



(19)대한민국특허청(KR)  
(12) 공개특허공보(A)

(51) 。 Int. Cl.

G03F 7/20 (2006.01)

G02B 5/30 (2006.01)

H01L 21/027 (2006.01)

(11) 공개번호 10-2006-0123589

(43) 공개일자 2006년12월01일

(21) 출원번호 10-2006-7017080

(22) 출원일자 2006년08월24일

심사청구일자 없음

번역문 제출일자 2006년08월24일

(86) 국제출원번호 PCT/EP2005/001948

(87) 국제공개번호 WO 2005/083517

국제출원일자 2005년02월24일

국제공개일자 2005년09월09일

(30) 우선권주장 10 2004 010 569.3 2004년02월26일 독일(DE)

(71) 출원인 칼 짜이스 에스엠테 아게  
독일 73447 오버코헨 루돌프-에버-슈트라쎄 2

(72) 발명자 피올카 다미안  
독일 73447 오버코헨 헥젠로잔베그 36  
젠징거 마르쿠스  
독일 89073 울름 구텐베르그슈트라쎄 7

(74) 대리인 리엔목특허법인

전체 청구항 수 : 총 15 항

(54) 마이크로리소그래피 투영 노광 장치용 조명 시스템

(57) 요약

본 발명은 광원(10)으로부터의 광으로 조명 필드(7)를 조명하기 위한 마이크로리소그래피 투영 노광 장치용 조명 시스템에 관한 것이다. 상기 시스템은 상기 조명 시스템의 동공 평면(23) 내에 배치되어 각도에 따라 편광을 변조하는 소자(5)에 의해 도입된 편광 변조를 적어도 부분적으로 보상하는 데 사용될 수 있는 적어도 하나의 편광 보상기(11)를 포함한다. 상기 편광 보상기(11)는 위치에 따라 편광을 변조하기 위한 편광 변조 수단을 포함하며, 상기 수단은 복굴절 소자로서 또는 복굴절 구조를 갖는 소자로서 구현된다. 그러한 편광 보상은, 특히 물리적 빔스플리터를 갖는 하류측 투영 대물렌즈를 사용할 때, 마이크로리소그래피 투영 노광 장치의 투과 특성을 향상시킬 수 있다.

대표도

도 2

특허청구의 범위

## 청구항 1.

할당된 광원(910)의 광으로 조명 필드(7)를 조명하기 위한 마이크로리소그래피 투영 노광 장치용 조명 시스템에 있어서,

상기 조명 시스템의 적어도 하나의 동공 평면(23,62)에, 위치의 함수로서 동공 평면(23,62) 내의 광 분포의 편광 상태에 영향을 주기 위한 적어도 하나의 편광 변화기(11a;11b)를 갖는 적어도 하나의 편광 보상기(11)가 위치하며, 상기 편광 보상기는 상기 조명 시스템 내의 각도-의존성 편광 변화 광학소자(5)에 의해 유발된 편광 변화를 부분적으로 또는 완전하게 보상하도록 설계되는 것을 특징으로 하는 조명 시스템.

## 청구항 2.

제 1 항에 있어서,

상기 편광 보상기(11)는 위치의 함수로서 변화하는 편광 변화 함수를 가지며, 상기 편광 보상기(11)의 광축(19)에 대해 짝수의 방사 대칭, 특히 2중 또는 4중의 방사 대칭을 갖는 것을 특징으로 하는 조명 시스템.

## 청구항 3.

제 1 항 또는 제 2 항에 있어서,

상기 조명 시스템은 광 입사면(5a)과 광 출사면(5b)을 갖는 인터그레이터 막대 장치(5)를 구비하며, 상기 인터그레이터 막대 장치(5)는 막대 변(17)들과 막대 모서리(16)들을 갖는 다각형, 특히 직사각형의 단면을 갖는 것을 특징으로 하는 조명 시스템.

## 청구항 4.

제 3 항에 있어서,

상기 편광 보상기(11)는 제 1 편광 변화 효과를 갖는, 막대 모서리(16)들의 개수에 대응하는 수의 제 1 섹터(12)들과 제 2 편광 변화 효과를 가지며 상기 제 1 섹터(12)들 사이에서 편광 보상기(11)의 둘레 방향으로 놓여 있는, 막대 변(17)들의 개수에 대응하는 수의 제 2 섹터(13)들을 가지며, 상기 제 1 섹터(12)들은 막대 모서리(16)들에 할당된 각도 섹션에 놓여 있고, 상기 제 2 섹터(13)들은 막대 변(17)들에 할당된 각도 섹션에 놓여 있으며, 상기 제 1 및 제 2 편광 변화 효과는 상이한 것을 특징으로 하는 조명 시스템.

## 청구항 5.

제 3 항 또는 제 4 항에 있어서,

상기 조명 시스템은 동공 평면(23) 내에 4중극 형상의 광분포를 생성하기 위한 장치(9,20)를 구비하며, 상기 4중극 형상의 광분포는 4중극 형상의 광분포 중 높은 광세기 영역이 막대 모서리(16)들이 위치하는 각도 섹션들에 위치하도록 설정될 수 있는 것을 특징으로 하는 조명 시스템.

## 청구항 6.

제 1 항 내지 제 5 항 중 어느 한 항에 있어서,

2차원 래스터 구조를 갖는 회절식 또는 굴절식 광학 래스터소자(8)가 상기 조명 시스템의 동공 평면(23)에 또는 그 부근에, 특히 인터그레이터 막대 장치의 광입사면(5a)의 상류측 광경로에 위치하며, 상기 편광 보상기(11)는 동공 평면(23)에 또는 그 부근에 위치하는 것을 특징으로 하는 조명 시스템.

## 청구항 7.

제 1 항 내지 제 6 항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 조명 시스템은 필드 평면, 특히 인터그레이터 막대 장치(5)의 광 출사면(5b)을 조명 필드(7) 위로 결상시키기 위한 결상 대물렌즈(6)를 구비하며, 편광 보상기(11)는 상기 결상 대물렌즈(6)의 동공 평면(62)에 또는 그 부근에 위치하는 것을 특징으로 하는 조명 시스템.

