



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2019년04월12일
(11) 등록번호 10-1968796
(24) 등록일자 2019년04월08일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
H01L 21/027 (2006.01) G03F 7/20 (2006.01)
(21) 출원번호 10-2014-7027710
(22) 출원일자(국제) 2012년03월29일
심사청구일자 2017년03월29일
(85) 번역문제출일자 2014년10월01일
(65) 공개번호 10-2014-0138828
(43) 공개일자 2014년12월04일
(86) 국제출원번호 PCT/EP2012/055621
(87) 국제공개번호 WO 2013/143594
국제공개일자 2013년10월03일
(56) 선행기술조사문헌
KR1020110106246 A
KR1020060039876 A
US20050146704 A1

(73) 특허권자
칼 짜이스 에스엠티 게엠베하
독일 오버코헨 73447 루돌프-에버-슈트라쎈 2
(72) 발명자
생거, 잉고
독일, 89522 하이든하임, 방겐뮐레 4
슐레세너, 프랑크
독일, 73447 오버코헨, 뉘켄베그 2
(74) 대리인
한양특허법인

전체 청구항 수 : 총 26 항

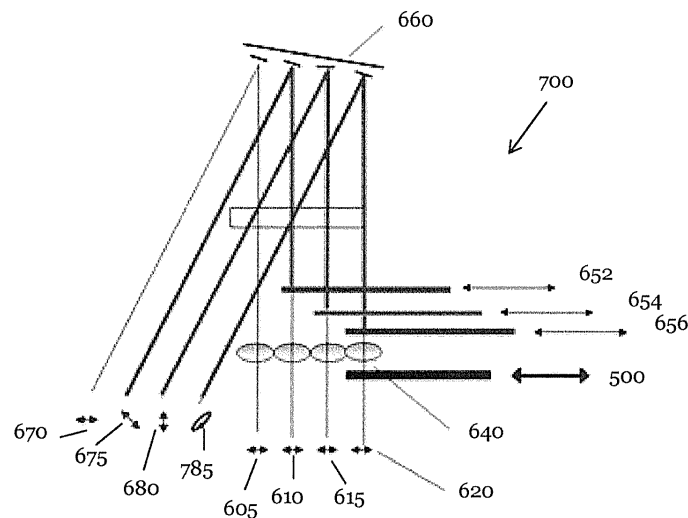
심사관 : 이석주

(54) 발명의 명칭 마이크로리소그래피 투영 노광 시스템의 채널의 결함을 보상하기 위한 장치 및 방법

(57) 요약

본 발명은 마이크로리소그래피 투영 노광 장치의 조명 시스템에 관한 것이며, 상기 조명 시스템은 (a) 복수의 채널 - 각각의 채널은 부분 빔을 가이드 하고 적어도 하나의 채널은 적어도 하나의 결함을 가진 - 및 (b) 상기 적어도 하나의 결함을 갖는 상기 적어도 하나의 채널 내에 배열되는 적어도 하나의 광학 소자 - 상기 광학 소자는 상기 채널의 상기 부분 빔의 상기 적어도 하나의 결함을 적어도 부분적으로 보상하게 됨 - 을 포함한다.

대표도 - 도7



명세서

청구범위

청구항 1

마이크로리소그래피 투영 노광 장치의 조명 시스템으로서,

- a. 복수의 채널 - 각각의 채널은 부분 빔을 가이드 하고 적어도 하나의 채널은 적어도 하나의 결함을 가짐 - ; 및
- b. 상기 적어도 하나의 결함을 갖는 상기 적어도 하나의 채널 내에 배열되는 적어도 하나의 광학 소자 - 상기 광학 소자는 상기 채널의 상기 부분 빔의 상기 적어도 하나의 결함을 적어도 부분적으로 보상하게 됨 - 를 포함하며;
- c. 상기 적어도 하나의 광학 소자는, 상기 부분 빔의 편광의 변형을 적어도 부분적으로 보상하는 스트레인 유도 (strain induced) 복굴절을 포함하고, 상기 스트레인 유도 복굴절은 그 광학적으로 관련된 영역의 외부인 상기 광학 소자의 영역에 로컬 지속 변형의 적어도 하나의 배열을 도입하는 것을 포함하는, 조명 시스템.

