주 포토 마스크 사이에 배치되는 반사 거울(reflective mirror)을 더 포함하되, 상기 보조 포토 마스크로부터 반사되는 광은 상기 반사 거울로 입사하고, 상기 반사 거울로부터 반사되는 광은 상기 주 포토 마스크로 입사할 수 있다.

본 발명의 또 다른 실시예에 있어, 상기 보조 포토 마스크의 상기 반투명층은 위상 반전층(phase shift layer)을 포함할 수 있다.

본 발명의 또 다른 실시예에 있어, 상기 보조 포토 마스크의 상기 반투명층은 결정 결함 층(crystal defect layer)을 포함할 수 있다.

본 발명의 또 다른 양태에 따르면, 본 발명은 반도체 소자의 노광 공정의 생산성을 향상시키는 데 적합한 노광 방법을 제공한다. 상기 노광 방법은 광원으로부터 광을 조사하는 것을 포함한다. 상기 광원으로부터 조사되는 광은 투명층 및 반투명층을 갖는 보조 포토 마스크로 입사한다. 상기 보조 포토 마스크로 입사된 광은 상기 보조 포토 마스크로부터 주 포토 마스크로 입사하되, 상기 보조 포토 마스크와 상기 주 포토 마스크는 콘주게이트 관계를 유지한다.

본 발명의 또 다른 양태에 따른 몇몇 실시예들에 있어, 상기 보조 포토 마스크 또는 상기 주 포토 마스크와 웨이퍼가 콘주게이트 관계를 유지하도록 상기 웨이퍼를 로딩하는 것을 더 포함할 수 있다.

본 발명의 다른 실시예에 있어, 상기 보조 포토 마스크로 입사된 광은 상기 보조 포토 마스크의 상기 투명층을 통해 상기 주 포토 마스크의 고밀도 차광막 패턴 영역으로 입사할 수 있다. 이와 마찬가지로, 상기 보조 포토 마스크로 입사된 광은 상기 보조 포토 마스크의 상기 반투명층을 통해 상기 주 포토 마스크의 저밀도 차광막 패턴 영역으로 입사할 수 있다.

본 발명의 또 다른 실시예에 있어, 상기 보조 포토 마스크를 통과한 광이 상기 주 포토 마스크로 입사하기 전에 콘덴서 렌즈를 통과하는 것을 더 포함할 수 있다.

본 발명의 또 다른 실시예에 있어, 상기 보조 포토 마스크로 입사된 광은 상기 보조 포토 마스크의 상기 투명층 및 상기 반투명층을 통해 상기 보조 포토 마스크의 제1 반사층으로 입사할 수 있다. 상기 투명층을 통해 상기 제1 반사층으로 입사되는 광은 제1 광을 형성하여 상기 제1 반사층으로부터 반사될 수 있다. 상기 반투명층을 통해 상기 제1 반사층으로 입사되는 광은 제2 광을 형성하여 상기 제1 반사층으로부터 반사될 수 있다.

본 발명의 또 다른 실시예에 있어, 상기 제1 광은 상기 주 포토 마스크의 고밀도 흡광막 패턴을 통해 상기 주 포토 마스크의 제2 반사층으로 입사할 수 있다. 상기 제2 광은 상기 주 포토 마스크의 저밀도 흡광막 패턴을 통해 상기 주 포토 마스크의 제2 반사층으로 입사하는 것을 포함할 수 있다.

본 발명의 또 다른 실시예에 있어, 상기 제1 광 및 상기 제2 광이 상기 주 포토 마스크의 상기 제2 반사층으로 입사하기 전에 반사 거울로 입사하는 것을 더 포함할 수 있다.

본 발명의 또 다른 실시예에 있어, 상기 보조 포토 마스크의 상기 반투명층은 위상 반전층(phase shift layer)으로 형성되는 것을 포함할 수 있다.

본 발명의 또 다른 실시예에 있어, 상기 보조 포토 마스크의 상기 반투명층은 결정 결함 층(crystal defect layer)으로 형성되는 것을 포함할 수 있다.

이하, 첨부된 도면들을 참조하여 본 발명의 바람직한 실시예들을 상세히 설명한다. 다음에 소개되는 실시예들은 당업자에게 본 발명의 사상이 충분히 전달될 수 있도록 하기 위하여 제공되는 것이다. 따라서, 본 발명은 이하에서 설명되어지는 실시예들에 한정하지 않고 다른 형태로 구체화될 수 있다. 그리고, 도면들에 있어서, 층 및 영역의 길이, 두께 등은 설명의 편의를 위해 과장되어 표현될 수도 있다. 명세서 전체에 걸쳐서 동일한 참조번호들은 동일한 구성요소를 나타낸다.

도 3은 본 발명의 일 실시예에 따른 노광 장비를 설명하기 위한 개략적인 구성도이다. 도 4는 본 발명의 다른 실시예에 따른 노광 장비를 설명하기 위한 개략적인 구성도이다. 도 5는 본 발명의 또 다른 실시예에 따른 노광 장비를 설명하기 위한 개략적인 구성도이다. 도 6은 본 발명의 또 다른 실시예에 따른 노광 장비를 설명하기 위한 개략적인 구성도이다.

도 3을 참조하면, 본 발명의 일 실시예에 따른 노광 장비는 광원(40) 및 상기 광원(40)으로부터 소정 거리 이격되는 위치에 조명 광학계(illumination optical system; 42)가 배치되는 것을 포함할 수 있다. 상기 광원(40)은 상기 조명 광학계(42)로 광을 조사한다. 상기 광원(40)으로서 248nm의 파장을 갖는 KrF 엑시머 레이저(eximer laser) 또는 193nm의 파장을 갖는 ArF 엑시머 레이저를 사용할 수 있다. 상기 조명 광학계(42)는 ND(neutral density) 필터, 렌즈부 및 마스킹 블레이드 등을 구비할 수 있다. 상기 ND 필터는 상기 광원으로부터 입사되는 광량을 감소시킴으로써 광의 강도를 조절하여 회절 현상의 발생을 억제하는 역할을 할 수 있다. 상기 렌즈부는 입력 렌즈(input lens), 콘덴서 렌즈 및 플라이 아이 렌즈(fly eye lens) 등을 구비한 렌즈 어레이일 수 있다. 상기 콘덴서 렌즈는 상기 렌즈부로 입사되는 광을 집광하여 평행 광선을 형성하는 역할을 할 수 있다. 상기 플라이 아이 렌즈는 상기 렌즈부에 입사되는 광의 조도를 균일하게 형성하는 역할을 할 수 있다. 상기 마스킹 블레이드는 상기 조명 광학계(42)를 통과한 광의 조사 영역을 한정하는 역할을 할 수 있다. 이에 더하여, 상기 조명 광학계(42)는 미러부(mirror portion)를 구비할 수도 있다.