## 청구항 8.

제 1 항 내지 제 7 항 중 어느 한 항에 있어서,

편광 변화기로서 편광 보상기(11)는 상이한 두께 및/또는 상이한 결정 배향의 복굴절 재료로 이루어진 소자(18)들 및/또는 상이한 복굴절 구조들을 갖는 소자들의 2차원 배열을 갖는 래스터소자(11a)를 구비하는 것을 특징으로 하는 조명 시스템.

## 청구항 9.

제 1 항 내지 제 8 항 중 어느 한 항에 있어서,

편광 변화기로서 편광 보상기(11)는 다양한 두께의 복굴절 재료로 이루어진 높이 프로파일(30)을 갖는 판(11b)을 포함하는 것을 특징으로 하는 조명 시스템.

## 청구항 10.

조명 시스템 내에 도입하기 위한 편광 보상기(11)를 제조하는 방법에 있어서,

적어도 하나의 각도-의존성 편광 변화 광학소자(5)에 의해 유발되는 조명 시스템 내의 편광에 있어서의 각도 의존적인 변화를 결정하는 단계;

상기 각도-의존성 편광 변화를 보상하기 위하여 동공 평면(23,62) 내의 위치의 함수로서 변화하는 편광 변화를 계산하는 단계;

위치-의존성 편광 변화가 상기 각도-의존성 편광 변화의 적어도 부분적인 보상에 적당하도록 편광 보상기(11)를 제조하는 단계; 및

소망하는 보상 효과가 발생하도록 조명 시스템의 동공 평면(23,62)에 또는 그 부근에 상기 편광 보상기(11)를 위치시키는 단계;를 포함하는 것을 특징으로 하는 방법.

## 청구항 11.

제 10 항에 있어서,

상기 편광 보상기(11)는, 상기 위치-의존성 편광 변화가 상기 각도-의존성 편광 변화를 보상하기에 적당하도록 두께 및/또는 결정축 배향이 위치의 함수로서 규정되는 상이한 복굴절 구조들을 갖는 복굴절 재료 또는 소자들로 이루어지는 소자(18)들의 2차원 배열을 갖는 래스터소자(11a)로서 제조되는 것을 특징으로 하는 방법.

## 청구항 12.

제 10 항 또는 제 11 항에 있어서,

상기 조명 시스템은 광 입사면(5a)과 광 출사면(5b)을 갖는 인터그레이터 막대 장치(5)를 구비하며, 상기 인터그레이터 막대 장치(5)는 막대 변(17)들과 막대 모서리(16)들을 갖는 다각형의 단면을 갖고, 여기서 상기 편광 보상기(11)는 제 1 편광 변화 효과를 갖는, 막대 모서리(16)들의 개수에 대응하는 수의 제 1 섹터(12)들과 제 2 편광 변화 효과를 가지며 상기 제 1 섹터(12)들 사이에서 편광 보상기의 둘레 방향으로 놓여 있는, 막대 변들의 개수에 대응하는 수의 제 2 섹터(13)들을 가지며, 상기 제 1 섹터(12)들은 막대 모서리(16)들에 할당된 각도 섹션에 놓여 있고, 상기 제 2 섹터(13)들은 막대 변들에 할당된 각도 섹션에 놓여 있으며, 상기 제 1 및 제 2 편광 변화 효과는 상이한 것을 특징으로 하는 방법.

## 청구항 13.

제 10 항 내지 제 12 항 중 어느 한 항에 있어서,

위치-의존성 편광 변화를 계산하기 위하여, 편광 보상기(11)를 위치시키기 위해 제공되는 동공 평면(23,62)에 대한 푸리에 변환에 의해 관련된 필드 평면(5a)의 점들 전체에 대한 평균이 수행되는 것을 특징으로 하는 방법.

## 청구항 14.

조명 시스템 및 투영 대물렌즈를 구비하는 마이크로리소그래피 투영 노광 장치에 있어서, 상기 조명 시스템은 제 1 항 내지 제 9 항 중 어느 한 항에 따라 설계되는 것을 특징으로 하는 마이크로리소그래피 투영 노광 장치.

## 청구항 15.

제 14 항에 있어서,

상기 투영 대물렌즈는 편광 선택적 빔스플리터 표면을 갖는 물리적 빔스플리터를 포함하는 것을 특징으로 하는 마이크로리소그래피 투영 노광 장치.

## 명세서

### 기술분야

본 발명은 할당된 광원의 광으로 조명 필드를 조명하기 위한 마이크로리소그래피 투영 노광 장치용 조명 시스템, 조명 시스템으로의 도입을 보상하기 위한 편광 보상기를 제조하는 방법, 및 조명 시스템 및 투영 대물렌즈를 갖는 마이크로리소그래피 투영 노광 장치에 관한 것이다.

### 배경기술

반도체 소자 또는 다른 미세한 구조의 소자의 마이크로리소그래피 제조를 위한 투영 노광 장치의 성능은 실질적으로 투영 대물렌즈의 결상 특성에 의해 결정된다. 더욱이, 상기 장치로 얻을 수 있는 이미지 품질 및 웨이퍼 생산량은 투영 대물렌즈의 상류측에 있는 조명 시스템의 특성에 의해 실질적으로 영향을 받는다. 상기 시스템은 주요 광원, 예컨대, 레이저의 광을 가능한 높은 정도의 효율로 준비할 수 있어야 하고, 그렇게 함으로써 조명 시스템의 조명 필드 내에 가능한 균일한 강도 분

포를 생성할 수 있어야 한다. 또한, 상기 조명 시스템에 대한 다양한 조명 모드, 예컨대 상이한 가간섭성도(degree of coherence)를 갖는 통상적인 조명, 또는 링필드(ring field) 조명 또는 축에서 벗어난 경사 조명을 생성하기 위한 극(polar) 조명을 설정하는 것이 가능하여야 한다.