청구항 2

청구항 1에 있어서, 상기 적어도 하나의 결함은 상기 적어도 하나의 채널에서의 상기 부분 빔의 편광의 변형을 포함하는, 조명 시스템.

청구항 3

청구항 1에 있어서, 상기 적어도 하나의 광학 소자는 상기 부분 빔의 편광을 변형함으로써 상기 적어도 하나의 결함을 적어도 부분적으로 보상하는, 조명 시스템.

청구항 4

청구항 1에 있어서, 2차원 미러 어레이의 미러가 미리 결정된 표적 동공과 일치하는 동공의 외부 에지로 상기 적어도 하나의 광학 소자를 통과한 부분 빔을 보내는, 조명 시스템.

청구항 5

청구항 1에 있어서, 상기 적어도 하나의 광학 소자의 상기 스트레인 유도 복굴절은 고정된 방향을 갖는 고속축을 포함하는, 조명 시스템.

청구항 6

청구항 1에 있어서, 상기 적어도 하나의 광학 소자의 상기 스트레인 유도 복굴절은, 1nm 내지 10nm의 적어도 하나의 광학 소자의 상기 광학적으로 관련된 영역에서의 지연(retardation)을 포함하는, 조명 시스템.

청구항 7

청구항 5에 있어서, 상기 적어도 하나의 광학 소자는, 상기 채널의 상기 부분 빔의 편광에 대한 상기 적어도 하나의 광학 소자의 고속축의 배향을 선택함으로써 상기 부분 빔의 편광의 변형을 최대화하는, 조명 시스템.

청구항 8

청구항 1에 있어서, 상기 조명 시스템은 적어도 하나의 제 1 채널과 적어도 하나의 제 2 채널의 부분 빔을 단일 스팟에 중첩시키게 되어 있으므로, 중첩된 상기 빔의 지연이 상기 조명 시스템의 지연을 보상하는, 조명 시스템.

청구항 9

청구항 8에 있어서, 상기 적어도 하나의 제 1 채널의 상기 부분 빔의 편광은 상기 적어도 하나의 제 2 채널의

상기 부분 빔의 편광에 관하여 미리 결정된 크기만큼 회전되는, 조명 시스템.

청구항 10

청구항 1에 있어서, 상기 적어도 하나의 결합의 보상은 상기 조명 시스템에서 출사하는 빔의 선호되는 상태의 강도를 증가시키는, 조명 시스템.

청구항 11

청구항 1에 있어서, 상기 적어도 하나의 광학 소자는 상기 적어도 하나의 광학 소자의 광학적으로 관련된 영역의 스트레인을 유도하도록 액추에이터를 포함하게 되어 있는, 조명 시스템.

청구항 12

청구항 1에 있어서, 상기 적어도 하나의 광학 소자는 상기 조명 시스템의 동작 동안 상기 적어도 하나의 채널에 동적으로 삽입되게 되어 있는, 조명 시스템.

청구항 13

청구항 1에 있어서, 상기 적어도 하나의 광학 소자는 상이한 고정 고속축 및 상이한 양의 지연 중 적어도 하나를 갖고 제조되는 다수의 광학 소자를 포함하는, 조명 시스템.

청구항 14

청구항 13에 있어서, 상기 다수의 광학 소자는 각각 결합을 갖는 다수의 채널에 삽입되게 되어 있으므로, 상기 조명 시스템에서 출사하는 빔의 선호되는 상태의 강도가 최대화되는, 조명 시스템.

청구항 15

청구항 1에 있어서, 상기 적어도 하나의 광학 소자는 상기 부분 빔의 편광을 미리 결정된 양만큼 변화시키는 편광기를 포함하게 되어 있는, 조명 시스템.

청구항 16

청구항 1에 있어서, 상기 적어도 하나의 광학 소자는 상기 부분 빔을 반사시키기 위한 미러를 포함하는, 조명 시스템.

청구항 17

청구항 1에 있어서, 상기 적어도 하나의 광학 소자는 상기 부분 빔을 편향시키기 위한 렌즈를 포함하는, 조명 시스템.

