

(19)대한민국특허청(KR)  
(12) 등록특허공보(B1)

(51) Int. Cl.<sup>8</sup> (45) 공고일자 2006년01월23일  
H01L 21/027 (2006.01) (11) 등록번호 10-0544784

(24) 등록일자 2006년01월12일

(21) 출원번호 10-2003-0078593

(65) 공개번호 10-2004-0041055

(22) 출원일자 2003년11월07일

(43) 공개일자 2004년05월13일

(30) 우선권주장 JP-P-2002-00325352 2002년11월08일 일본(JP)

(73) 특허권자 캐논 가부시끼가이샤  
일본 도쿄도 오오따꾸 시모마루쵸 3쵸메 30방 2고

(72) 발명자 스즈키 마사유키  
일본국토치켄우즈노미야시이마이즈미초1571-301

(74) 대리인 신중훈  
임옥순

심사관 : 정현수

(54) 투영광학계, 노광 장치 및 디바이스의 제조방법

요약

10mm 보다 크고 20mm보다 작은 파장을 가지는 극 자외선(EUV)으로 특별하게 이용되는 투영광학계를 개시한다. 상기 투영광학계는 물체 측으로부터 상측으로 향하는 순서로 순차적으로 반사하는 미러(mirror)를 6개 가지고 있으며, 또한 공축계를 형성하기 위해 배치되어 있는 투영광학계로서, 상기 각 6개의 미러는 곡률반경이 1500mm이하인 것을 특징으로 한다.

대표도

도 1

명세서

도면의 간단한 설명

도 1은 본 발명의 제 1 실시예에 의한 광학계의 개략도.

도 2는 본 발명의 제 2 실시예에 의한 광학계의 개략도.

도 3은 본 발명의 제 3 실시예에 의한 광학계의 개략도.

도 4는 본 발명의 실시예에 의한 노광장치의 개략도.

도 5는 반도체디바이스의 제조 공정을 설명하는 흐름도.

도 6은 도 5의 흐름도의 순서 중에서 웨이퍼 공정의 상세를 설명하는 흐름도.

<간단한 도면부호에 대한 설명>

M1: 제 1미러(오목거울) M2: 제 2미러(오목거울)

M3: 제 3미러(볼록거울) M4: 제 4미러(오목거울)

M5: 제 5미러(볼록거울) M6: 제 6미러(오목거울)

MS: 마스크(물체면) W: 웨이퍼(상면)

AX: 광학계의 광축

## 발명의 상세한 설명

### 발명의 목적

#### 발명이 속하는 기술 및 그 분야의 종래기술

본 발명은, 극 자외선(EUV: extreme ultraviolet)광을 이용하여 레티클의 패턴을 축소하여 투영하는 투영광학계에 관한 것이다. 보다 상세하게는, 예를 들면, 대략 6매의 복수의 미러를 사용하여 축소 투영하는 투영광학계에 관한 것이다.

대략 6매의 미러의 사용에 의해 축소 투영하는 투영광학계는, 예를 들면, 미국특허 제 5,686,728호 공보, 미국특허 제 6,172,825호 공보(일본국 공개특허 2000-100694호 공보), 또는 미국특허 제 6,353,470호 공보(일본국 공개 특허 2000-235144호 공보)에 개시되어 있다.

#### 발명이 이루고자 하는 기술적 과제

그러나, 이들 공보에 개시된 투영 광학 계에서는, 1매 이상의 미러(대부분의 경우, 레티클 측으로부터 순서로 제 1 또는 제 2미러)는 곡률 반경의 절대값이 예를 들면 1600mm 이상의 큰 값을 갖는다. 사실, 레티클 측으로부터 순서대로 2번째의 미러가 레티클에 가장 가까운 미러인 이들 투영광학계의 예에 있어서는, 1매 이상 미러의 곡률 반경의 절대값이 예를 들면 2000mm 이상의 매우 큰 값을 갖는다.

미러의 곡률 반경이 큰 경우, 이 미러의 반사면(비구면)의 곡률 반경이나 형상 측정을 필요로 하는 간섭계 등의 측정장치의 규모가 너무 대형화된다. 예를 들면, 곡률 반경이 2000mm인 오목거울의 면 형상을 간섭계의 사용에 의해 측정하기 위해서는, 측정 빔의 집광 위치로부터 2000mm 이상 떨어진 위치에 오목거울을 배치해야만 한다.

이러한 간섭계에서는, 피 측정면인 미러의 반사면과 참조면 간의 거리가 2000mm 이상이므로, 측정은 공기 등 분위기의 굴절율의 변동에 의해 영향을 받기 쉽다. 또한, 사용된 간섭계의 타입에도 좌우되지만, 간섭성 길이의 관계에 기인하여 간섭 줄무늬의 가시성이 저하한다. 따라서, 미러의 곡률 반경이나 면형상의 측정정밀도가 매우 저하된다.

상기와 같이, 종래의 투영광학계에서는, 1매 이상의 미러의 면형상의 측정정밀도가 저하되고, 따라서 미러의 면형상의 정도가 저하되는 문제가 있다. 이 때문에, 투영광학계의 결상성능을 용이하게 향상시킬 수 없다.

### 발명의 구성 및 작용

따라서, 본 발명은, 상기 문제점을 해결하거나 또는 저감하는 투영광학계를 제공하는데 목적이 있다.

본 발명의 1측면에 의하면, 레티클 패턴을 축소 투영하는 투영광학계로서, 오목형상의 면을 가진 제 1미러와; 오목형상의 면을 가진 제 2미러와; 볼록형상의 면을 가진 제 3미러와; 오목형상의 면을 가진 제 4미러와; 볼록형상의 면을 가진 제 5미

러와; 오목형상의 면을 가진 제 6미러를 포함하고, 상기 제 1미러 내지 제 6미러는 레티클 측으로부터 광로를 따라서 지명된 순서대로 배치되어 있고, 또한 6개의 미러는 각각 곡률반경의 절대값이 1500mm 이하인 것을 특징으로 하는 투영광학계를 제공한다.