할당된 광원에 의해 조사되는 조명광에 대한 편광 변화 효과를 내는 광학소자들이 투영 노광 장치용 조명 시스템에 제공될 수 있다. 그러한 편광 변화는, 예컨대 조명 시스템의 하류측 투영 대물렌즈가 특정 편광 방향의 광으로 동작되어야 하는 경우에는 바람직할 수도 있지만, 또한 바람직하지 않은 경우도 있다. 후자의 경우에, 소망하지 않는 편광 변화를 적어도 부분적으로 보상하는 소자들을 상기 조명 시스템에 도입하는 것이 가능하다.

종래의 기술이 아닌 본 출원인의 특허출원 DE 102 11 762 는 각각 적어도 하나의 복굴절소자를 갖는 제 1 및 제 2 서브 광학계를 갖는 광학계를 기술한다. 두 개의 상호 직교하는 편광 상태들 사이에 반파장 만큼의 지연을 도입하는 광학적 지연소자를 갖는 지연 광학계가 상기 제 1 및 제 2 서브 광학계 사이에 위치한다. 지연 광학계는 상기 광학계의 복굴절소자들에 의해 도입된 편광 변화 효과를 보상하는 역할을 한다. 제 1 서브 광학계의 복굴절소자들에 의해 도입된 편광 변화는, 광학계를 통과하는 광의 편광 상태가 지연소자에 의해 90°만큼 회전되는 제 2 서브 광학계의 복굴절소자들에 의해 보상되도록 의도된다. 이는, 특히 유사한 편광 변화 효과를 갖는 두 개의 서브 광학계들의 경우에 유리할 수 있다. 지연소자를 위치시키기 위한 가장 유리한 장소를 결정하기 위하여, 복굴절소자들 및/또는 소자들의 그룹들의 편광 변화 효과를 결정하기 위한 존 매트릭스(Jones matrices)가 계산되는 방법이 특정된다.

한 실시예의 경우에, 광학계는 제 1 복굴절소자로서 제 1 막대 인터그레이터(rod integrator)를 갖는 제 1 서브 광학계와 실질적으로 동일한 치수를 갖는 제 2 복굴절소자로서 제 2 막대 인터그레이터를 갖는 제 2 서브 광학계를 구비한다. 두 개의 막대 인터그레이터의 편광 변화 효과는 상기 두 막대 인터그레이터 사이에 위치한 지연소자에 의해 실질적으로 보상될 수 있다.

EP 0 964 282 A1 은 많은 수의 굴절식 광학소자들 뿐만 아니라 하나 또는 그 이상의 구면 및 평면 미러들을 갖는 반사굴절식 투영 대물렌즈를 구비하는 마이크로리소그래피 투영 노광 장치를 개시한다. 대물렌즈의 평면 미러들은 입사 평면에 대해 수직 및 수평으로 편광된 광에 대해 상이한 반사율을 보이며, 따라서 편광되지 않은 광이 투영 대물렌즈에 조사될 때, 상기 투영 대물렌즈를 광이 통과한 후에 웨이퍼 평면에서는 부분적으로 편광된 광이 존재한다. 상기 평면 미러들의 편광 변화 효과는 투영 대물렌즈의 상류측에 위치한 조명 시스템 내에 적당히 조절된, 부분적으로 편광된 조명 방사광의 생성에 의해 실질적으로 보상될 수 있고, 따라서 실질적으로 편광되지 않은 광이 웨이퍼 평면에 존재하게 되며, 이는 이미지 품질에 유리한 영향을 줄 수 있다.

## 발명의 상세한 설명

본 발명의 목적은 조명 시스템 내의 각도-의존성 편광 변화 광학소자에 의해 유발되는 편광 변화에 대하여 최적화된, 서두에 언급된 타입의 조명 시스템을 제공하는 것이다. 또한, 적당한 편광 보상기가 제조될 수 있는 방법을 제공하는 것이 목적이다.

이러한 목적은 청구항 제 1 항의 특징들을 갖는 조명 시스템, 청구항 제 10 항의 특징들을 갖는 방법 및 청구항 제 14 항의 특징을 갖는 마이크로리소그래피 투영 노광 장치에 의해 달성된다. 유리한 개발은 종속 청구항들에서 명시된다. 모든 청구항들의 문구는 참조에 의해 상세한 설명에 통합된다.

서두에서 언급된 타입의 본 발명의 조명 시스템은, 위치의 함수로서 동공 평면 내의 광 분포의 편광 상태에 영향을 주기 위한 적어도 하나의 편광 변화기를 갖는 적어도 하나의 편광 보상기를 상기 조명 시스템의 적어도 하나의 동공 평면에서 가지며, 조명 시스템 내의 각도-의존성 편광 변화 광학소자에 의해 유발된 편광 변화를 부분적으로 또는 완전하게 보상하도록 설계된다. 본 발명의 발명자는 필드 평면에서의 각도-의존성 편광 변화가, 그 변화가 동공 평면 또는 그 부근에서 발생하는 경우, 위치의 함수로서 편광 상태에 영향을 줌으로써 적어도 부분적으로 매우 효과적으로 보상될 수 있다는 것을 인식하였다. 그 결과, 위치-의존성 편광 변화 함수가 동공 평면 또는 그 부근에서 정해지면, 그에 따르는 필드 평면에서의 결과는 본질적으로 필드 평면에서의 입사각의 함수인 편광 변화 효과이다.

본 발명의 개선점에 있어서, 편광 보상기는 위치의 함수로서 변화하는 편광 변화 함수를 가지며, 상기 편광 보상기의 광축에 대해 짝수의 방사 대칭, 특히 2중 또는 4중의 방사 대칭을 갖는다. 각도-의존성 편광 변화는 조명 시스템의 광축에 대해

작수의 방사 대칭인 편광 변화 효과를 갖는 광학소자들에 의해 유발될 수 있다. 이들은 선편광된 광으로 조사되는, 예컨대 원뿔형의 액시콘 표면들을 포함한다. 광축의 둘레 방향으로 적당히 변화하는 편광 변화 효과를 갖는 편광 보상기는 특정한 효과로 그러한 소자들의 원하지 않는 효과들을 보상할 수 있다.