상기 조명 광학계(42)를 통과한 광은 상기 조명 광학계(42)로부터 소정 거리 이격되게 배치되는 보조 포토 마스크(44)로 입사할 수 있다. 상기 보조 포토 마스크(44)와 상기 광원(40)은 실질적으로 콘주게이트 관계를 유지하도록 배치될 수 있다. 상기 보조 포토 마스크(44)는 이동 가능하도록 배치될 수 있다. 상기 보조 포토 마스크(44)는 투명 기판(46) 및 상기 투명 기판(46) 상에 배치되는 투명층(48a) 및 반투명층(48b)을 구비한다. 상기 투명층(48a) 및 상기 반투명층(48b)은 서로 이웃하며 배치될 수 있다. 상기 투명 기판(46)은 투명한 석영(quarts)일 수 있다. 상기 보조 포토 마스크(44)로 입사되는 광은 상기 투명층(48a) 또는 상기 반투명층(48b)을 통과할 수 있다. 상기 투명층(48a)은 투명한 석영일 수 있다. 상기 반투명층(48b)은 반투명의 몰리브데늄 실리사이드(MoSi)일 수 있다. 이에 따라, 상기 투명층(48a) 및 상기 반투명층(48b)이 서로 다른 광 투과율을 갖기 때문에, 상기 투명층(48a)을 통과한 광의 강도(intensity)와 상기 반투명층(48b)을 통과한 광의 강도가 서로 다르게 나타날 수 있다. 예를 들면, 상기 투명층(48a)을 통과한 광의 강도가 상기 반투명층(48b)을 통과한 광의 강도 보다 클 수 있다. 상기 반투명층(48b)은 위상 반전층일 수 있다. 이에 따라, 상기 반투명층(48b)을 통과하는 광의 투과율을 조절할 수 있다. 그 결과, 상기 반투명층(48b)은 광 투과율 조절층의 역할을 할 수 있다. 상기 반투명층(48b)은 몰리브데늄 실리사이드층 및 상기 몰리브데늄 실리사이드층 상에 배치되는 크롬층 패턴들일 수 있다. 이 경우에, 상기 크롬층 패턴들은 차광막 역할을 할 수 있다. 상기 위상 반전층은 통상적으로 약 8%의 광 투과율 및 180도의 위상 반전을 위해 설계될 수도 있으나, 본 발명은 이 범주에 한정되지 않는다. 예를 들면, 상기 몰리브데늄 실리사이드층의 두께 및 상기 크롬층 패턴들의 간격을 변경하여 위상 반전층을 설계함으로써 위상 반전층을 통과하는 광의 투과율 및 위상 변경을 조절할 수 있다.

이에 더하여, 상기 반투명층(48b)은 결정 결함 층일 수도 있다. 예를 들면, 레이저를 사용하여 석영 기판 내에 결정 결함층을 제공할 수 있다. 이에 따라, 상기 결정 결함층을 갖는 석영 기판으로 입사하는 광이 상기 결정 결함층에 의해 산란됨으로써 광 투과율이 조절될 수 있다. 이에 더하여, 몰리브데늄 실리사이드층 내에 결정 결함층을 제공할 수도 있다. 다른 방법으로서, 상기 석영 기판 내에 불순물들을 도핑함으로써 상기 반투명층(48b)을 제공할 수도 있다.

다른 방법으로서, 상기 반투명층(48b)은 석영 기판 상에 크롬층을 증착하여 형성할 수도 있다.

상기 보조 포토 마스크(44)는 투명층(48a) 및 반투명층(48b)만을 구비하였으나, 본 발명에 따른 보조 포토 마스크는 상기 복수개의 층들에 한정되지 않는다. 예를 들면, 상기 반투명층은 반투명의 정도를 달리하는 다수개의 층들이 연속적으로 정렬될 수도 있다.

상기 보조 포토 마스크(44)로부터 소정 거리 이격되는 위치에 주 포토 마스크(50)가 배치된다. 이 경우에, 상기 보조 포토 마스크(44)는 상기 주 포토 마스크(50)와 실질적으로 콘주게이트 관계를 유지한다. 그 결과, 상기 보조 포토 마스크(44) 및 상기 주 포토 마스크(50)에서 나타나는 광학적 이미지들은 서로 동일하다. 상기 보조 포토 마스크(44)와 상기 주 포토 마스크(50) 사이에 콘주게이트 관계가 유지되는 위치는 다수개일 수 있다. 이에 따라, 상기 주 포토 마스크(50)와 콘주게이트 관계를 유지하는 다수개의 위치들에 보조 포토 마스크들을 배치할 수도 있다. 예를 들면, 상술한 바와 같이, 상기 보조 포토 마스크(44)는 상기 광원(40)과 상기 주 포토 마스크(50) 사이에 배치될 수 있으며, 상기 광원(40)과 보조 포토 마스크 사이에 주 포토 마스크가 배치될 수도 있다.

상기 보조 포토 마스크(44)와 상기 주 포토 마스크(50)가 콘주게이트 관계를 유지하도록 상기 보조 포토 마스크(44) 또는 상기 주 포토 마스크(50)를 이동시켜 정렬할 수도 있다.

또한, 스캔 타입의 노광 장비의 경우에, 상기 보조 포토 마스크(44)와 상기 주 포토 마스크(50)를 정렬시키기 위한 동기 마진(synchronization margin)을 향상시키기 위하여 상기 주 포토 마스크에 비해 상기 보조 포토 마스크를 확대(magnified)해서 제작하거나 배치할 수도 있다.

이에 더하여, 상기 보조 포토 마스크(44)는 상기 주 포토 마스크(50)와 접촉하도록 배치될 수도 있다.

상기 주 포토 마스크(50)는 노광 패턴을 구비한다. 예를 들면, 상기 주 포토 마스크(50)는 투명 기판(52) 및 상기 투명 기판(52) 상에 배치되는 고밀도 차광 패턴 영역(54a) 및 저밀도 차광 패턴 영역(54b)을 구비한다. 상기 투명 기판(52)은 투명한 석영일 수 있다. 상기 고밀도 및 저밀도 차광 패턴 영역들(54a,54b) 내에는 상기 투명 기판(52) 상에 증착되는 노광 패턴들(53), 예를 들면 크롬층 패턴들이 배치될 수 있다. 상기 크롬층 패턴의 폭이 동일한 경우에, 상기 고밀도 차광 패턴 영역(54a) 내의 크롬층 패턴들 사이의 간격은 상기 저밀도 차광 패턴 영역(54b) 내의 크롬층 패턴들 사이의 간격에 비해 상대적으로 작다. 즉, 노광 패턴의 임계 치수(critical dimension; CD)의 변화가 발생할 수 있다. 이에 따라, 상기 주 포토 마스크(50)로 광이 입사되는 경우에, 상기 고밀도 차광 패턴 영역(54a)을 통과한 광의 투과량은 상기 저밀도 차광 패턴 영역(54b)을 통과한 광의 투과량에 비해 상대적으로 적을 수 있다.

상기 주 포토 마스크(50)가 상기 고밀도 및 저밀도 차광 패턴 영역들(54a,54b)을 구비하는 경우에, 상기 보조 포토 마스크(44)의 상기 투명층(48a)은 상기 주 포토 마스크(50)의 상기 고밀도 차광 패턴 영역(54a)에 대응하여 배치되고, 상기 보조 포토 마스크(44)의 상기 반투명층(48b)은 상기 주 포토 마스크(50)의 상기 저밀도 차광 패턴 영역(54b)에 대응하여 배치된다. 이에 따라, 상기 보조 포토 마스크(44)의 상기 투명층(48a)을 통과한 광은 상기 주 포토 마스크(50)의 상기 고밀도 차광 패턴 영역(54a)으로 입사될 수 있다. 이와 마찬가지로, 상기 보조 포토 마스크(44)의 상기 반투명층(48b)을 통과한 광은 상기 주 포토 마스크(50)의 상기 저밀도 차광 패턴 영역(54b)으로 입사될 수 있다. 그 결과, 상기 보조 포토 마스크(44) 및 상기 주 포토 마스크(50)를 통과한 광의 투과량은 동일하게 된다. 즉, 본 발명에 따른 보조 포토 마스크를 이용함으로써 노광 공정의 광 투과율을 조절할 수 있다.

상기 고밀도 및 저밀도 차광 패턴 영역들은 상기 주 포토 마스크 상에 형성되는 크롬층 패턴의 선폭의 균일도을 기준하여 그 영역들을 분류할 수도 있다.