본 발명의 이 측면의 하나의 바람직한 형식에서, 투영광학계는 상기 제 2미러에 인접하여 배치된 개구조리개를 추가하여 포함한다.

상기 6개의 미러 중에서, 상기 제 2미러는 곡률 반경의 최대절대값을 가지는 것을 특징으로 한다.

상기 6개의 미러 중에서, 상기 제 1미러는 곡률 반경의 최대절대값을 가지는 것을 특징으로 한다.

상기 6개의 미러 중에서, 상기 제 2미러는 레티클에 가장 근접하여 배치되는 것을 특징으로 한다.

상기 6개의 미러 중에서, 400mm 이상의 유효직경을 가지는 미러 또는 각각의 미러는 곡률 반경의 절대값이 1000mm 이하인 것을 특징으로 한다.

상기 6 개의 각각의 미러는 비구면 형상의 반사면을 가지는 것을 특징으로 한다.

상기 6개의 미러 중의 5개의 미러는 곡률 반경의 절대값이 1300mm 이하인 것을 특징으로 한다.

상기 6개의 미러 중의 5개의 미러는 곡률 반경의 절대값이 1250mm 이하인 것을 특징으로 한다.

상기 6개의 미러 중의 4개의 미러는 곡률 반경의 절대값이 700mm 이하인 것을 특징으로 한다.

상기 6개의 미러 중의 4개의 미러는 곡률 반경의 절대값이 630mm 이하인 것을 특징으로 한다.

상기 제 1미러는  $50 < k_1 < 150$ 의 관계를 만족시키는 원추 계수(conic coefficient) $k_1$ 을 가지는 것을 특징으로 한다.

상기 제 1미러는  $80 < k_1 < 130$ 의 관계를 만족시키는 원추 계수  $k_1$ 을 가지는 것을 특징으로 한다.

상기 제 5미러는  $5 < k_5 < 20$ 의 관계를 만족시키는 원추 계수  $k_5$ 을 가지는 것을 특징으로 한다.

상기 제 5미러는  $7.5 < k_5 < 12$ 의 관계를 만족시키는 원추 계수  $k_5$ 을 가지는 것을 특징으로 한다.

상기 투영광학계는, 극 자외선 광의 사용에 의해 레티클의 패턴을 축소 투영하는 것을 특징으로 한다.

상기 투영광학계는, 상기 제 1미러, 제 2미러, 제 3미러, 제 4미러, 제 5미러, 제 6미러로만 구성되는 것을 특징으로 한다.

본 발명의 다른 측면에 의하면, 상기 기재된 레티클의 패턴을 축소 투영하는 투영광학계와; 상기 레티클을 극 자외선 광으로 조명하는 조명광학계를 포함하는 것을 특징으로 하는 노광장치를 제공한다.

본 발명의 이 측면의 하나의 바람직한 형식에서, 상기 투영광학계는, 제 1미러, 제 2미러, 제 3미러, 제 4미러, 제 5미러 및 제 6미러로만 구성되고, 또한 레티클로부터의 극 자외선광은 이들 6개의 미러에 의해 피노광 기관으로 향하게 되는 것을 특징으로 한다.

본 발명의 또 다른 측면에 의하면, 상기 기재된 노광 장치를 사용하여 디바이스 패턴을 기관에 노광하는 단계와; 상기 노광된 기관을 현상하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 디바이스의 제조방법을 제공한다.

본 발명의 이들 목적과 기타 목적, 특징 및 이점은 첨부된 도면과 관련하여 주어진 본 발명의 바람직한 실시예의 다음 설명을 고려하면 한층 더 자명해진다.

#### <바람직한 실시예의 설명>

본 발명의 바람직한 실시예를 첨부 도면을 참조하면서 설명한다.

본 발명의 실시예에 의한 투영광학계는, 설계 파장 13.5nm, 축소 배율을 가지고, 또한 물체면측(레티클 측)으로부터 광을 반사하는 차례로, 오목거울(미러 M1), 오목거울(미러 M2), 볼록거울(미러 M3), 오목거울(미러 M4), 볼록거울(미러 M5) 및 오목거울(미러 M6)을 포함하는 6매 미러의 기본 구성을 가진다. 이들 6매의 미러 각각의 곡률 반경의 절대값이 1500mm 이하이다.

따라서, 본 실시예에 의하면, 10nm이상 20nm이하의 파장을 가진 EUV 광의 이용의 의해 레티클의 패턴을 축소 투영하는 투영광학계로서, 오목면 형상의 제 1미러(M1), 오목면 형상의 제 2미러 (M2), 볼록면 형상의 제 3미러(M3), 오목면 형상의 제 4미러(M4), 볼록면 형상의 제 5미러(M5) 및 오목면 형상의 제 6미러(M6)의 지명된 차례로 광을 반사하도록 6매의 미러가 배치되고, 또한 상기 6매의 미러의 각각의 곡률 반경의 절대값이 1500mm이하이다. 그 결과, 미러의 곡률반경 이 나 또는 미러의 반사면의 면형상을 측정하기 위해 사용되는 측정장치(간섭계)를 콤팩트하게 할 수 있다. 부가적으로, 6매의 미러의 면형상에 대한 측정정밀도가 매우 양호하게 되고, 따라서 미러 면형상의 정밀도가 현저하게 향상될 수 있다. 따라서, 투영광학계의 결상성능이 현저하게 향상된다. 곡률 반경의 절대값이 1500mm를 초과하는 거울이 있는 경우에, 이러한 미러의 면 형상에 대한 측정 정밀도는 열화되고, 이에 의해 미러의 면형상 정밀도가 악화된다. 따라서, 상기 투영광학계의 결상 성능의 향상은 매우 어렵다.