한 실시예에서, 조명 시스템은 광 입사면과 광 출사면을 갖는 인터그레이터 막대 장치를 구비한다. 인터그레이터 막대 장치는 막대 변과 막대 모서리를 갖는 다각형, 특히 직사각형의 단면을 가지며, 막대 벽에서의 다수의 내부 반사에 의해 조명 광을 균질화시키는 역할을 한다. 광 파장이 작을 때 복굴절 재료로부터 상기 막대 장치를 제조할 필요성 및 그 동작 모드 때문에, 상기 막대 장치를 통과하는 광에 대해 편광 변화 효과를 주게 된다. 본 발명자들의 연구 결과, 이러한 편광 변화 효과는 각도에 실질적으로 의존하지만, 상기 장치의 광 입사면에서 조명광이 입사하는 위치에는 실질적으로 의존하지 않는다. 그러므로, 상기 인터그레이터 막대 장치의 편광 변화 효과는 적당히 만들어진 편광 보상기의 도움으로 본 발명의 조명 시스템에서 적어도 부분적으로 보상될 수 있다.

본 발명의 한 실시예에서, 상기 편광 보상기는 제 1 편광 변화 효과를 갖는, 막대 모서리의 개수에 대응하는 수의 제 1 섹터들과 제 2 편광 변화 효과를 가지며 제 1 섹터들 사이에서 편광 보상기의 둘레 방향으로 놓여 있는, 막대 변들의 개수에 대응하는 수의 제 2 섹터들을 가지며, 상기 제 1 및 제 2 편광 변화 효과는 상이하다. 여기서, 제 1 섹터들은 막대 모서리들에 할당된 각도 섹션에 놓여 있고, 제 2 섹터들은 막대 변들에 할당된 각도 섹션에 놓여 있다. 광축에 수직인 평면 내에 있으며 각각 특정 방위각 간격 내에 놓여 있는 영역들이 여기서 각도 섹션들로서 정의된다. 막대의 편광 변화 효과는 입사 광빔들에서 막대 모서리들 또는 막대 변들에 대해 상이하다. 편광 보상기의 편광 변화 효과의 대칭성은 막대의 편광 변화 효과의 대칭성에 대응하며, 따라서 인터그레이터 막대 장치의 편광 변화 효과는, 이러한 방법으로 추가 개발된 편광 보상기를 갖는 본 발명의 조명 시스템에 의해 적어도 부분적으로 보상될 수 있다.

한 실시예에서, 조명 시스템은 동공 평면 내의 4중극 형상의 광분포를 생성하기 위한 장치를 구비한다. 그러한 장치는, 예컨대, EP 747 772 A 에 개시된 것과 같이 구성될 수 있다. 4중극 형상의 광분포 중 높은 광세기 영역은 막대 모서리들이 위치하는 각도 섹션들에 위치할 수 있다. 상기 막대 모서리들을 향하는 광빔들이 주로 그러한 광분포를 갖도록 발생하기 때문에, 각도-의존성 편광 보상은 특히 여기에서 유리하다. 4중극 형상의 광분포가 존재하는 동공 평면 내에 편광 보상기를 위치시킴으로써 인터그레이터 막대 장치의 편광 변화 효과를 보상하는 것도 유리하게 가능하다.

본 발명의 한 실시예에서, 편광 보상기는 조명 시스템의 동공 평면에 또는 그 부근에, 특히 회절식 또는 굴절식 광학 래스터소자가 또한 위치하고 있는 인터그레이터 막대 장치의 광 입사면의 상류측 광경로에 위치한다. 상기 회절식 또는 굴절식 광학 래스터소자는, 광분포가 상기 인터그레이터 막대 장치의 입사면의 형상 및 크기에 맞도록 조절될 수 있도록 빔을 성형하는 역할을 할 수 있다. 편광 보상기가 인터그레이터 막대의 상류측 동공 평면에 위치하는 경우에, 상기 막대에 의한 광의 혼합이 발생하지 않고, 그러므로써 특히 효과적인 보상이 가능하다.

한 실시예에서, 조명 시스템은 필드 평면, 특히 인터그레이터 막대 장치의 광 출사면을 조명 필드 위로 결상시키기 위한 결상 대물렌즈를 구비하며, 편광 보상기는 상기 결상 대물렌즈의 동공 평면에 또는 그 부근에 위치한다. 결상 대물렌즈의 동공 평면에 또는 그 부근에 편광 보상기를 위치시키는 것은, 예컨대 다른 광학소자들이 거기에 위치하지 않는 경우, 유리할 수 있다.

본 발명의 한 실시예에서, 편광 변화기로서 편광 보상기는 상이한 두께 및/또는 상이한 결정 배향의 복굴절 재료로 이루어진 소자들 및/또는 상이한 복굴절 구조들을 갖는 소자들의 2차원 배열을 갖는 래스터소자를 구비한다. 위치-의존성 편광 변화가 편광 보상기로 설정될 수 있는 동공 평면은 래스터소자를 사용함으로써 래스터 배열의 소자들이 각각 할당된, 동일한 또는 유사한 편광 변화 효과의 영역들로 분할될 수 있다. 상기 래스터소자는 동공 평면의 표면을 완전히 채우도록 유리하게 설계된다. 복굴절소자의 결정 배향 및 두께를 고정시키는 것은 편광 보상에 요구되는 편광 변화 효과를 생성하는 데 복굴절소자를 사용하는 것을 가능하게 한다. 복굴절 재료를 사용하는 것에 대한 대안으로서, 편광 변화를 위한 상이한 복굴절 구조들, 예컨대, 조명 시스템을 투과 조사하는 광의 파장 이하의 구조적인 폭을 갖는 회절 격자를 사용하는 것도 역시 가능하다. 회절 구조들이 규정된 방향을 향하는 경우에 이러한 격자는 복굴절 체적 재료와 같이 (복굴절을 형성하는) 구조-유도된 복굴절로 작용한다.