한편, 상기 보조 포토 마스크(44) 및 상기 주 포토 마스크(50)는 이동 가능하도록 배치될 수 있다. 이에 따라, 상기 주 포토 마스크(50)를 통과한 광의 투과량의 균일도를 최적화하기 위하여 상기 보조 포토 마스크(44) 또는 상기 주 포토 마스크(50)를 이동할 수 있다.

상기 보조 포토 마스크(44)와 상기 주 포토 마스크(50) 사이에 콘덴서 렌즈(56)가 배치될 수 있다. 상기 콘덴서 렌즈(56)는 상기 보조 포토 마스크(44)를 통과한 광을 집광하여 평행 광선으로 형성하는 역할을 할 수 있다. 이 경우에, 상기 보조 포토 마스크와 상기 주 포토 마스크가 콘주게이트 관계를 유지하도록 상기 콘덴서 렌즈를 사용할 수도 있다. 이에 더하여, 상기 보조 포토 마스크와 상기 주 포토 마스크, 그리고 상기 콘덴서 렌즈가 콘주게이트 관계를 유지하도록 배치할 수도 있다. 그 결과, 상기 콘덴서 렌즈(56)를 통과한 광이 상기 주 포토 마스크(50)로 입사될 수 있다.

이에 더하여, 상기 보조 포토 마스크(44)와 상기 주 포토 마스크(50) 사이에 반사 거울 또는 광학적 필터 같은 다양한 광학 소자들이 배치될 수도 있다.

상기 주 포토 마스크(50)로부터 소정 거리 이격되도록 투영 광학계(projection optical system; 58)가 배치될 수 있다. 상기 투영 광학계(58)는 축소 투영 광학계일 수 있다. 상기 투영 광학계(58)는 렌즈 어레이를 구비할 수 있다.

상기 투영 광학계(58)로부터 소정 거리 이격되도록 웨이퍼 척(60)이 배치될 수 있다. 상기 웨이퍼 척(60) 상에 웨이퍼(62)가 배치될 수 있다. 상기 웨이퍼(62)와 상기 주 포토 마스크(50)는 콘주게이트 관계를 유지할 수 있다. 그 결과, 상기 보조 포토 마스크(44), 상기 주 포토 마스크(50) 및 상기 웨이퍼(62)는 서로 콘주게이트 관계를 유지할 수 있다. 상기 웨이퍼 척(60)은 웨이퍼 스테이지(64) 상에 배치될 수 있다. 상기 웨이퍼 스테이지(64)는 이동 가능하도록 배치될 수 있다. 이에 따라, 상기 웨이퍼 스테이지(64)를 이동함으로써 상기 주 포토 마스크(50)와 상기 웨이퍼가 콘주게이트 관계를 유지하도록 상기 웨이퍼를 로딩할 수 있다.

한편, 상기 보조 포토 마스크는 상기 주 포토 마스크의 차광 패턴의 밀도에 대응하여 배치하였으나, 상기 주 포토 마스크의 노광 패턴의 제작 오차에 대응하여 상기 보조 포토 마스크를 배치할 수도 있다. 예를 들면, 제작 오차를 갖는 주 포토 마스크의 노광 패턴에 대응하도록 보조 포토 마스크의 반투명층을 배치할 수도 있다.

상술한 바와 같이, 본 발명에 따른 노광 장비의 보조 포토 마스크는 상기 주 포토 마스크와 콘주게이트 관계를 유지하는 위치에 다양하게 배치될 수 있다. 예를 들면, 상기 보조 포토 마스크는 상기 주 포토 마스크(50)와 상기 투영 광학계(58) 사이에서 상기 주 포토 마스크(50)와 콘주게이트 관계를 유지하도록 배치될 수도 있다. 도 4 및 5는 본 발명에 따른 노광 장비의 보조 포토 마스크의 배치예들을 나타낸다.

도 4를 참조하면, 본 발명에 따른 노광 장비는 광원(40) 및 상기 광원(40)으로부터 소정 거리 이격되도록 제1 및 제2 입력 렌즈들(66a,66b)이 차례로 배치될 수 있다. 이에 더하여, 상기 제1 및 제2 입력 렌즈들(66a,66b) 사이에 제1 반사 거울(68a) 및 ND 필터(70)가 차례로 배치될 수 있다. 이에 따라, 상기 광원(40)으로부터 조사된 광은 상기 제1 입력 렌즈(66a)를 통해 상기 제1 반사 거울(68a)로 입사될 수 있다. 상기 제1 반사 거울(68a)로 입사된 광은 상기 제1 반사 거울(68a)로부터 반사되어 상기 ND 필터(70)를 통해 상기 제2 입력 렌즈(66b)로 입사될 수 있다.

상기 제2 입력 렌즈(66b)로부터 소정 거리 이격되도록 석영 로드(72)가 배치될 수 있다. 상기 석영 로드(quarts rod; 72)는 연장된 바(bar) 형태로 배치될 수 있으며, 광의 세기를 균일하게 분포시키는 역할을 할 수 있다. 상기 제2 입력 렌즈(66b)로 입사된 광은 상기 제2 입력 렌즈(66b)를 통과한 후, 상기 석영 로드(72)로 입사될 수 있다.

상기 석영 로드(72)로부터 소정 거리 이격되도록 콘덴서 렌즈(74)가 배치될 수 있다. 이에 따라, 상기 석영 로드(72)를 통과한 광이 상기 콘덴서 렌즈(74)로 입사할 수 있다. 상기 콘데서 렌즈(74)는 광을 집광하여 평행 광으로 변동시키는 역할을 할 수 있다.

상기 콘덴서 렌즈(74)로부터 소정 거리 이격되도록 마스킹 블레이드(76), 제2 반사 거울(68b) 및 콜리메이터 렌즈(collimator lens; 78)가 차례로 배치될 수 있다. 이에 따라, 상기 콘덴서 렌즈(74)로 입사된 광은 상기 콘덴서 렌즈(74)를 통과한 후 상기 마스킹 블레이드(76)로 입사할 수 있다. 상기 마스킹 블레이드(76)로 입사한 광은 상기 마스킹 블레이드(76)를 통과하고, 이어서 상기 제2 반사 거울(68b)에 의해 반사될 수 있다. 상기 제2 반사 거울(68b)에 의해 반사된 광은 상기 콜리메이터 렌즈(78)를 통과할 수 있다.

상기 콜리메이터 렌즈(78)로부터 소정 거리 이격되도록 보조 포토 마스크(44) 및 주 포토 마스크(50)가 배치될 수 있다. 상기 보조 포토 마스크(44) 및 상기 주 포토 마스크(50)는 서로 접촉할 수 있다. 광의 진행 방향으로 상기 보조 포토 마스크(44) 및 상기 주 포토 마스크(50)가 차례로 배치될 수 있으나, 본 발명에 따른 노광 장비는 이에 한정되지 않는다. 예를 들면, 광의 진행 방향으로 주 포토 마스크 및 보조 포토 마스크가 차례로 배치될 수 있다.

상기 보조 포토 마스크(44) 및 상기 주 포토 마스크(50)의 구체적인 구성 요소들은 상술한 바와 같다. 이에 따라, 상기 보조 포토 마스크(44) 및 상기 주 포토 마스크(50)의 구체적인 구성 요소들 및 그 배치 관계에 대한 설명은 하기에서는 생략하기로 한다.

상기 콜리메이터 렌즈(78)를 통과한 광은 상기 보조 포토 마스크(44) 및 상기 주 포토 마스크(50)를 차례로 통과할 수 있다.