바람직하게는, 6개의 미러 중의 5개의 미러는 곡률 반경의 절대값이 1300mm 이하이고, 보다 바람직하게는 1250mm 이하이다. 또한, 6개의 미러 중의 4개의 미러는 곡률반경의 절대값이 700mm 이하인 것이 바람직하고, 곡률반경의 절대값이 630mm 이하인 것이 보다 바람직하다. 본 실시예의 투영광학계에 의하면, M1로부터 M4까지의 4매의 미러를 배치하여 상 평면(웨이퍼상)에 M5와 M6의 2매의 미러에 의해 차례로 재결상 되는 중간상을 결상한다.

본 실시예에 의한 투영광학계는, 상기 6매의 미러 중에서 유효 직경이 400mm를 초과하는 미러의 곡률 반경의 절대값은 1000mm 이하이다. 이하 설명될 실시예 1 내지 실시예 3에서, 미러(M4)는 400mm를 초과하는 미러이다. 그러나, 1개 이상의 기타 미러가 400mm를 초과하는 크기를 가질수도 있다.

6개의 미러중의 적어도 하나의 미러는 비구면 형상의 반사면을 가져도 된다. 수차보정의 견지로부터 볼 때, 가능한 한 많은 미러의 반사면을 비구면으로 하는 것이 바람직하다. 6매의 미러의 반사면을 모두 비구면으로 하는 것이 가장 바람직하다.

본 실시예의 투영광학계는, 기본 적으로 단일의 광학축에 대해서 축방향 대칭인 공축 광학계를 포함하고, 또한 광학축을 중심으로 한 링형상의(영역) 상면의 관점에서 수차가 보정된다. 그러나, 수차보정 또는 조정에 대해서는, 6매의 미러 중에서 적어도 1매가 약간의 편심으로 배치되어도 된다.

본 실시예의 투영광학계에서, 미러(M2)는 물체면에 가장 근접하여 배치된 미러이다. 이에 의해 미러(M4)의 직경을 비교적 작게 하는 것이 효과적으로 된다. 또한, 미러(M1), 미러(M2) 및 미러(M4)의 위치 관계에 관하여는, 미러의 정점의 위치에 대해서는, 미러(M1)과 미러(M2) 간에 미러(M4)가 배치된다. 이 배치에 의해, 한편으로는 미러(M4)의 직경을 비교적 적게 형성하고, 다른 한편으로는 미러(M3) 및 미러(M4)의 반사면의 비구면 양을 비교적 작은 값으로 형성한다.

또한, 상면만곡의 보정과 관련하여, 미러(M1) 내지 미러(M6)의 반사면의 굴절력의 합을 0(제로)에 근접하게 한다. 보다 상세하게는, 광축에 근접하는 미러 (M1) 내지 미러(M6)의 곡률 반경을 각각 r1 내지 r6로 나타내면,  $1/r1 - 1/r2 + 1/r3 - 1/r4 + 1/r5 - 1/r6$ 의 값을 0 또는 0에 근접하는 것으로 된다.

본 실시예의 투영광학계에서는, 상기 조건을 만족시키고, 부가적으로 다른 수차의 보정을 한다. 또한, 광학계의 크기에 관해 실용적으로 강화하기 위해서, r1 내지 r6를 다음의 범위: r1=-1400±100, r2=1200±100, r3=450±150, r4=600±200, r5=350±100, r6=500±100로 설정한다.

미러(M1) 내지 미러(M6)의 반사면은 EUV 광을 반사시키는 다층막이 형성되어 있다. 후술하는 실시예와 같이 설계 파장이 13.5nm 인 경우에는 Mo 및 Si를 함유하는 다층막 반사면이 형성된다.

개구 조리개는 미러(M2)의 위치에 또는 이 위치에 인접하여 형성되어 있다. 상기 미러(M2)자체를 개구조리개로 기능 하여도 되고, 또는 대안적으로 별도의 개구조리개 또는 가변 개구조리개를 미러(M2)에 인접하여 형성하여 개구수(NA)를 제한 또는 가변으로 설정해도 된다.

물체면에 반사형 레티클(마스크)을 배치하는 것으로 가정하면, 본 실시예의 투영광학계는 물체축이 비텔레센트릭(non-telecentric)하고, 상측이 텔레센트릭한 광학계로서 설계되어 있다. 투영광학계의 상면 측의 주광선은 투영광학계의 광학축에 평행하게 사출하므로, 상면에 실장되는 감광성 부재(웨이퍼)가 광축 방향으로 이동하는 경우에도 배율의 변화가 적다.

본 실시예의 투영광학계에서, 적어도 하나의 미러는 다음 식으로 표현될 수 있는 비구면 형상 z를 가진 비구면 반사면을 가진다:

$$Z = ch^2/[1+\text{SQRT}(1-(1+k)c^2h^2)] + Ah^4 + Bh^6 + Ch^8 + Dh^{10} + Eh^{12} + Fh^{14} + Gh^{16} + Hh^{18} + Jh^{20} + \dots$$

여기서, Z는 광축방향에 관한 좌표, c는 곡률(곡률 반경 r의 역수), h는 광학 축으로부터의 높이, k는 원추 계수, A, B, C, D, E, F, G, H, J 등은, 각각, 4차, 6차, 8차, 10차, 12차, 14차, 16차, 18차, 20차 등의 비구면 계수이다.

여기서, 원추계수 k는, 상기 비구면은  $k < 0$  인 경우 쌍곡선,  $K = 0$  인 경우 포물선,  $0 < K < 1$  인 경우 타원체(장축을 중심으로 타원을 회전함으로써 얻어지는 평면) 및  $K > 1$  인 경우 타원체(단축을 중심으로 타원을 회전함으로써 얻어지는 평면)에 의거한다는 것을 의미한다.

본 실시예의 투영광학계에서, 양호한 수차보정을 위해서, 미러(M1)의 원추계수가  $50 < k_1 < 150$ 을 만족시키고, 또한 미러(M5)의 원추계수가  $5 < k_5 < 20$ 를 만족시킨다. 미러(M1) 및 미러(M5)는 편구면(oblate spheroid)에 의거한 비구면을 가지고 있다. 보다 상세하게는,  $k_1$ 은,  $80 < k_1 < 130$ 의 관계를 만족시키도록 설정해도 되고,  $k_5$ 는,  $7.5 < k_5 < 12$ 의 관계를 만족시키도록 설정해도 된다.