한 실시예에서, 편광 변화기로서 편광 보상기는 다양한 두께의 복굴절 재료로 이루어진 높이 프로파일을 갖는 판을 포함한다. 높이 프로파일 또는 두께 프로파일은 상기 판이 위치하는 동공 평면의 영역 위에서 연속적으로 또는 단계적으로 변화하는 위치-의존성 편광 변화를 생성하는 데 사용될 수 있다. 적당하다면, 편광 보상기는 두께 프로파일을 갖는 판과 함께 편광 변화 래스터소자를 구비할 수 있으며, 이는 특히 유리한 편광 변화 효과를 생성하는 것을 가능하게 한다.

편광 보상기는 편광 변화 함수에 관한 특정한 공간 분포를 가지고 대량 생산될 수 있다. 마찬가지로, 특정 조명 시스템에 존재하는 조건들에 대한 개별적인 적용이 가능하다. 본 목적에 적당한, 서두에서 언급된 타입의 방법은: 적어도 하나의 각도-의존성 편광 변화 광학소자에 의해 유발되는 조명 시스템 내의 편광에 있어서의 각도 의존적인 변화를 결정하는 단계; 상기 각도-의존성 편광 변화를 보상하기 위하여 동공 평면 내의 위치의 함수로서 변화하는 편광 변화를 계산하는 단계; 위치-의존성 편광 변화가 상기 각도-의존성 편광 변화의 적어도 부분적인 보상에 적당하도록 편광 보상기를 제조하는 단계; 및 소망하는 보상 효과가 발생하도록 조명 시스템의 동공 평면에 또는 그 부근에 상기 편광 보상기를 위치시키는 단계;를 포함한다. 본 발명에 따른 방법은 편광 보상기가 효과적인 비용으로 개별적으로 적용된 방식으로 제조될 수 있게 한다.

보상될 편광 변화의 결정은 특정 시스템 설계를 위한 시뮬레이션 계산을 기초로 순수하게 컴퓨터를 사용하여 수행될 수 있다. 대안으로 또는 추가적으로, 상기 결정은 조명 시스템 내의 편광 조건들의 측정을 포함할 수 있다.

본 방법의 한 실시예에서, 위치-의존성 편광 변화를 계산하기 위하여, 편광 보상기를 위치시키기 위해 제공되는 동공 평면에 대한 푸리에 변환에 의해 관련된 필드 평면의 점들 전체에 대한 평균이 수행된다. 필드 평면의 점들 전체에 대해 평균함으로써, 필드 평면에서의 위치의 함수로서 발생할 수도 있는 편광 변화가 평균적으로 보상되는 것이 가능하다.

본 발명은 또한 본 발명에 따른 조명 시스템을 구비하는 마이크로리소그래피 투영 노광 장치에 관한 것이다. 상기 마이크로리소그래피 투영 노광 장치의 한 실시예에서, 상기 투영 노광 장치는 편광 선택적 빔스플리터 표면을 갖는 물리적 빔스플리터를 구비하는 투영 대물렌즈 뿐만 아니라 본 발명의 조명 시스템을 구비한다. 현저한 광손실은 조명 광의 편광이 빔스플리터에 최적으로 조절되지 않은 경우에 상기 빔스플리터에서 발생할 수 있다. 따라서, 이 경우에, 편광 보상은 조명 시스템의 조명 필드 상에서의 규정된 편광 상태를 설정하는 데 특히 유리한 효과를 가질 수 있다.

이하의 청구항들 이외에도, 상술한 그리고 추가적인 특징들이 또한 상세한 설명 및 도면들로부터 드러나며, 개별적인 특징들은 각각 그 자체로 구현이 가능하고 또는 본 발명 및 다른 분야에서의 실시예들에 대한 부조합의 형태로 다양한 특징들에 대한 구현이 가능하며, 그 자체로 보호 가능한 설계를 구성하는 것이 유리하게 가능하다.

## 실시예

도 1은 편광 보상의 기능적인 원리를 도시하는 개략도이고, 편광 보상기(2)가 상류측에 배치된 위치-의존성 편광 변화 광학계(1)를 도시한다. 편광 보상의 기능적인 원리는 위치-의존성 보상의 도움으로 보다 용이한 그림 표현을 기초로 도시되어 있으며, 각도-의존성 편광 보상에 대한 기능적인 원리도 이와 동일하다.

제 1 및 제 2 선편광된 광빔(3a,3b)은 두 개의 상이한 위치에서 편광 보상기(2)에 입사하며, 제 1 광빔(3a)은 상기 편광 보상기에 의해 원편광된 광빔으로 변환되고, 제 2 광빔(3b)은 타원편광된 광빔으로 변환된다. 두 개의 빔(3a,3b)들은 상이한 위치에서 광학계(2)에 입사하고, 그에 의해 상이한 편광 변화를 겪게 된다. 상기 광학계(2)로부터 출사할 때, 두 개의 빔(3a,3b)은 편광 보상기에 입사하기 전의 선편광이 된다. 그러므로, 상기 광학계(2)에 의한 편광 변화는 편광 보상기(1)로 인한 편광 변화에 의해 정확하게 상쇄되고, 따라서 전체 시스템은 편광이 유지되는 효과를 갖는다.

도 2는 투영 대물렌즈와 함께 마이크로리소그래피 투영 노광 장치의 필수적인 부분을 형성하는 본 발명에 따른 조명 시스템의 한 실시예에 대한 개략적인 측면도이다. 이 경우에, 상기 투영 노광 장치는 반도체 소자 및 다른 미세한 구조의 소자들을 제조하기 위한 웨이퍼 스캐너로서 사용될 수 있고, 심자외선 영역의 광을 이용하여 마이크로미터 이하까지의 해상도를 얻도록 동작한다.

조명 시스템에 할당된 광원(10)으로서 역할을 하는 것은, 매우 작은 구조까지 분해 가능한, 248nm의 동작 파장을 갖는 통상적인 KrF 엑시머 레이저이다. 물론, 예컨대 193nm 또는 157nm의 파장을 갖는 다른 광원들을 사용하는 것도 역시 가능하다.