상기 주 포토 마스크(50)로부터 소정 거리 이격되도록 투영 광학계(58)가 배치될 수 있다. 이에 따라, 상기 주 포토 마스크(50)를 통과한 광은 상기 투영 광학계(58)로 입사하여 상기 투영 광학계(58)를 통과할 수 있다.

상기 투영 광학계(58)로부터 소정 거리 이격되도록 웨이퍼 척(60)이 배치될 수 있다. 상기 웨이퍼 척(60) 상에 웨이퍼(62)가 배치될 수 있다. 이 경우에, 상기 보조 포토 마스크(44) 또는 상기 주 포토 마스크(50)와 상기 웨이퍼(62)는 콘주게이트 관계를 유지할 수 있다. 상기 웨이퍼 척(60)은 웨이퍼 스테이지(64) 상에 배치될 수 있다. 이에 따라, 상기 투영 광학계(58)를 통과한 광은 상기 웨이퍼(62) 상에 형성되는 포토레지트막으로 조사되어 포토레지스트 패턴을 형성할 수 있다.

도 5를 참조하면, 본 발명에 따른 노광 장비는 광원(40) 및 상기 광원(40)으로부터 소정 거리 이격되도록 입력 렌즈(66)가 배치될 수 있다. 이에 따라, 상기 광원(40)으로부터 조사된 광은 상기 입력 렌즈(66)로 입사하여 상기 입력 렌즈(66)를 통과할 수 있다. 상기 입력 렌즈(66)로부터 소정 거리 이격되도록 제1 반사 거울(68a), ND 필터(70) 및 제1 콘덴서 렌즈(74a)가 차례로 배치될 수 있다. 이에 따라, 상기 입력 렌즈(66)를 통과한 광은 상기 제1 반사 거울(68a)로 입사될 수 있다. 상기 제1 반사 거울(68a)로 입사된 광은 상기 제1 반사 거울(68a)에 의해 반사될 수 있다. 상기 제1 반사 거울(68a)에 의해 반사된 광은 상기 ND 필터(70)로 입사되어 상기 ND 필터(70)를 통과할 수 있다.

상기 ND 필터(70)로부터 소정 거리 이격되도록 제1 콘덴서 렌즈(74a)가 배치될 수 있다. 이에 따라, 상기 ND 필터(70)를 통과한 광은 상기 제1 콘덴서 렌즈(74a)로 입사하여 상기 제1 콘덴서 렌즈(74a)를 통과할 수 있다.

상기 제1 콘덴서 렌즈(74a)로부터 소정 거리 이격되도록 제1 보조 포토 마스크(44a)가 배치될 수 있다. 상기 제1 보조 포토 마스크(44a)의 구체적인 구성 요소들은 상술한 보조 포토 마스크의 구성 요소들과 같다. 이에 따라, 상기 제1 보조 포토 마스크(44a)의 구체적인 구성 요소들 및 그 역할에 대한 설명은 생략하기로 한다. 상기 제1 콘덴서 렌즈(74a)를 통과한 광은 상기 제1 보조 포토 마스크(44a)로 입사하여 상기 제1 보조 포토 마스크(44a)를 통과할 수 있다.

상기 제1 보조 포토 마스크(44a)로부터 소정 거리 이격되도록 제1 광학 렌즈(first optical lens; 80a)가 배치될 수 있다. 이에 따라, 상기 제1 보조 포토 마스크(44a)를 통과한 광은 상기 제1 광학 렌즈(80a)로 입사하여 상기 제1 광학 렌즈(80a)를 통과할 수 있다. 상기 제1 광학 렌즈(80a)는 상기 제1 보조 포토 마스크(44a)를 통과한 광을 집광하여 평행 광선으로 변경시킬 수 있다.

상기 제1 광학 렌즈(80a)로부터 소정 거리 이격되도록 제2 광학 렌즈(80b)가 배치될 수 있다. 이에 더하여, 상기 제2 광학 렌즈(80b)로부터 소정 거리 이격되도록 제2 보조 포토 마스크(44b)가 배치될 수 있다. 이 경우에, 상기 제1 및 제2 보조 포토 마스크들(44a,44b)은 실질적으로 서로 콘주게이트 관계를 유지할 수 있다. 상기 제1 광학 렌즈(80a)를 통과한 광은 상

기 제2 광학 렌즈(80b)로 입사하여 상기 제2 광학 렌즈(80b)를 통과할 수 있다. 계속하여, 상기 제2 광학 렌즈(80b)를 통과한 광은 상기 제2 보조 포토 마스크(44b)로 입사하여 상기 제2 보조 포토 마스크(44b)를 통과할 수 있다. 이 경우에, 상기 제2 광학 렌즈(80b)는 상기 제1 광학 렌즈(80a)를 통과한 광을 집광하여 상기 제2 보조 포토 마스크(44b)로 포커싱하는 역할을 할 수 있다. 상기 제2 보조 포토 마스크(44b)의 구체적인 구성 요소들은 상술한 보조 포토 마스크의 구성 요소들과 같다. 이에 따라, 상기 제2 보조 포토 마스크(44b)의 구체적인 구성 요소들 및 그 역할에 대한 설명은 생략하기로 한다.

상기 제2 보조 포토 마스크(44b)로부터 소정 거리 이격되도록 제2 콘덴서 렌즈(74b)가 배치될 수 있다. 이에 더하여, 상기 제2 콘덴서 렌즈(74b)로부터 소정 거리 이격되도록 마스킹 블레이드(76), 제2 반사 거울(68b) 및 콜리메이터 렌즈(78)가 차례로 배치될 수 있다. 이에 따라, 상기 제2 보조 포토 마스크(44b)를 통과한 광은 상기 제2 콘덴서 렌즈(74b) 및 상기 마스킹 블레이드(76)를 차례로 통과할 수 있다. 계속하여, 상기 마스킹 블레이드(76)를 통과한 광은 상기 제2 반사 거울(68b)에 의해 반사된 후에 상기 콜리메이터 렌즈(78)를 통과할 수 있다.

상기 콜리메이터 렌즈(78)로부터 소정 거리 이격되도록 주 포토 마스크(50)가 배치될 수 있다. 이에 따라, 상기 콜리메이터 렌즈(78)를 통과한 광은 상기 주 포토 마스크(50)로 입사되어 상기 주 포토 마스크(50)를 통과할 수 있다. 이 경우에, 상기 주 포토 마스크(50)는 상기 제1 및 제2 보조 포토 마스크들(44a,44b)과 실질적으로 콘주게이트 관계를 유지할 수 있다. 상기 주 포토 마스크(50)에 대한 구체적인 구성 요소들 및 그 역할들은 상술한 바와 같기 때문에 이하에서는 생략하기로 한다.

한편, 상기 주 포토 마스크(50)와 실질적으로 콘주게이트 관계를 유지하는 제3 보조 포토 마스크(미도시)가 상기 광원(40)과 상기 입력 렌즈(66) 사이에 배치될 수도 있다.

상기 주 포토 마스크(50)로부터 소정 거리 이격되도록 투영 광학계(58)가 배치될 수 있다. 이에 더하여, 상기 투영 광학계(58)로부터 소정 거리 이격되도록 웨이퍼 척(60)이 배치될 수 있다. 상기 웨이퍼 척(60) 상에 웨이퍼(62)가 배치될 수 있다. 이 경우에, 상기 제1 및 제2 보조 포토 마스크들(44a,44b) 또는 상기 주 포토 마스크(50)와 상기 웨이퍼(62)는 실질적으로 콘주게이트 관계를 유지할 수 있다. 상기 웨이퍼 척(60)은 웨이퍼 스테이지(64) 상에 배치될 수 있다. 이에 따라, 상기 주 포토 마스크(50)를 통과한 광은 상기 투영 광학계(58)로 입사하여 상기 투영 광학계(58)를 통과할 수 있다. 상기 투영 광학계(58)를 통과한 광은 상기 웨이퍼(62) 상에 형성되는 포토레지트막으로 조사되어 포토레지스트 패턴을 형성할 수 있다. 즉, 상기 주 포토 마스크(50) 상에 형성되는 노광 패턴들의 형상이 상기 웨이퍼 상의 포토레지스트막에 전사되어 포토레지스트 패턴을 형성할 수 있다.