M4과 M5간의 중간에 중간 상을 결상하는 것도 본 실시예의 투영광학계의 또 다른 특징이다. 이에 의해, NA를 크게 하고, 또한, 양호한 수차보정을 가능하게 한다.

이하에, 본 발명의 본 실시예에 의한 투영광학계의 특정한 실시예를 나타낸다.

<실시예>

도 1 내지 도 3은 본 발명의 실시예에 의한 투영광학계의 제 1 실시예, 제 2 실시예 및 제 3 실시예의 단면의 광로를 각각 예시한다. 이들 도면에서, 동일한 구성요소에는 동일 참조번호를 부여한다.

도 1 내지 도 3에서, (MS)는 물체면 위치에 놓여진 반사형 레티클을 나타낸다. (W)는 피노광체(웨이퍼)이고, 또한 상면 위치에 놓여진다. (M1)는 제 1미러(오목거울), (M2)는 제 2미러(오목거울), (M3)는 제 3미러(볼록거울), (M4)는 제 4미러(오목거울), (M5)는 제 5미러(볼록거울), (M6)는 제 6미러(오목거울)을 나타낸다. (AX)는 광학축을 나타낸다.

도시하지 않은 조명 광학계로부터의 파장 13.5nm 부근의 EUV 광에 의해 레티클(MS)이 조명되면, 투영광학계는, 레티클(MS)로부터의 EUV 광을, 제 1미러(M1)(오목거울), 제 2미러(M2)(오목거울), 제 3미러(M3)(볼록거울), 제 4미러(M4)(오목거울), 제 5미러(M5)(볼록거울), 제 6미러(M6)(오목거울)의 차례로 반사하고, 이에 의해 상면 위치에 놓여진 웨이퍼(W) 위에, 레티클의 디바이스(회로) 패턴의 축소된 상을 형성한다.

제 1 실시예에서, 투영광학계는, 상 높이가 31.25 내지 33.75mm에서 설계 파장  $\lambda=13.5\text{nm}$ ,  $NA=0.20$ , 축소 배율은 1/4배, 물체 높이가 125 내지 135mm의 원호형상 물체면(영역), 2.5mm 폭의 원호형상 상면(영역)을 가진다.

제 2 실시예에서, 투영광학계는, 상 높이가 32 내지 34mm에서, 설계 파장  $\lambda=13.5\text{nm}$ ,  $NA=0.25$ , 축소 배율은 1/4배, 물체 높이가 128 내지 136mm의 원호형상 물체면(영역), 2mm 폭의 원호형상 상면(영역)을 가진다.

제 3 실시예에서, 투영광학계는, 상 높이가 33 내지 34mm에서, 파장  $\lambda=13.5\text{ nm}$ ,  $NA=0.28$ , 축소 배율은 1/4배, 물체높이가 132 내지 136mm의 원호형상 물체면(영역), 1mm 폭의 원호형상 상면(영역)을 가진다.

실시예 1, 실시예 2 및 실시예 3에 의한 투영광학계의 각각의 광학 데이터 (곡률 반경, 면 간격, 비구면 계수 등)를 각각 표 1 내지 표 3에 나타낸다.

[표 1]

<실시예 1>

미러 번호 곡률 반경 면 간격 원추 계수 k

-----  
MS(레티클) 무한대 630.179916

M1 -1417.99439 -261.467870 108.912559

M2 1239.25392 418.624113 -0.359058

M3 362.77769 -201.547857 0.353432

M4 474.63367 768.506284 0.044131

M5 355.39768 -433.958427 8.409102

M6 516.18902 479.663841 0.087959

W(웨이퍼) 무한대

비구면 계수

M1:

A:0.683291E-08 B:0.920316E-13 C:0.569325E-17 D:0.336108E-22 E:0.298242E-25 F:-.192742E-29  
G:0.113727E-33 H:0.000000E+ 00 J:0.000000E+ 00

M2:

A:-.527660E-09 B:-.146866E-13 C:-.120097E-17 D:0.602378E-22  
E:0.202254E-24 F:-.112453E-27 G:0.173326E-31 H:0.000000E+ 00  
J:0.000000E+ 00

M3:

A:-.389938E-08 B:-.193071E-13 C:0.895942E-18 D:-.339434E-22  
E:-.285140E-26 F:0.286164E-30 G:-.777425E-35 H:0.000000E+ 00  
J:0.000000E+ 00

M4:

A:-.199437E-09 B:0.176911E-14 C:-.449370E-19 D:0.472723E-24  
E:-.363016E-29 F:0.258718E-34 G:-.134850E-39 H:0.000000E+ 00

J:0.000000E+ 00

M5:

A:-.222962E-07 B:-.230654E-12 C:-.570785E-16 D:-.805423E-20 E:0.121605E-23 F:0.168015E-28  
G:-.382728E-31 H:0.000000E+ 00

J:0.000000E+ 00

M6:

A:-.293665E-10 B:-.606092E-16 C:-.512438E-21 D:0.445912E-25  
E:-.249950E-29 F:0.714531E-34 G:-.817258E-39 H:0.000000E+ 00

J:0.000000E+ 00

[표 2]

<실시예 2>

미러 번호 곡률 반경 면 간격 원추 계수 k

-----  
MS(레티클) 무한대 643.602181

M1 -1447.35247 -261.656816 101.944633

M2 1215.95679 405.854887 0.642114

M3 455.18256 -300.124352 1.824126

M4 608.71774 865.720173 0.041252

M5 348.99083 -432.357964 10.791670

M6 515.45674 476.357972 0.089726

W(웨이퍼) 무한대

비구면 계수

M1:

A:0.609140E-08 B:0.699773E-13 C:0.418382E-17 D:0.285464E-22  
E:0.195221E-25 F:-.223251E-29 G:0.243045E-33 H:-.131967E-37