동작하는 동안, 간섭성(coherence)을 감소시키고 빔 단면을 확대하는 목적을 수행하며 직사각형의 단면을 갖고 광축에 실질적으로 평행하게 진행하는 빔을 갖는 광분포를 형성하는 미러열(mirror arrangement)(14) 내로 광축(19)을 따라 레이저광이 조사된다. 상기 미러열(14)의 다음에는 하류측 대물렌즈(20)의 물체 평면에 위치하는 제 1 광학 래스터소자(9)이다. 대물렌즈(20)는 상호 대향하는 원뿔형 엑시콘 표면을 갖는 한쌍의 원뿔형 엑시콘 소자(21)와 조절 가능한 줌 렌즈(22)를 구비하는 줌 엑시콘 대물렌즈이다. 상기 줌 엑시콘 대물렌즈(20)는 줌 렌즈(22)를 변위시킴으로써 통과하는 광분포의 직경의 연속적인 조절을 위한 줌 기능과 두 개의 엑시콘 소자(21)의 서로에 대한 축방향의 변위에 의해 광 세기를 반경 방향으로 재분포시키기 위한 엑시콘 기능을 통합한다.



제 1 광학 래스터소자(9)에 의해 도입된 광분포는 상기 대물렌즈(20)에 의해 제 2 광학 래스터소자(8) 상의 광분포로 변형되는 데, 상기 제 2 광학 래스터소자(8)는 상기 대물렌즈(20)의 마지막 광학소자의 하류측 짧은 거리에 위치하며, 특히 그 출사동공의 영역에 위치하고, 조명 시스템의 동공 평면(23)을 구성한다.

상기 제 2 광학 래스터소자(8)는 광전도도(optical conductance)를 배수로 증가시키며, 입사하는 방사광의 분포를, 결합 광학계(4)에 의해 인터그레이터(5)의 입사면(5a)으로 투과된 후에 광분포가 정확히 상기 입사면을 커버하도록 중첩비가 선택된 직사각형의 광분포로 변환한다.

상기 광학 래스터소자(8)가 위치하는 동공 평면(23) 내의 광경로에서 상기 래스터소자의 바로 상류측에 위치하는 것은 상기 동공 평면(23)을 완전하게 채우는 편광 보상기(11)이다. 상기 보상기의 설계 및 동작 모드는 이하에는 보다 상세하게 설명된다.

조명 시스템의 필드 평면을 구성하는 인터그레이터 막대(5)의 출사면(5b)은 렌즈군(61,63,65), 동공 평면(62) 및 편향 미러(64)를 갖는 하류측의 결상 대물렌즈(6)에 의해 조명 시스템의 조명 필드(7) 위로 결상된다. 가변의 마스킹 시스템(REMA)(51)이 상기 인터그레이터 막대(5)의 출사면(5b) 바로 근방에 배치되어 있다.

조명 시스템의 하류측은, 그 물체 평면에 조명 필드(7)가 위치하는 투영 대물렌즈(도시되지 않음)이다. 상기 투영 대물렌즈는 편광 선택적 빔스플리터 표면을 갖는 물리적 빔스플리터를 구비하는 반사굴절식 대물렌즈일 수 있다. 상기 빔스플리터 표면에서의 광손실을 가능한 낮게 유지하기 위하여, 편광 상태의 정확한 설정이 조명 필드(7) 상에서 표시될 수 있다.

도 3은 도 2의 조명 시스템의 일부에 대한 개략적인 측면도이다. 이는 조명 시스템의 필드 평면에 위치하는 제 1 광학 래스터소자(9), 렌즈의 형태로 간단하게 표시된 대물렌즈(20), 동공 평면(23) 내의 제 2 광학 래스터소자(8)와 함께 위치하는 편광 보상기(11), 렌즈의 형태로 간단하게 표시된 결합 광학계(4) 및 인터그레이터 막대 장치의 광 입사면(5a)을 도시한다. 4중극-형상의 광분포가 제 1 광학 래스터소자(9) 및 대물렌즈(20)에 의해 동공 평면(23) 내에서 형성될 수 있다.

푸리에 변환은 편광 보상기(11)가 위치하는 동공 평면(23) 및 인터그레이터 막대(5)의 입사면(5a)에 관련되어 있다. 결과적으로, 입사면(5a)으로의 조명 광의 입사각의 함수인 각도-의존성 편광 변화는 상기 편광 보상기(11)에 의해 동공 평면(23)의 영역에서 위치-의존성 편광 변화에 의해 보상될 수 있다.

인터그레이터 막대(5)의 입사면(5a) 상에서 조명 광의 입사 위치에 의존하는 평균적인 편광 변화를 보상하기 위하여, 평균 편광 변화는 각각의 입사각에 대하여, 즉 동공 평면(23)의 각각의 점에 대하여 계산되며, 이는 입사면(5a)의 모든 위치에 대하여 평균함으로써 이루어진다. 제 2 광학 래스터소자(8)가 결정적인 빔 전파를 파괴하고 그림으로써 막대 입사면(5a)에서의 각도 분포를 손상하기 때문에, 단지 작은 각도 범위에서라면, 위치-의존성 편광 변화를 결정하기 위해 평균은 제 2 래스터소자(8)에 의해 도입된 손상된 각도 분포에 대해서 역시 수행된다.