상기에서는 보조 포토 마스크 및 주 포토 마스크를 포함하는 투과형 포토 마스크를 설명하였다. 하기에서는 반사형 포토 마스크를 설명하기로 한다.

이하, 본 발명의 다른 실시예에 따른 노광 장비를 설명한다,

도 6을 참조하면, 본 발명에 따른 노광 장비는 광원(100)과 상기 광원(100)으로부터 소정 거리 이격되도록 광학계(102)가 배치된다. 상기 광원(100)은 극자외선(extreme ultraviolet; EUV)일 수 있다. 상기 EUV는 3nm 내지 50nm 범위의 짧은 파장의 전자기파이다. 해상도를 향상시키기 위하여, 상기 EUV 같은 짧은 파장을 갖는 광원은 0.25 마이크로 메터 이하의 디자인 룰을 갖는 고집적 회로 패턴의 노광 공정의 광원으로 채택한다. 상기 EUV 등의 짧은 파장을 갖는 광원은 광 흡수도가 매우 크다. 상기 매우 큰 광 흡수도가 투과형의 포토 마스크를 채택하는 노광 공정에 EUV를 광원으로 사용하는 것을 어렵게 한다. 이에 따라, 상기 EUV 광원을 사용하는 광학계는 반사형의 포토 마스크를 채택한다.

상기 광학계(102)는 다양한 목적의 광 렌즈들 및 스펙트럴 퓨리티 필터(spectral purity filter) 등을 구비할 수 있다. 이에 따라, 상기 광원(100)으로부터 조사된 광은 상기 광학계(102)로 입사되어 상기 광 렌즈들 및 상기 스펙트럴 퓨리티 필터 등을 통과할 수 있다.

상기 광학계(102)로부터 소정 거리 이격되도록 보조 포토 마스크(104)가 배치된다. 이 경우에, 상기 광원(100)과 상기 보조 포토 마스크(104)는 서로 콘주게이트 관계를 유지하도록 배치될 수 있다.

상기 광학계(102)와 상기 보조 포토 마스크(104) 사이에 다수개의 반사 거울들(M1,M2,M3)이 배치될 수 있다. 이에 따라, 상기 광학계(102)를 통과한 광은 상기 반사 거울들(M1,M2,M3)에 의해 반사되어 상기 보조 포토 마스크(104)로 입사될 수 있다.

상기 보조 포토 마스크(104)는 기판(106) 및 상기 기판(106) 상에 배치되는 반사층(108)을 구비할 수 있다. 상기 보조 포토 마스크(104)는 상기 반사층(108) 상에 배치되는 투명층(110a) 및 반투명층(110b)을 구비한다. 이에 따라, 상기 보조 포토 마스크(104)로 입사된 광은 상기 투명층(110a) 또는 상기 반투명층(110b)을 통과하여 상기 반사층(108)에 도달한다. 상기 반사층(108)에 도달한 광은 상기 반사층(108)에 의해 반사되어 상기 투명층(110a) 또는 상기 반투명층(110b)을 통과한다.

상기 투명층(110a) 및 상기 반투명층(110b)은 서로 다른 광 투과율을 갖는다. 이에 따라, 상기 투명층(110a)을 통과한 광의 강도(intensity)와 상기 반투명층(110b)을 통과한 광의 강도가 서로 다르게 나타날 수 있다. 예를 들면, 상기 투명층(110a)을 통과한 광의 강도가 상기 반투명층(110b)을 통과한 광의 강도 보다 클 수 있다.

상기 기판(106)은 실리콘일 수 있다. 상기 반사층(108)은 몰리브데늄층 및 실리콘층이 번갈아 가면서 반복적으로(alternately and repeatedly) 적층된 다층 구조이거나 몰리브데늄층 및 베릴리움층(beryllium)이 번갈아 가면서 반복적으로 적층된 다층 구조일 수 있다.

상기 투명층(110a)은 투명한 석영일 수 있다. 상기 반투명층(110b)은 몰리브데늄 실리사이드일 수 있다. 상기 반투명층(110b)이 상기 몰리브데늄 실리사이드층인 경우에, 상기 몰리브데늄 실리사이드층의 두께를 변동시켜 상기 반투명층(110b)을 통과하는 광의 투과량을 조절할 수 있다.

또한, 상기 반투명층(110b)은 위상 반전층일 수도 있다. 즉, 상기 반투명층(110b)은 몰리브데늄 실리사이드층 및 상기 몰리브데늄 실리사이드층 상에 배치되는 크롬층 패턴들일 수 있다. 이 경우에, 상기 크롬층 패턴들은 차광막 역할을 할 수 있다. 상기 위상 반전층은 통상적으로 약 8%의 광 투과율 및 180도의 위상 반전을 위해 설계될 수도 있으나, 본 발명은 이 범주에 한정되지 않는다. 예를 들면, 상기 몰리브데늄 실리사이드층의 두께 및 상기 크롬층 패턴들의 간격을 변경하여 위상 반전층을 설계함으로써 위상 반전층을 통과하는 광의 투과율 및 위상 변경을 조절할 수 있다.

이에 더하여, 상기 반투명층(110b)은 결정 결함 층일 수도 있다. 예를 들면, 레이저를 사용하여 석영 기판 내에 결정 결함층을 제공할 수 있다. 이에 따라, 상기 결정 결함층을 갖는 석영 기판으로 입사하는 광이 상기 결정 결함층에 의해 산란됨으로써 광 투과율이 조절될 수 있다. 이에 더하여, 몰리브데늄 실리사이드층 내에 결정 결함층을 제공할 수도 있다. 다른 방법으로서(alternatively), 상기 석영 기판 내에 불순물들을 도핑함으로써 상기 반투명층(110b)을 제공할 수도 있다.

다른 방법으로서, 상기 반투명층(110b)은 석영 기판 상에 크롬층을 증착하여 형성할 수도 있다.

또 다른 방법으로서, 상기 반투명층(110b) 상에 차광 페이트(opaque paint) 같은 광 흡수 코팅층을 형성할 수도 있다.

상기 보조 포토 마스크(104)는 투명층(110a) 및 반투명층(110b)만을 구비하였으나, 본 발명에 따른 보조 포토 마스크는 상기 복수개의 층들에 한정되지 않는다. 예를 들면, 상기 반투명층은 반투명의 정도를 달리하는 다수개의 층들이 연속적으로 정렬될 수도 있다.

상기 보조 포토 마스크(104)로부터 소정 거리 이격되도록 주 포토 마스크(114)가 배치된다. 상기 보조 포토 마스크(104)와 상기 주 포토 마스크(114)는 콘주게이트 관계를 유지한다.

상기 보조 포토 마스크(104)와 상기 주 포토 마스크(114)가 콘주게이트 관계를 유지하도록 상기 보조 포토 마스크(104) 또는 상기 주 포토 마스크(114)를 이동시켜 정렬할 수도 있다.

또한, 스캔 타입의 노광 장비의 경우에, 상기 보조 포토 마스크(104)와 상기 주 포토 마스크(114)를 정렬시키기 위한 동기 마진(synchronization margin)을 향상시키기 위하여 상기 주 포토 마스크에 비해 상기 보조 포토 마스크를 확대(magnified)해서 제작하거나 배치할 수도 있다.