J:0.353573E-42

M2:

A:-.520732E-09 B:-.158879E-13 C:0.199750E-18 D:-.272652E-20  
E:0.391908E-23 F:-.323621E-26 G:0.154875E-29 H:-.400536E-33  
J:0.433411E-37

M3:

A:-.361756E-08 B:-.100951E-13 C:-.188622E-17 D:0.137421E-21  
E:-.435870E-27 F:-.807975E-30 G:0.416642E-34 H:0.745306E-39  
J:-.744094E-43

M4:

A:-.708692E-11 B:-.587545E-15 C:0.415278E-20 D:0.233903E-25  
E:-.428472E-30 F:-.288671E-35 G:0.446209E-40 H:0.204972E-45  
J:-.274443E-50

M5:

A:-.290931E-07 B:-.100431E-11 C:-.126109E-15 D:-.580717E-20  
E:-.249237E-24 F:0.990307E-28 G:-.215115E-30 H:0.737415E-34  
J:-.863420E-38

M6:

A:-.267143E-10 B:-.448332E-16 C:-.774133E-21 D:0.126998E-24  
E:-.131738E-28 F:0.876886E-33 G:-.358801E-37 H:0.820550E-42  
J:-.801112E-47

[표 3]

<실시예 3>

미러 번호 곡률 반경 면 간격 원추 계수 k

-----  
MS(레티클) 무한대 644.850299

M1 -1423.28830 -264.078564 100.234610

M2 1218.20499 405.736540 0.789243

M3 446.68480 -291.988234 1.752538



M4 598.88100 861.479959 0.029391

M5 349.11713 -432.237976 10.738888

M6 515.55439 476.237976 0.090117

W(웨이퍼) 무한대

비구면 계수

M1:

A:0.627121E-08 B:0.755850E-13 C:0.428200E-17 D:0.622819E-22

E:0.161861E-25 F:-.179291E-29 G:0.213411E-33 H:-.119178 E-37

J:0.337956E-42

M2:

A:-.519569E-09 B:-.152324E-13 C:0.827001E-18 D:-.447137E-20

E:0.643682E-23 F:-.530372E-26 G:0.253310E-29 H:-.653936 E-33

J:0.706349E-37

M3:

A:-.376490E-08 B:-.152265E-13 C:-.157948E-17 D:0.153611E-21

E:-.436540E-26 F:-.856327E-30 G:0.895218E-34 H:-.290000E-38

J:0.162538E-43

M4:

A:-.358812E-11 B:-.590866E-15 C:0.420854E-20 D:0.267696E-25

E:-.475021E-30 F:-.372201E-35 G:0.729697E-40 H:-.717295E-46

J:-.180920E-50

M5:

A:-.292071E-07 B:-.992125E-12 C:-.118939E-15 D:-.753027E-20

E:-.578063E-24 F:0.886658E-27 G:-.595140E-30 H:0.157698E-33

J:-.159492E-37

M6:

A:-.274252E-10 B:-.467321E-16 C:-.124139E-20 D:0.193090E-24

E:-.193399E-28 F:0.124502E-32 G:-.495959E-37 H:0.111156E-41

J:-.106975E-46

본 실시예의 상기 각 실시예의 투영광학계의 수차는,

실시예 1: 파면수차=0.031λrms, 왜곡(범위)=8nm

실시예 2: 파면수차=0.010λrms, 왜곡(범위)=1.2nm

실시예 3: 파면수차=0.027λrms, 왜곡(범위)=0.9nm이며,

따라서, 이들 예제에서 파장 13.5nm에 관하여 회절이 한정된 광학계가 달성된다.

실시예 1 내지 실시예 3에 의한 투영광학계에서, 상면(영역)은 원호형상(링형상)이므로, 이들 실시예 중의 어느 하나의 투영광학계를 투영노광장치에 이용할 경우에는, 레티클 패턴의 전체로 웨이퍼의 피노광 영역(보통 복수의 영역이 나란히 배치됨)에 의해 레티클 및 웨이퍼를 투영광학계의 축소 배율과 동일한 속도비에서 이 원호 형상의 폭 방향으로 스캔하는 노광방법을 이용한다.

본 실시예는, 상기 설명한 실시예에 한정되지 않는 것에 유의해야 한다. 그 구성은 본 발명의 범위 내에서 변경가능하고, 성능을 개선하는 것이 가능하다.

다음에, 본 발명에 의한 투영광학계를 결합한 노광 장치를 설명한다. 본 발명의 노광 장치는 노광처리를 위한 조명 광으로서, 예를 들면, 파장 13.4nm인 EUV 광을 이용한다. 또한 상술 한 바와 같이, 투영광학계(100)의 상면은 원호형상(링형상)을 가지며, 레티클과 웨이퍼를 축소 배율비의 속도비율로 주사하면서 이동함으로써, 레티클의 전체면을 노광 하는 노광방법을 이용한다.

도 4를 참조하면, 노광 장치는, EUV 광원(210), 조명 광학계(220), 반사형 레티클(230), 정렬광학계(240), 투영광학계(100), 레티클 스테이지(250), 웨이퍼 스테이지(260) 및 웨이퍼(270)를 가진다.

EUV 광은 대기에 대한 투과율이 낮으므로, EUV 광이 통과하는 광로는 진공 분위기로 유지되는 것이 바람직하다. 이 때문에, 조명 광학계(220)로부터 웨이퍼 스테이지(260)까지의 상기 광로를 진공용기(280)에 수용하고 있다.

본 실시예의 EUV 광원(210)은, 예를 들면, 레이저 플라즈마 광원을 포함해도 된다. 레이저 플라즈마 광원(210)에서는, 타겟 공급 장치(211)에 의해 공급되고 진공 용기(280)중에 놓여진 타겟재(213)에 고강도의 펄스레이저 광을 펄스레이저(211)로부터 집광렌즈(214)를 개재하여 투영하고, 이에 의해 고온의 플라즈마(215)를 발생시킨다. 이 플라즈마로부터, 파장 13.4nm정도의 EUV 광을 방출하여, 이용한다. 타겟재(213)는, 금속 박막, 비활성가스 또는 액적 등이 포함되어도 된다. 예를 들면, 가스 제트 등의 타겟 공급 장치(212)에 의해 진공 용기(280)에 타겟재가 공급된다.