도 4는 인터그레이터 막대(5)를 표시함과 함께, 인터그레이터 막대(5)로 인해 유발된 편광 변화를 보상하기 위해 요구되는 편광 보상기(11)의 편광 변화 함수를 개략적으로 나타낸다. 편광 보상기(11)는 제 1 편광 변화 효과를 갖는, 막대 모서리(16)의 개수에 대응하는 수의 4개의 제 1 섹터(12)를 갖는다. 제 1 섹터(12)들 사이의 편광 보상기의 둘레 방향으로 놓여 있는 것은 제 2 편광 변화 효과를 갖는, 막대 변(17)의 개수에 대응하는 수의 4 개의 제 2 섹터(13)이다. 그림으로써, 제 1 섹터(12)들은 막대 모서리(16)에 할당된 각도 섹션들 내에 놓여 있으며, 제 2 섹터(13)들은 막대 변(17)에 할당된 각도 섹션들 내에 놓여 있다. 설명상의 목적을 위해, 제 1 섹터(12) 및 제 2 섹터(13)에 대응하는 각도 섹션들은 또한 인터그레이터 막대(5)의 입사면 상의 제 1 및 제 2 영역(14,15)으로서 도시된다. 실제 시스템에서는, 상기 영역들 사이에 점진적인 변화가 있다. 상기 인터그레이터 막대는, 웨이퍼 스캐너의 스캐닝 방향에 대응하는 y-방향의 높이보다 큰 x-방향의 폭을 갖는 직사각형 단면을 갖는다. 그러므로 광축에 대하여 2중 방사 대칭이 얻어진다.

인터그레이터 막대(5)는 측면에서의 복수의 내부 반사에 의해 통과하는 광을 혼합하여 균질화한다. 이는 막대를 통과하는 광에 편광 변화 효과를 주는 복굴절 재료  $\text{CaF}_2$ 로 제조된다. 또한, 인터그레이터 막대(5)의 측면에서 각각의 경우의 전반사에 대해 이상적으로 매끄럽지 않은 실제 측면이 주어지는 경우, 상기 막대를 통과하는 광의, 입사 평면에 수직하게 입사하는 제 1 편광 성분은 입사 평면에 평행하게 입사하는 제 2 성분보다 더 강하게 반사되어 위상의 점프가 발생한다. 결과적으로, 광의 편광 상태는 전반사의 발생시마다 변화한다. 막대 내에서 광빔에 의해 겪게 되는 전반사의 수는 입사 각도, 막대의 기하학적 형상 및 막대의 길이의 함수이다. 막대의 기하학적 형상 및 막대의 대칭성은 두 개의 연속적인 반사 사이를 커버하는 광경로의 길이에 영향을 주며, 따라서 편광을 변화시키는 데 있어서의 막대의 효과에 직접적으로 영향을 준다.



편광 보상기(11)의 편광 변화 함수의 대칭성은 인터그레이터 막대(5)의 편광 변화 효과에 따라 조절된다. 통상적으로, 인터그레이터 막대(5)의 막대 모서리(16)의 각도 섹션들에 할당된 빔이 막대 변(17)의 각도 섹션에 할당된 빔보다 더 강력한 편광 변화 효과를 겪기 때문에, 이 경우에 제 1 섹터(12)는 제 2 섹터(13)보다 더 강력한 편광 변화 효과를 갖는다. 그러므로, 더 강한 편광 변화 효과 때문에, 제 1 섹터(12)는 도면에서 플러스 부호로 제공된다. 4중극 형상의 광분포가 동공 평면(23)에 또는 그 부근에서 설정되면, 이러한 분포 중 높은 광세기의 영역은 부분적으로 제 1 섹터(13)에 놓이며, 이는 특히 강력하게 편광에 영향을 주는 방법으로 인터그레이터 막대(5)에 의해 영향을 받으며, 따라서 특히 강력한 편광 보상이 이 경우에 요구된다.

각도의 함수로서 편광을 보상하는 데 사용되는 편광 보상기(11)는 위치-의존성 편광 보상 장치와 함께 사용될 수 있다. DE 102 11 762 에서 설명된 바와 같이, 이는  $\lambda/2$  만큼 지연을 도입하는 지연소자를 이용하여 가능하며, 상기 문서의 개시 내용은 본 명세서에 참조에 의해 통합된다. 이러한 지연소자는 특히 인터그레이터 막대 장치의 제 1 및 제 2 부분 사이에 위치하는  $\lambda/2$  판으로서 설계될 수 있다.

도 5는 편광 보상기의 한 실시예의 개략적인 평면도이다. 이 경우에 편광 보상기(11a)는 벌집 형태로 복굴절소자, 예컨대  $\text{CaF}_2$  로 이루어지며 공간을 채우는 방식으로 서로 이어서 배열되는 육각형 소자(18)들의 배열을 갖는다. 도면에서 화살표로 표시된, 소자(18)들의 주요한 결정학적 축들의 배향은, 소자(18)들의 두께에 있어서의 적당한 변화를 설정할 수 있도록 할 뿐만 아니라 소자들의 크기에 대응하는 공간 해상도를 갖는 소망하는 어떤 편광 변화도 설정하는 것이 가능하도록 선택될 수 있다. 래스터 형상의 배열들의 제조와 관련되는 상세한 내용에 대해서는 DE 101 24 803 A1 을 참조로 할 수 있으며, 그 개시 내용은 본 명세서에 참조에 의해 통합된다.

도 6은 편광 보상기의 다른 실시예의 개략적인 측면도이다. 여기서, 편광 보상기는 하나로 된 판(11b)으로서 설계되며 높이 프로파일(30)을 갖는다. 그러한 프로파일(30)은 표면을 구성하기 위한 통상적인 방법으로 제조될 수 있으며, 편광 변화가 높은 공간 주파수로 변화되도록 할 수 있다. 복굴절 재료, 예컨대 불화 마그네슘 또는 수정으로 이루어지는 그러한 판은 또한, 편광 변화기로서 래스터 배열(11a) 및 판(11b)을 모두 가질 수 있는 편광 보상기(11)의 일부로서 사용될 수도 있다. 이를 위해, 상기 판은 래스터 배열에 상기 판을 예컨대 눌러 붙임(wrining)으로써 래스터 배열에 결합될 수 있다. 편광 변화의 추가적인 미세한 조정은 이 경우에 판(11b)을 사용함으로써 성취될 수 있다.