한편, 보조 포토 마스크와 주 포토 마스크는 서로 대향되도록 배치될 수 있다. 이 경우에, 상기 주 포토 마스크로부터 반사된 광의 경로 상에 상기 보조 포토 마스크가 배치될 수 있다. 즉, 상기 보조 포토 마스크가 상기 주 포토 마스크로부터 반사된 광의 진행을 방해할 수 있다. 이러한 현상을 방지하기 위하여, 상기 보조 포토 마스크를 상기 주 포토 마스크로부터 먼 위치에 배치한다. 상기 주 포토 마스크로부터 먼 위치에 상기 보조 포토 마스크를 배치하는 경우에 상기 보조 포토 마스크로부터 상기 주 포토 마스크로 입사하는 광의 분산 현상 또는 회절 현상이 노광 공정의 광 투과율 조절을 어렵게 하는 문제점들을 발생할 수 있다.

이러한 문제점들을 방지하기 위하여, 상기 보조 포토 마스크(104)와 상기 주 포토 마스크(114) 사이에 반사 거울(M4)이 배치될 수 있다. 이에 따라, 상기 보조 포토 마스크(104)를 통과한 광은 상기 반사거울(M4)에 의해 반사되어 상기 주 포토 마스크(114)로 입사될 수 있다. 그 결과, 상기 반사 거울(M4)을 기준할 때 상기 보조 포토 마스크(104)와 상기 주 포토 마스크(114)가 동일 방향에 배치되기 때문에, 상기 주 포토 마스크(114)로부터 반사된 광의 경로 상에 상기 보조 포토 마스크(104)가 배치되는 것을 방지할 수 있다.

또한, 상기 보조 포토 마스크(104)와 상기 주 포토 마스크(114)가 서로 콘주게이트 관계를 유지하도록 상기 반사 거울(M4)을 사용할 수도 있다. 이에 더하여, 상기 보조 포토 마스크(104)와 상기 주 포토 마스크(114), 그리고 상기 반사 거울(M4)이 콘주게이트 관계를 유지하도록 배치할 수도 있다.

다른 방법로서(alternatively), 상기 보조 포토 마스크와 상기 주 포토 마스크가 서로 대향되게 배치되고, 이들 사이에 상기 반사 거울(M4)이 배치되지 않는 경우에, 적절한 초점 거리를 갖는 반사 거울들(M3,M5)을 상기 보조 포토 마스크 및 상기 주 포토 마스크의 양측에 배치함으로써 상기 문제점들을 해소할 수도 있다.

상기 주 포토 마스크(114)는 기판(116) 및 상기 기판(116) 상에 배치되는 반사층(118)을 구비할 수 있다. 상기 기판(116)은 실리콘일 수 있다. 상기 반사층(118)은 몰리브데늄층 및 실리콘층이 번갈아 가면서 반복적으로(alternately and repeatedly) 적층된 다층 구조이거나 몰리브데늄층 및 베릴리움층(beryllium)이 번갈아 가면서 반복적으로 적층된 다층 구조일 수 있다. 상기 주 포토 마스크(114)는 노광 패턴을 구비할 수 있다. 예를 들면, 상기 반사층(118) 상에 흡광막 패턴들(119)이 형성될 수 있다. 상기 흡광막 패턴들(119)은 차광 페인트 같은 광흡수 코팅층 패턴들로 형성될 수 있다. 이에 따라, 상기 주 포토 마스크(114)로 입사되는 광은 상기 흡광막 패턴들(119)에 의해 흡수되거나 상기 반사층(118)에 의해 반사될 수 있다.

상기 흡광막 패턴들(119)은 고밀도 흡광막 패턴 영역(120a) 및 저밀도 흡광막 패턴 영역(120b)으로 분리되어 배치된다. 상기 흡광막 패턴들의 폭들이 동일한 경우에, 상기 고밀도 흡광막 패턴 영역(120a) 내의 흡광막 패턴들의 간격은 상기 저밀도 흡광막 패턴 영역(120b) 내의 흡광막 패턴들의 간격에 비해 상대적으로 작다. 즉, 노광 패턴의 임계 치수의 변화가 발생할 수 있다. 이에 따라, 상기 고밀도 흡광막 패턴 영역(120a)을 통해 반사된 광의 강도와 상기 저밀도 흡광막 패턴 영역(120b)을 통해 반사된 광의 강도가 서로 다를 수 있다. 예를 들면, 상기 고밀도 흡광막 패턴 영역(120a)을 통해 반사된 광의 강도가 상기 저밀도 흡광막 패턴 영역(120b)을 통해 반사된 광의 강도에 비해 상대적으로 작을 수 있다. 즉, 상기 흡광막 패턴들의 정렬 밀도에 따라 상기 주 포토 마스크(114)로부터 반사되는 광의 반사량이 다르게 나타날 수 있다.

상기 주 포토 마스크(114)로부터 반사되는 광의 반사량을 균일하게 조절하기 위하여, 상기 보조 포토 마스크(104)의 상기 투명층(110a)은 상기 주 포토 마스크(114)의 상기 고밀도 흡광막 패턴 영역(120a)에 대응하도록 배치될 수 있다. 이와 마찬가지로, 상기 보조 포토 마스크(104)의 상기 반투명층(110b)은 상기 주 포토 마스크(114)의 상기 저밀도 흡광막 패턴 영역(120b)에 대응하도록 배치될 수 있다. 그 결과, 상기 보조 포토 마스크(104)로부터 반사되어 상기 주 포토 마스크(114)로 입사된 후, 상기 주 포토 마스크(114)로부터 반사되는 광의 반사량은 균일할 수 있다.

상기 주 포토 마스크(114)로부터 반사되는 광의 균일도를 최적화하기 위하여, 상기 보조 포토 마스크(104)를 배치하지 아니하고 상기 투명층(110a) 및 상기 반투명층(110b)을 상기 주 포토 마스크(114) 상에 형성할 수도 있다.

한편, 상기 보조 포토 마스크(104) 및 상기 주 포토 마스크(114)는 이동 가능하도록 배치될 수 있다. 이에 따라, 상기 주 포토 마스크(114)로부터 반사된 광의 반사량의 균일도를 최적화하기 위하여 상기 보조 포토 마스크(104) 또는 상기 주 포토 마스크(114)를 이동할 수 있다.

상기 주 포토 마스크(114)로부터 소정 거리 이격되도록 웨이퍼 척(122)이 배치될 수 있다. 상기 웨이퍼 척(122) 상에 웨이퍼(124)가 배치될 수 있다. 상기 웨이퍼(124)와 상기 주 포토 마스크(114)는 콘주게이트 관계를 유지할 수 있다. 그 결과, 상기 보조 포토 마스크(104), 상기 주 포토 마스크(114) 및 상기 웨이퍼(124)는 서로 콘주게이트 관계를 유지할 수 있다. 상기 웨이퍼 척(122)은 웨이퍼 스테이지(126) 상에 배치될 수 있다. 상기 웨이퍼 스테이지(126)는 수평 또는 수직이동 가능하도록 배치될 수 있다. 이에 따라, 상기 웨이퍼 스테이지(126)를 이동함으로써 상기 웨이퍼와 상기 주 포토 마스크가 콘주게이트 관계를 유지하도록 상기 웨이퍼를 로딩할 수 있다.