청구항 18

청구항 1에 있어서, 상기 적어도 하나의 광학 소자는 적어도 2개의 채널에 대해 적어도 2개의 광학적으로 관련된 영역을 갖는 적어도 하나의 플레이트를 포함하게 되어 있고, 상기 광학적으로 관련된 영역은 광학적으로 관련되지 않은 상기 적어도 하나의 플레이트의 영역들 사이에 배열되는, 조명 시스템.

청구항 19

청구항 18에 있어서, 상기 적어도 2개의 광학적으로 관련된 영역은 1차원 로우 또는 2차원 직사각형 매트릭스로 배열되고, 상기 적어도 2개의 광학적으로 관련된 영역은 상기 부분 빔의 직경으로 조절된 직경을 가지며, 상기 적어도 2개의 광학적으로 관련된 영역은 상기 적어도 2개의 상이한 채널의 부분 빔들 사이의 거리로 조절된 거리를 갖는, 조명 시스템.

청구항 20

청구항 18에 있어서, 상기 플레이트는 적어도 2개의 상이한 결합을 보상하게 되어 있는 적어도 2개의 광학적으로 관련된 영역을 포함하는, 조명 시스템.

청구항 21

청구항 18에 있어서, 상기 플레이트의 상기 적어도 2개의 광학적으로 관련된 영역은 미리 결정된 양만큼 상기 부분 빔의 편광을 변화시키는 편광기를 포함하는, 조명 시스템.

청구항 22

청구항 1에 있어서, 초단 레이저 펄스가 적어도 하나의 배열의 로컬 지속 변형을 도입하도록 사용되는, 조명 시스템.

청구항 23

청구항 18에 있어서, 상기 플레이트는 상기 적어도 2개의 부분 빔의 빔 방향에 수직으로 이동되게, 회전되게, 또는 이동 및 회전되게 되어 있는, 조명 시스템.

청구항 24

청구항 18에 있어서, 상기 플레이트는, 상기 조명 시스템의 동작 동안 상기 적어도 2개의 채널의 부분 빔의 빔 경로에 동적으로 삽입되게 되어 있는, 조명 시스템.

청구항 25

마이크로리소그래피 투영 노광 시스템의 조명 시스템의 적어도 하나의 채널에서의 적어도 하나의 결함을 보상하는 방법으로서, 청구항 1 내지 청구항 24 중 어느 한 항의 조명 시스템을 사용하는, 결함을 보상하는 방법.

청구항 26

청구항 25에 있어서, 상기 적어도 하나의 광학 소자에 의해 최상으로 보상되는 결함을 갖는 적어도 하나의 채널에 적어도 하나의 광학 소자를 삽입하는 단계를 더 포함하는, 결함을 보상하는 방법.

청구항 27

삭제

청구항 28

삭제

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 마이크로리소그래피 투영 노광 시스템의 채널의 결함을 보상하기 위한 분야에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 마이크로리소그래피 투영 노광 시스템은 마이크로구조화된 구성요소의 생산, 특히, 집적 회로(IC)와 같은 반도체 구성요소의 생산을 위해 사용된다. 마이크로리소그래피 투영 노광 시스템은 필수 구성요소로서 광원, 조명 장치 또는 조명 시스템 및 투영 오브젝티브 또는 투영 시스템을 포함한다. 심자외선(DUV) 파장 범위의 전자기 방사선을 사용하는 현대의 투영 노광 시스템에서, 광원은 통상적으로 엑시머 레이저 시스템(248nm 파장에 대한 크립톤 플루오라이드(KrF) 엑시머 레이저, 193nm 파장에 대한 아르곤 플루오라이드(ArF) 레이저 또는 157nm 파장에 대한 플루오라이드(F₂) 엑시머 레이저)이다.