물론, 도 5 및 도 6에 도시된 편광 보상기의 실시예에 대한 대안으로서, 예컨대 편광 특성이 편광 보상기를 제조하기 위하여 위치의 함수로서 변화하는 구조화된 복굴절 재료로 이루어진 판을 사용함으로써 다른 실시예가 고려될 수 있다. 또한, 도 2에 도시된, 제 2 광학 래스터소자(8)가 위치하는 동공 평면(23) 내의 편광 보상기의 위치 설정에 대한 대안으로서, 결상 대물렌즈의 동공 평면(62)에 상기 보상기를 배치하는 것도 가능하다.

편광 보상기를 제조하기 위한 본 발명의 제 1 단계는 각도의 함수로서 편광을 변화시키는 광학소자에 의해 유발되는 각도-의존성 편광 변화를 결정하는 것이다. 이는 시뮬레이션 계산에 의해 또는 적당한 측정 방법에 의해 이루어질 수 있다. 각도-의존성 편광 변화는 상기 각도-의존성 편광 변화를 적어도 부분적으로 보상하기 위해 조명 시스템의 동공 평면 내에서 설정되어야 하는 위치-의존성 편광 변화를 계산하는 데 사용된다. 편광 보상기는 이제, 상기 편광 보상기가 상기 계산된 편광 변화 함수를 가능한 정확하게 시뮬레이팅 하는데 사용될 수 있는 방법으로 제조된다. 방법을 완결하기 위하여, 편광 보상기는 소망하는 보상 효과가 발생되도록 조명 시스템의 동공 평면 내에 위치하게 된다.

### 도면의 간단한 설명

도 1은 편광 보상의 기능적인 원리를 개략적으로 도시한다.

도 2는 마이크로리소그래피 투영 노광 장치를 위한 본 발명에 따른 조명 시스템의 한 실시예의 개략적인 측면도이다.

도 3은 도 2의 조명 시스템의 일부에 대한 개략적인 측면도이다.

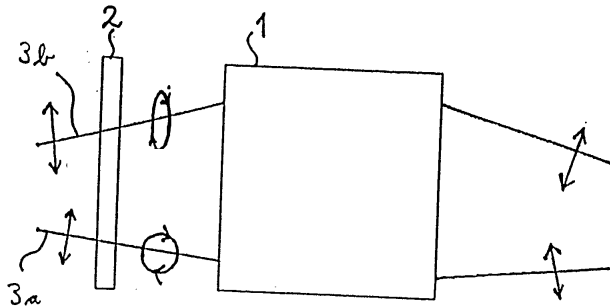
도 4는 인터그레이터 막대를 도시함과 함께, 인터그레이터 막대에 의해 유발된 편광 변화를 보상하는 데 요구되는 편광 보상기의 편광 변화 함수를 개략적으로 도시한다.

도 5는 본 발명에 따른 편광 보상기의 한 실시예에 대한 개략적인 평면도를 도시한다.

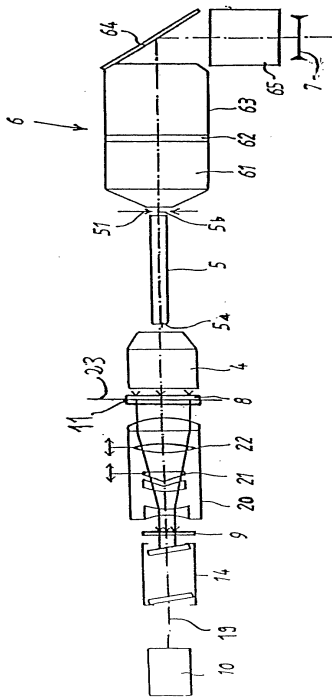
도 6은 본 발명에 따른 편광 보상기의 다른 실시예에 대한 개략적인 측면도를 도시한다.

도면

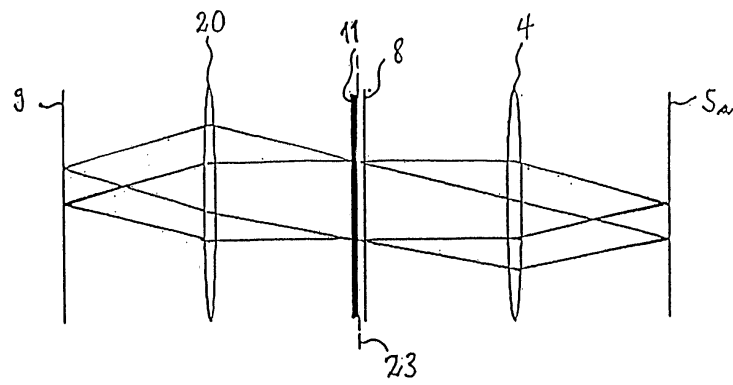
도면1



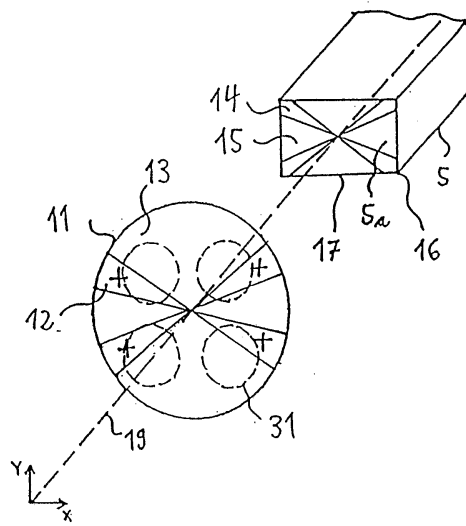
도면2



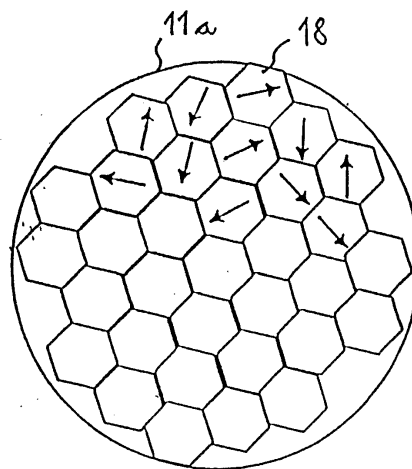
도면3



도면4



도면5



도면6