상기 주 포토 마스크(114)와 상기 웨이퍼 척(122) 사이에 다수개의 반사 거울들(M5,M6,M7,M8)이 배치될 수 있다. 이에 따라, 상기 주 포토 마스크(114)로부터 반사된 광이 상기 반사 거울들(M5,M6,M7,M8)을 통해 반사된 후에 상기 웨이퍼 척(122)에 입사할 수 있다.

상기 보조 포토 마스크는 상기 광원과 상기 주 포토 마스크(114) 사이에 배치되었으나, 본 발명에 따른 노광 장비의 보조 포토 마스크는 이에 한정되지 않는다. 예를 들면, 본 발명에 따른 노광 장비의 보조 포토 마스크는 상기 주 포토 마스크와 상기 웨이퍼 척 사이에서 상기 주 포토 마스크와 콘주게이트 관계를 유지하도록 배치될 수도 있다.

상기 보조 포토 마스크는 상기 주 포토 마스크의 흡광막 패턴의 밀도에 대응하여 배치하였으나, 상기 주 포토 마스크의 노광 패턴의 제작 오차에 대응하여 상기 보조 포토 마스크를 배치할 수도 있다. 예를 들면, 제작 오차를 갖는 주 포토 마스크의 노광 패턴에 대응하도록 보조 포토 마스크의 반투명층을 배치할 수도 있다.

발명의 효과

상술한 바와 같이 구성되는 본 발명은, 주 포토 마스크와 실질적으로 콘주게이트 관계를 유지하는 위치에 배치되고 상기 주 포토 마스크의 노광 패턴의 CD 변화량에 대응하는 보조 포토 마스크를 구비함으로써 광 투과율의 균일성을 향상시킬 수 있다.

도면의 간단한 설명

도 1은 종래의 투과형 포토 마스크를 구비한 노광장비를 설명하기 위한 개략적인 구성도이다.

도 2는 종래의 반사형 포토 마스크를 구비한 노광장비를 설명하기 위한 개략적인 구성도이다.

도 3은 본 발명의 일 실시예에 따른 노광 장비를 설명하기 위한 개략적인 구성도이다.

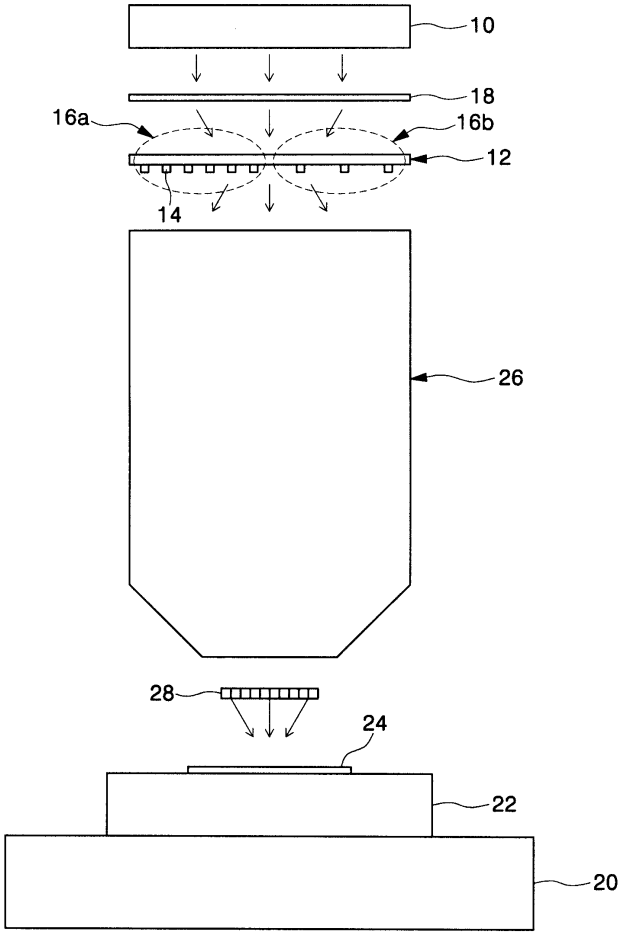
도 4는 본 발명의 다른 실시예에 따른 노광 장비를 설명하기 위한 개략적인 구성도이다.

도 5는 본 발명의 또 다른 실시예에 따른 노광 장비를 설명하기 위한 개략적인 구성도이다.

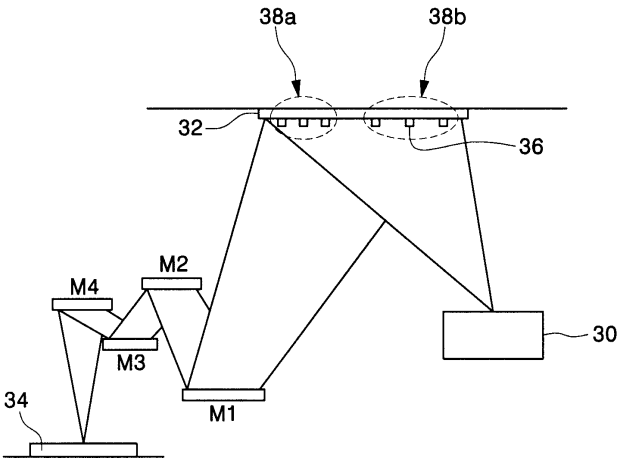
도 6은 본 발명의 또 다른 실시예에 따른 노광 장비를 설명하기 위한 개략적인 구성도이다.