[0003] 조명 시스템의 특성은 마이크로리소그래피 투영 노광 시스템에 의해 성취될 수 있는 이미징 품질 및 웨이퍼 스루풋을 결정한다. 조명 시스템은 다양한 가능 조명 모드 또는 세팅을 위해 광원으로부터 광 빔을 형성할 수 있어야 한다. 예컨대 환형 필드 조명 및/또는 상이한 간섭도를 갖는 2중극 또는 4중극 탈축(off-axis) 조명과 같은 다양한 세팅은 기판상에 배열되는 감광성 층에 포토리소그래피 마스크의 구조 소자의 최적 이미징 콘트라스트를 생성하기 위해 사용된다. 동시에, 투영 노광 시스템은 적당한 공정 윈도우를 가져야 한다. 예컨대, 탈축 경사 조명은 2개의 빔 간섭에 의해 초점 심도(DoF)를 증가시키고 전체 시스템의 해상력을 증가시키기 위해 사용

될 수 있다.

- [0004] 특히 DUV 파장 범위에서 감소하는 파장을 갖는 전자기 방사선의 생성을 위한 상당한 노력 및 비용이 증가하기 때문에, 조명 시스템은 최고 효율을 갖는 다양한 세팅을 생성해야 한다. 더욱이, 임의의 비균질성이 기관상에 이미징되어야 할 피쳐 소자의 임계 치수(CD)를 감소시키기 때문에, 광 강도 분포는 조명 모드에 걸쳐서 가능한 균질해야 한다.
- [0005] 이러한 요건을 충족시키기 위하여, 광원의 광빔은, 광 조명 시스템 내의 마이크로구조화된 광 구성요소에 의해 개별적으로 형성되고 및/또는 다양한 채널로 보내지는 다수의 부분 빔으로 분리되거나 분할된다. 부분 빔을 분할하고 가이드하기 위해 상이한 원리를 사용하는 마이크로리소그래피 조명 시스템은 예컨대 US 2004/0108 167 A1 및 WO 2005/026 843 A2에서 개시된다.
- [0006] "채널"이라는 용어는 여기서 그리고 이하에서 조명 시스템 내의 볼륨(volume)을 의미하고, 이것을 통해 부분 빔은, 입력 빔의 분할하기에 의해 생성된 위치로부터 기타 부분 빔과 중첩되거나 결합되는 위치로 이동한다.
- [0007] 마이크로리소그래피 투영 노광 시스템의 투영 오브젝티브는 마스크를 통해 투과되는 광을 수집하여 투영 오브젝티브의 초점 평면에 배열된 기관상에 제공되는 감광성 층 또는 포토레지스트 상에 이것을 집속한다. 기관은 종종 예컨대 실리콘 웨이퍼와 같은 반도체 웨이퍼이다.
- [0008] 반도체 산업에서 집적 밀도를 지속적으로 증가시킨 결과, 포토리소그래피 투영 노광 시스템은 포토레지스트 상에 더 작은 구조를 투영해야 한다. 이러한 요구를 충족시키기 위하여, 먼저 언급된 바와 같이, 투영 노광 시스템의 노광 파장은 전자기 스펙트럼의 근자외선으로부터 중간 자외선을 거쳐서 심자외선 영역으로 이동된다. 현재, 193nm의 파장은 웨이퍼 상의 포토레지스트의 노광을 위해 통상적으로 사용된다. 결과적으로, 증가하는 해상도를 갖는 마이크로리소그래피 투영 노광 시스템의 제조는 더욱더 복잡해지므로 비용 또한 많이 들게 된다. 앞으로, 투영 노광 시스템은 전자기 스펙트럼의 극자외선(EUV) 파장 범위(예컨대, 10nm 내지 15nm의 범위)에서 매우 더 작은 파장을 사용할 것이다.
- [0009] 주어진 파장에서, 투영 노광 시스템의 해상도는 그 투영 시스템의 개구수(NA)를 증가시킴으로써 증가될 수 있다. M. Totzeck 외는, 기사 "이미징에 대한 편광 영향"(J. Microlith., Microlab., Microsyst., 4(3)(2005년 7월-9월), p.031108-1 -031108-15)에서 높은 NA 투영 시스템에 있어서, 조명 빔의 편광은 투영 노광 시스템의 해상도에 상당한 영향을 준다고 논하고 있다.
- [0010] 그러므로, 마이크로리소그래피 조명 시스템을 출사하는 광 빔의 간섭도를 제어할 수 있기 위하여, 그 편광 상태를 제어하는 것이 필수적이다. 이미지 콘트라스트를 최적화하기 위하여 투영 시스템에서만 아니라 조명 시스템의 동공 평면 및/또는 마스크 평면에서 미리 결정된 편광 분포를 조절하기 위한 다수의 접근법이 먼저 알려져 있다. 일부 완전하지 않은 예시를 이하에서 열거한다: WO 2005/069081 A2, WO 2005/031467 A2, US 6191880 B1, US 2007/0146676 A1, WO 2009/034109 A2, WO 2008/019936 A2, WO 2009/100862 A1, EP 1 879 071 A2, 및 DE 10 2004 011 733 A1.
- [0011] 상기 언급된 문서는 조명 시스템의 개별적인 채널의 다수의 부분 빔을 포함하는 전체 빔 또는 일부 서브 빔의 편광의 제어를 기재한다. 반대로, 예컨대 개별 채널 내의 결합이 있거나 약한 광학 구성요소에 의해 유발되는 개별적인 부분 빔의 편광 결합과 같은 결합이 존재할 수 있다. 하나 또는 다수의 부분 빔이 변화된 또는 심지어 규정되지 않은 편광 상태를 갖는 부분 빔의 중첩은 전체 빔의 예측불가능한 편광 상태를 야기할 수 있다. 이러한 상황은 미리 결정된 임계값 미만으로 떨어질 수 있는 선호되는 상태의 강도(IPS)의 감소를 야기한다.