조명 광학계(220)는 EUV 광을 전파함으로써 레티클(230)을 조명한다. 도 3에서, 조명 광학계(220)는, 제 1미러(221), 제 2미러(222) 및 제 3미러(223)와 옵티컬 적분회로망(224)과 개구(225)를 가진다. 제 1미러(221)는 플라즈마(215)로부터 거의 등방적으로 방사되는 EUV 광을 집광하는 기능을 한다. 광학 적분회로망(224)는 레티클(230)을 균일하게 소정의 개구수로 조명하는 기능을 한다. 여기서, EUV 광은 제 2미러(222) 및 제 3미러(223)에 의해 레티클(230)에 릴레이 된다. 개구(225)는 조명 광학계(220)의 레티클(230)공역위치에 배치되어 레티클(230)면에서 조명되는 영역을 원호형상으로 한정하는 기능을 한다.

레티클 스테이지(250) 및 웨이퍼 스테이지(260)는, 축소 배율에 비례한 속도비율로 동기하여 주사하면서 이동되는 기구에 의해 형성된다. 여기서, 레티클(230) 또는 웨이퍼(270)면 내에서 주사 방향을 X, 수직방향을 Y, 레티클(230) 또는 웨이퍼(270)면에 수직방향을 Z로 칭한다.

레티클(230)은 소망한 패턴을 형성하고, 레티클 스테이지(250) 위의 도시하지 않는 레티클 척에 의해 유지된다. 레티클 스테이지(250)는 X방향으로 이동되는 기구가 형성된다. 또한, X방향, Y방향, Z방향 뿐만아니라 이들 축의 중심을 회전

방향에 관하여 미세이동 기구를 가지고 있어, 레티클(230)의 위치결정을 정밀하게 할 수 있다. 레티클 스테이지 (250)의 위치와 자세는 레이저 간섭계에 의해 측정 되고, 그 결과에 의거하여 위치와 자세가 제어된다. 본 실시예에서, 레티클 (230)은 반사형 레티클이다. 그러나, 투과형 레티클 또는 반사형 레티클이 적용되어도 된다.

웨이퍼(270)은, 도시하지 않는 웨이퍼 척에 의해 웨이퍼 스테이지(260)에 유지된다. 웨이퍼 스테이지(260)는 레티클 스테이지(250)와 마찬가지로 X방향으로 이동되는 구동 기구를 형성한다. 또한, X방향, Y방향, Z방향 또는 이들 축을 중심으로 회전방향에 미세 이동 기구를 갖고 있어서, 웨이퍼(270)의 위치결정을 정밀하게 할 수 있다. 웨이퍼 스테이지(260)의 위치와 자세는 레이저 간섭계에 의해 측정되고, 그 결과에 의거하여 위치와 자세가 제어된다.

정렬 검출 광학계(240)는 레티클(230)의 위치와 투영광학계(100)의 광학축과의 위치 관계 및 웨이퍼(270)의 위치와 투영 광학계(100)의 광학축과의 위치 관계를 측정하는 기능을 한다. 측정에 의거하여, 레티클(230)의 투영상이 웨이퍼(270)의 소정의 위치에 일치하도록 레티클 스테이지(250) 및 웨이퍼 스테이지(260)의 위치와 각도가 설정된다. 또한, 도시하지 않는 포커스 검출 광학계를 형성하여 웨이퍼 (270)면에서 Z방향에 관한 포커스 위치가 측정된다. 측정에 의거하여 웨이퍼 스테이지(260)의 위치 및 각도를 제어함으로써, 노광시에 상시 웨이퍼 면을 투영광학계(100)의 결상 위치에서 유지 가능하다.

웨이퍼(270) 상에서 단일의 주사 노광이 완료되는 경우, 웨이퍼 스테이지 (260)는 X, Y방향으로 스텝 이동하여 다음의 주사 노광 개시 위치로 이동한 다음에 레티클 스테이지(250) 및 웨이퍼 스테이지(260)가 투영광학계의 축소 배율에 비례한 속도비로 X방향으로 주사하면서 다시 이동된다.

이와 같은 방식으로, 레티클(230)의 축소 투영상이 웨이퍼(270)위에 결상한 상태에서 레티클(230) 및 웨이퍼(270)를 동기주사 하는 동작이 반복되어(스텝·엔드·스캔), 웨이퍼(270)의 전체 면에 레티클(230)의 패턴이 전사된다.

다음에 도 5 및 도 6을 참조하면서, 상기의 노광 장치를 이용한 디바이스의 제조방법의 실시예를 설명한다.

도 5는, 반도체 칩(예를 들면, IC 또는 LSI), 액정 패널 또는 CCD 등의 다양한 마이크로 디바이스의 제조방법을 설명하기 위한 흐름도이다. 스텝 1은 반도체 디바이스의 회로설계를 위한 설계 공정이다. 스텝 2는, 상기 회로 패턴 설계에 의거하여 마스크를 형성하기 위한 공정이다. 스텝 3은 실리콘 등의 재료를 이용함으로써 웨이퍼를 제조하기 위한 공정이다. 스텝 4는 전 공정으로 불리는 웨이퍼 공정에 있어서, 마스크와 웨이퍼를 이용함으로써 리소그래피와 일치하는 실제의 웨이퍼 위에 회로를 형성한다. 다음의 스텝 5는 스텝 4에서 처리된 웨이퍼를 반도체칩으로 형성하는 조립스텝으로서 후공정이라 칭한다. 이 공정은, 조립공정(다이싱, 본딩), 포장공정(칩 밀봉) 등의 공정을 포함한다. 스텝 6은 스텝 5에 의해 제조된 반도체 디바이스의 동작 체크, 내구성 체크 등의 검사를 실시한다. 이러한 공정을 거쳐 반도체디바이스가 제조되어, 이것을 출하(스텝 7)한다.