도면

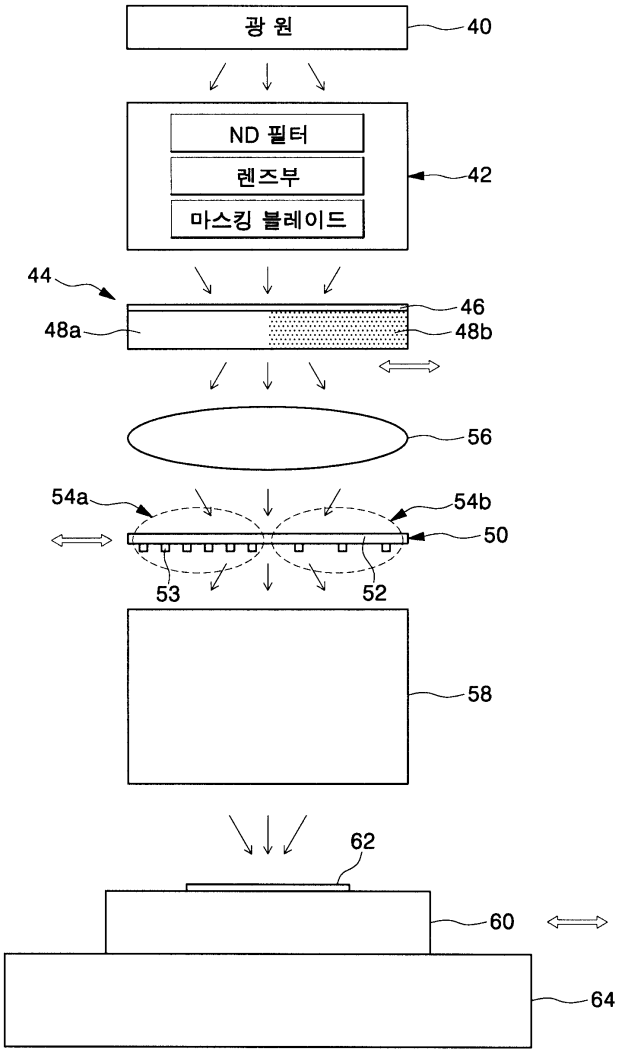
도면1



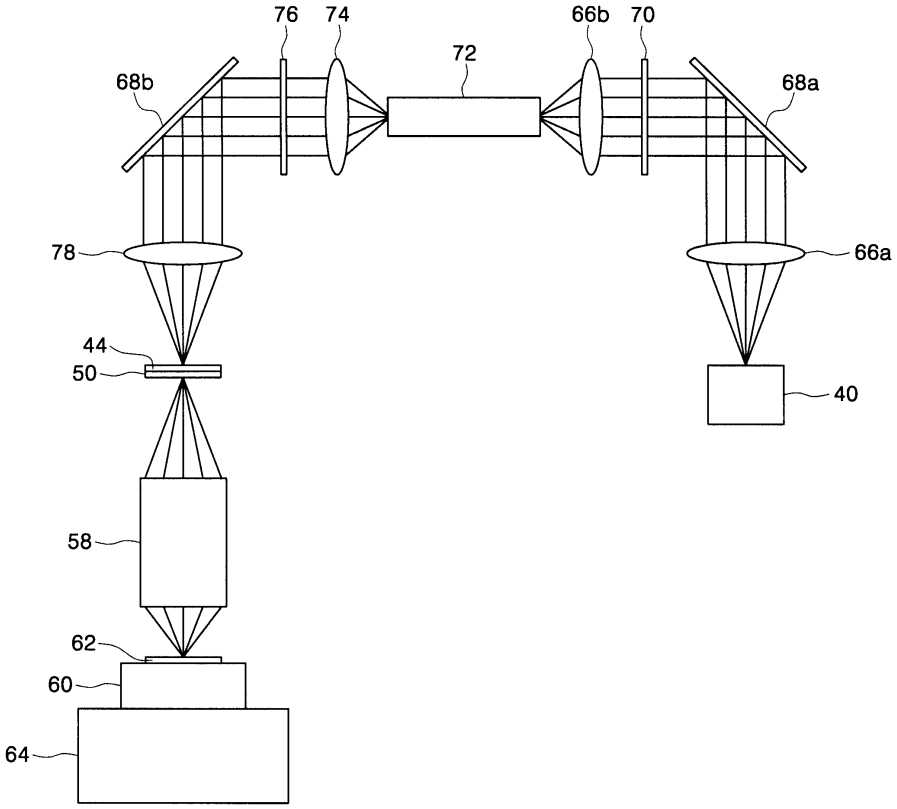
도면2



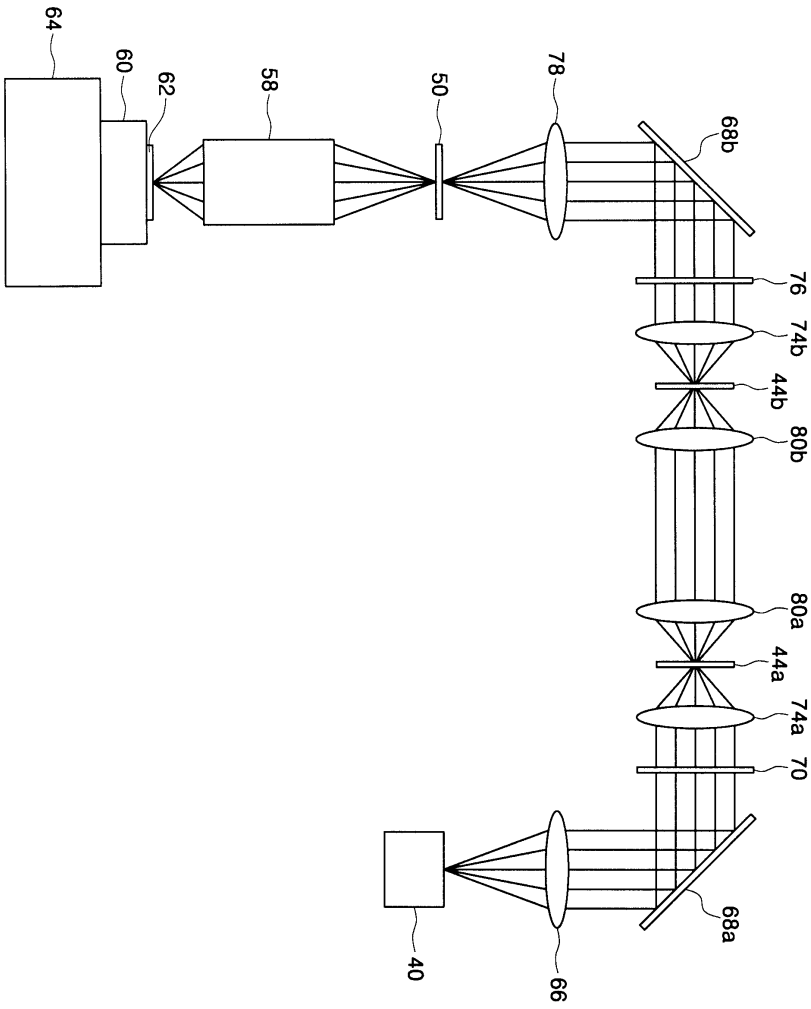
도면3


광 원
40
ND 필터
렌즈부
마스킹 블레이드
42
44
46
48a
48b
56
54a
54b
50
53
52
58
62
60
64

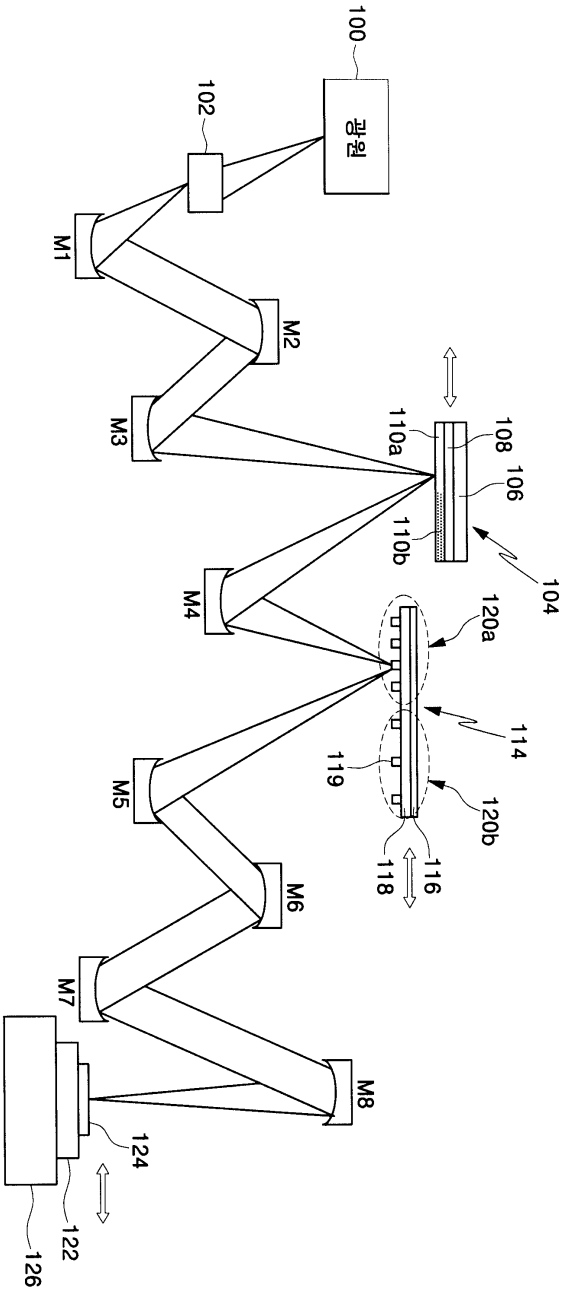
도면4



도면5



도면6


100
광원
102
M1
M2
M3
110a
108
106
110b
104
M4
120a
114
119
120b
M5
118
116
M6
M7
M8
124
122
126