발명의 내용

해결하려는 과제

- [0012] 그러므로, 본 발명의 하나의 목적은 부분 빔의 채널 내에서 부분 빔의 결합을 보상하기 위한 장치 및 방법을 제공하는 것이다.

과제의 해결 수단

- [0013] 본 발명의 제 1 양상에 있어서, 청구항 1 에 따른 방법이 제공된다. 일 실시예에서, 마이크로리소그래피 투영 노광 장치의 조명 시스템은 (a) 복수의 채널 - 각각의 채널은 부분 빔을 가이드하고 적어도 하나의 채널은 적어도 하나의 결합을 가짐 - ; 및 (b) 상기 적어도 하나의 결합을 갖는 상기 적어도 하나의 채널 내에 배열되는 적

어도 하나의 광학 소자 - 상기 광학 소자는 상기 채널의 상기 부분 빔의 상기 적어도 하나의 결함을 적어도 부분적으로 보상하게 됨 - 를 포함한다.

[0014] 부분 빔의 채널 내의 결함을 보상함으로써, 부분 빔의 로컬 결함이 마스크를 조명하기 위하여 조명 시스템을 출사하는 여러 부분 빔의 중첩에 의해 형성되는 빔의 품질을 악화시킬 수 있는 것이 회피된다. 특히, 여러 웰-비헤이브드 부분 빔과 단일 결함 부분 빔의 중첩은 조명 시스템을 출사하는 제 2 수량의 전체 광학 빔의 손상을 초래할 수 있다. 이러한 손상은 조명 시스템의 조명 빔(들)에 대한 복잡한 교정 수단을 초래할 수 있다.

[0015] 광학 소자는 개별 채널의 부분 빔의 빔 특성에만 최소한으로 영향을 주기 때문에, 광학 소자의 삽입은 부분 빔에 대한 보상 수단을 요구하지 않는다. 반대로, 결함의 보상은 조명 시스템을 출사하는 빔(들)의 선호되는 상태의 강도(IPS)를 효과적으로 증가시킨다.

[0016] 추가 양상에서, 적어도 하나의 결함은 적어도 하나의 채널에서 부분 빔의 편광의 변형을 포함한다. 다른 양상에서, 적어도 하나의 광학 소자는 상기 부분 빔의 편광을 변형함으로써 상기 적어도 하나의 결함을 적어도 부분적으로 보상한다.

[0017] 조명 시스템의 채널 내 결함의 일 예시는 부분 빔의 편광의 변형이다. 이러한 편광 변형의 소스는 광학 빔의 채널 내 광학 구성요소의 복굴절 및/또는 인터페이스 및 코팅에서의 반사 및/또는 투과일 수 있다. 복굴절은 고유의 또는 물질적인 복굴절이 될 수 있고 및/또는 광학적 구성요소의 장축에 의해 유도되는 스트레인에 의해 유도될 수 있다. 부분 빔의 편광을 선택적으로 변경함으로써, 편광의 변형은 적어도 부분적으로 보상될 수 있다.