도 6은, 도 5에 나타내는 스텝 4에서 웨이퍼 공정의 상세를 설명하는 흐름도이다. 스텝 11은 웨이퍼의 표면을 산화하기 위한 산화공정이다. 스텝 12는 웨이퍼의 표면에 절연 막을 형성하기 위한 CVD 공정이다. 스텝 13은 증착에 의해 웨이퍼 상에 전극을 형성하기 위한 전극 형성 공정이다. 스텝 14는 웨이퍼에 이온을 주입하기 위한 이온주입 공정이다. 스텝 15는 웨이퍼에 감광제를 도포하기 위한 레지스트 처리 공정이다. 스텝 16은 상기의 노광 장치(200)를 개재한 노광에 의해 마스크의 회로 패턴을 웨이퍼에 프린팅하기 위한 노광 공정이다. 스텝 17은 노광된 웨이퍼를 현상하기 위한 현상 공정이다. 스텝 18은 현상한 레지스트 상 이외의 부분을 지우기 위한 에칭공정이다. 스텝 19는 에칭공정을 행한 후 웨이퍼에 잔류한 레지스트 재를 분리하기 위한 레지스트 박리 공정이다. 이들 공정을 반복함으로써, 웨이퍼 위에 중첩하여 회로 패턴이 형성된다.

### 발명의 효과

이들의 처리에 의해, 고밀도의 마이크로 디바이스를 제조할 수 있다.

본 발명의 바람직한 실시예를 참조하면서 설명했지만, 본 발명은 이들의 실시예로 한정되지 않는다. 본 발명의 범위내에서 여러 가지의 변형 및 수정이 가능하다.

이상과 같이, 설명한 본 발명에 의하면, 결상 성능을 향상시킬 수 있는 투영광학계를 달성할 수 있다.

본 발명은 명세서에 개시된 구조를 참조하면서 설명했지만, 설명된 상세한 내용에 한정되지 않으며, 본 출원은 개선의 목적 또는 이하 클레임의 범위 내에 있을 수 있는 수정 및 변형을 포함하고자 한다.

(57) 청구의 범위

청구항 1.

레티클 패턴을 축소하여 투영하는 투영광학계로서,

오목형상의 면을 가진 제 1미러와;

제 2미러와;

볼록형상의 면을 가진 제 3미러와;

오목형상의 면을 가진 제 4미러와;

볼록형상의 면을 가진 제 5미러와;

오목형상의 면을 가진 제 6미러를 포함하고,

상기 제 1미러 내지 제 6미러는 레티클 측으로부터 광로를 따라서 지명된 순서대로 배치되어 있고, 상기 6개의 미러는 각각 곡률반경의 절대값이 1500mm 이하이며, 상기 투영광학계는 상기 제4미러와 상기 제5미러 사이에서 레티클의 패턴의 중간상을 생성하도록 배치되어 있는 것을 특징으로 하는 투영광학계.

청구항 2.

삭제

청구항 3.

삭제

청구항 4.

삭제

청구항 5.

삭제

청구항 6.

삭제

청구항 7.

삭제

청구항 8.

제 1항에 있어서,

상기 6개의 미러 중의 5개의 미러는 곡률 반경의 절대값이 1300mm 이하인 것을 특징으로 하는 투영광학계.

청구항 9.

제 1항에 있어서,

상기 6개의 미러 중의 5개의 미러는 곡률 반경의 절대값이 1250mm 이하인 것을 특징으로 하는 투영광학계.

#### 청구항 10.

제 1항에 있어서,

상기 6개의 미러 중의 4개의 미러는 곡률 반경의 절대값이 700mm 이하인 것을 특징으로 하는 투영광학계.

#### 청구항 11.

제 1항에 있어서,

상기 6개의 미러 중의 4개의 미러는 곡률 반경의 절대값이 630mm 이하인 것을 특징으로 하는 투영광학계.

#### 청구항 12.

삭제

#### 청구항 13.

삭제

#### 청구항 14.

삭제

#### 청구항 15.

삭제

#### 청구항 16.

삭제

#### 청구항 17.

삭제

#### 청구항 18.

레티클의 패턴을 축소하여 투영하는 제 1항에 기재된 투영광학계와;

상기 레티클을 극 자외선 광으로 조명하는 조명광학계

를 포함하는 것을 특징으로 하는 노광장치.

#### 청구항 19.

삭제

#### 청구항 20.

제 18항에 기재된 노광 장치를 사용하여 디바이스 패턴을 기판에 노광하는 단계와;

상기 노광된 기관을 현상하는 단계  
를 포함하는 것을 특징으로 하는 디바이스의 제조방법.

### 청구항 21.

소정의 면에 레티클의 패턴을 축소해서 투영하는 투영광학계로서,  
오목형상의 반사면을 가진 제1미러와;  
반사면을 가진 제2미러와;  
볼록형상의 반사면을 가진 제3미러와;  
오목형상의 반사면을 가진 제4미러와;  
볼록형상의 반사면을 가진 제5미러와;  
오목형상의 반사면을 가진 제6미러를 순서대로 포함하고,  
상기 제4미러는 곡률반경의 절대치가 400mm 이상이고, 800mm이하인 것을 특징으로 하는 투영광학계.

### 청구항 22.

제 21항에 있어서, 상기 제6미러는 곡률반경의 절대치가 400mm이상이고, 600mm이하인 것을 특징으로 하는 투영광학계.

### 청구항 23.

제 21항에 있어서, 상기 제1 내지 제6미러의 반사면의 각각은 곡률반경의 절대치가 1500mm이하인 것을 특징으로 하는 투영광학계.

### 청구항 24.

소정의 면에 레티클의 패턴을 축소해서 투영하는 투영광학계로서,  
오목형상의 반사면을 가진 제1미러와;  
반사면을 가진 제2미러와;  
볼록형상의 반사면을 가진 제3미러와;  
오목형상의 반사면을 가진 제4미러와;  
볼록형상의 반사면을 가진 제5미러와;  
오목형상의 반사면을 가진 제6미러를 순서대로 포함하고,

상기 제6미러는 곡률반경의 절대치가 400mm 이상이고, 600mm 이하인 것을 특징으로 하는 투영광학계.

**청구항 25.**

제 24항에 있어서, 상기 제1 내지 제6미러의 반사면의 각각은 곡률반경의 절대치가 1500mm 이하인 것을 특징으로 하는 투영광학계.

**청구항 26.**

광원으로부터의 광으로 패턴을 조명하는 조명광학계와;

패턴으로부터 대략 소정의 면에 위치한 피노광물에 광을 투영하는 제21항 내지 제25항 중 어느 한 항에 기재된 투영광학계를 포함하는 것을 특징으로 하는 노광장치.

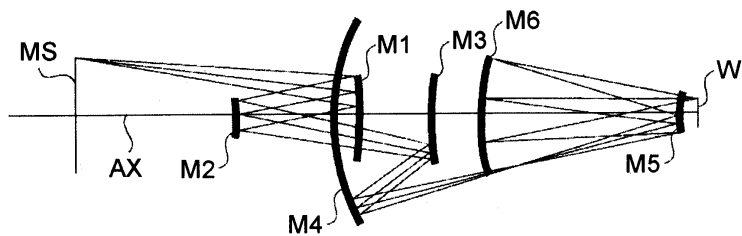
**청구항 27.**

제 26항에 기재된 노광장치를 사용하여 물체를 노광하는 단계와;

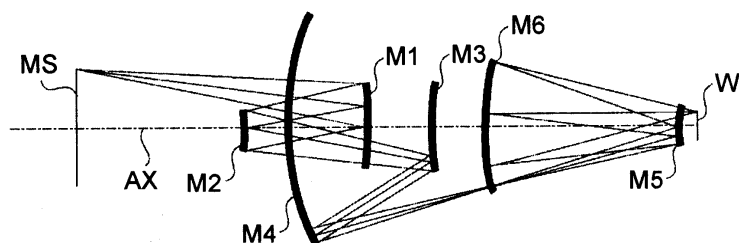
상기 노광된 물체를 현상하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 디바이스 제조방법.

도면

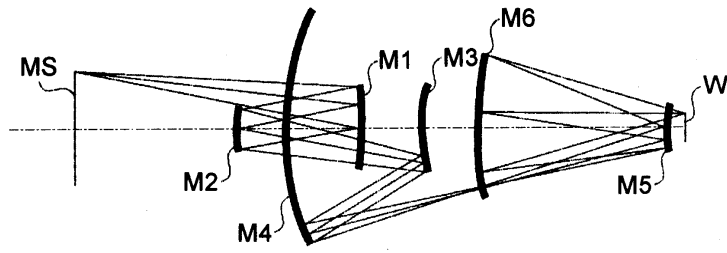
도면1



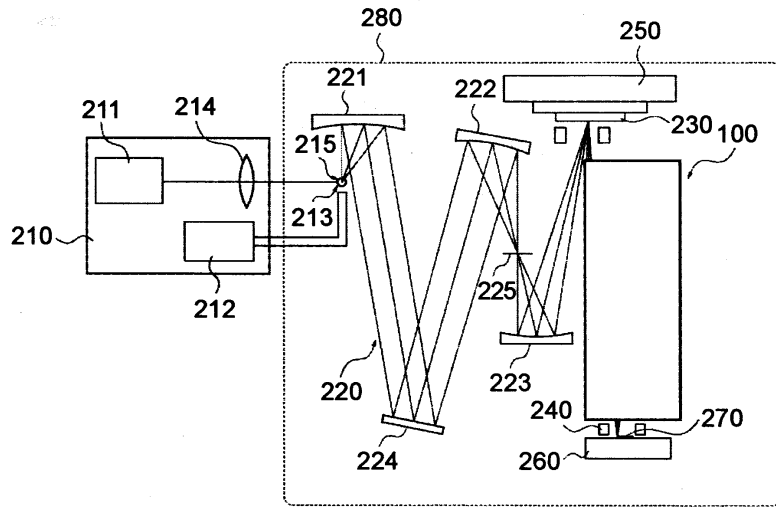
도면2



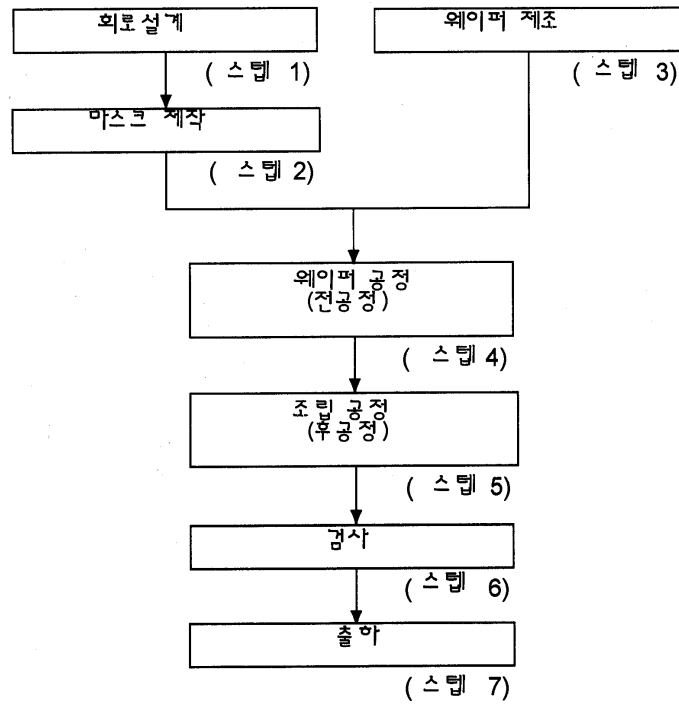
도면3



도면4



도면5





도면6