[0018] 추가 양상에 있어서, 적어도 하나의 광학 소자는 상기 부분 빔의 편광의 변형을 적어도 부분적으로 보상하는 스트레인 유도(strain induced) 복굴절을 포함한다. 또 다른 유익한 효과에 있어서, 상기 스트레인 유도 복굴절은 그 광학적으로 관련된 영역의 외부인 상기 광학 소자의 영역에서의 로컬 지속 변형의 적어도 하나의 배열을 도입하는 것을 포함한다.

[0019] 투명 물질의 로컬 변형의 도입은 로컬 스트레인 유도된 복굴절 변경을 유발하는 것으로 잘 알려졌다. 유도된 로컬 변형을 함수로 기재하는 모델을 기초로, 로컬 변형의 도입을 위하여 사용되는 레이저 빔의 파라미터, 광학 소자의 물질에서 로컬 유도된 스트레인 분포가 제어될 수 있다. 그러므로, 미리 결정된 로컬 스트레인 분포는 광학 소자에 도입될 수 있다. 이러한 스트레인 분포는 개별적인 복굴절 분포를 야기한다.

[0020] 선호되는 실시예에서, 하나 또는 다수의 배열의 로컬 지속 변형은 광학적으로 관련되지 않은 광학 소자의 영역에 도입된다. 광범위한 스트레인 구성요소는 광학 요소의 광학적으로 관련된 영역으로 연장하고 개별적인 채널의 광학적 결함을 적어도 부분적으로 보상하는 스트레인 유도 복굴절 분포를 초래한다. 로컬 지속 변형의 배열은 컴퓨터 시스템의 도움으로 요구되는 복굴절 분포로부터 계산될 수 있다.

[0021] 로컬 지속 변형의 배열(들)이 광학 소자의 광학적으로 관련된 영역의 외부의 영역에 도입되는 구성은, 로컬 지속 변형의 배열이 부분 빔의 광자에 대한 영향을 가질 수 없다는 장점을 갖는다. 더욱이, 로컬 지속 변형의 배열은 광학 소자의 광학적으로 관련된 영역의 광학 특성을 악화시킬 수 없다.

[0022] 본 명세서에서, "필수적으로"라는 용어는 최신 기술의 측정 기법의 한계 해상도 미만인 수량의 변형을 의미한다.

[0023] 광학 소자의 광학적으로 관련된 영역은, 빔 또는 부분 빔이 광학 소자를 가로지르거나 빔 또는 부분 빔이 반사되어 나오는 영역이다. 광학적으로 관련이 없는 영역은 광학 소자의 모든 다른 영역 부분에 의해 주어진다.

[0024] 추가 양상에 있어서, 2차원 미리 어레이의 미러는 미리 결정된 표적 동공과 일치하는 동공의 외부 에지로 상기 적어도 하나의 광학 소자를 통과한 부분 빔을 보낸다.

[0025] 복굴절에 의해 유도된 지연은 동공 평면 내의 빔을 가로질러 대칭 변형을 보여준다. 이것은 동공 중심으로부터 동공 에지를 향해 증가한다. 그러므로, 부분 빔 또는 적어도 하나의 광학 소자를 가로질러서 한정된 지연을 얻는 부분 빔을 동공 에지를 향해 보냄으로써, 동공 에지의 지연이 보상될 수 있다. 이러한 공정은, 동공 평면의 강도 분포가 미리 결정된 표적 분포를 충족해야 한다는 제약을 고려해야 한다. 그러나, 동공 평면의 결함이 한정된 조명 시스템에서 보상되기 위하여 동공을 가로지르는 대칭 변경을 포함하는 것은 필수적인 것은 아니다.

[0026] 추가 유익한 양상에 있어서, 적어도 하나의 광학 소자의 스트레인 유도된 복굴절은 고정된 방향을 갖는 고속축을 포함한다.

- [0027] 고정된 방향을 갖는 고속축을 갖는 광학 소자에 스트레인 유도된 복굴절을 도입하는 단계는 편광 변경의 공간 리졸브된 교정을 허용한다.
- [0028] 다른 양상에서, 적어도 하나의 광학 소자의 스트레인 유도된 복굴절은 1nm 내지 10nm, 바람직하게는 2nm 내지 8nm 그리고 가장 바람직하게는 3nm 내지 6nm의 적어도 하나의 광학 소자의 광학적 관련 영역의 지연을 포함한다.
- [0029] 다른 선호되는 양상에서, 적어도 하나의 광학 소자는 채널의 부분 빔의 편광에 대한 적어도 하나의 광학 소자의 고속축의 배향을 선택함으로써 부분 빔의 편광의 변형을 최대화한다.
- [0030] 기재된 최적화된 공정은, 부분 빔이 선형 편광을 가지며 광학 소자가 고정된 방향을 갖는 고속축을 갖는 경우, 쉽게 수행된다. 그러나, 결함 보상은, 부분 빔이 임의의 편광을 가지며 스트레인 유도된 복굴절이 고정된 고속축을 생성하지 않는 경우 또한 수행될 수 있다.
- [0031] 다른 유익한 양상에서, 조명 시스템은 적어도 하나의 제 1 채널과 적어도 하나의 제 2 채널의 부분 빔을 단일 스팟에 중첩시키게 되므로, 중첩된 상기 부분 빔의 지연은 상기 조명 시스템의 지연을 보상한다.
- [0032] 이러한 특징은, 부분 중첩된 빔의 채널들 중 하나에 구체적으로 설계된 광학 소자를 삽입함으로써 조명 시스템을 출사하는 조명 빔을 형성하기 위하여, 부분 빔이 단일 스팟에서 중첩하는 다수의 채널의 결함을 보상하는 것을 허용하기 때문에, 유리하다. 결과적으로, 일부의 채널 또는 모든 채널이 결함을 갖는 다수의 채널의 결함 보상이 상당히 간소화된다.
- [0033] 추가 양상에서, 적어도 하나의 제 1 채널의 상기 부분 빔의 편광은 상기 적어도 하나의 제 2 채널의 상기 부분 빔의 편광에 관하여 미리 결정된 양만큼 회전된다.
- [0034] 추가 양상에 있어서, 적어도 하나의 결함의 보상은 상기 조명 시스템을 출사하는 빔의 선호되는 상태의 강도를 증가시킨다.
- [0035] 선호되는 상태의 강도(IPS)는 투영 노광 시스템의 이미징 품질에 있어서 중요한 특성이다. IPS는 그러므로 사용가능한 광자의 손실을 상당히 낮은 비율로 제한하는 임계값(예컨대, $IPS > 97\%$)에 의해 한정된다.
- [0036] 또 다른 양상에서, 적어도 하나의 광학 소자는 적어도 하나의 광학 소자의 광학적으로 관련된 영역의 스트레인을 유도하도록 액추에이터를 포함하게 된다. 추가 양상에서, 액추에이터는 압전 소자를 포함한다.
- [0037] 액추에이터와 광학 소자를 결합함으로써, 일시적으로 변화하는 스트레인이 새로운 상황에 대한 복굴절의 빠른 적용을 허용하는 광학 소자에 적용될 수 있다. 액추에이터는 고속축을 비접촉 상태로 남기는 지연을 변경할 수 있거나 이것은 고속축의 배향 및 지연 모두를 변경하도록 배열될 수 있다. 또한, 광학 소자에 2개 이상의 액추에이터를 배열하는 것이 고려될 수 있다.
- [0038] 또 다른 양상에 있어서, 적어도 하나의 광학 소자는 상기 조명 시스템의 동작 동안 상기 적어도 하나의 채널에서 동적으로 삽입되게 된다.
- [0039] 이러한 특징은 그 동작 동안 투영 노광 시스템의 IPS의 최적화를 가능하게 한다. 이것은, 광학 소자가 부분 빔의 광학 강도를 필수적으로 변경하거나 그 위상 관계를 변화시키지 않을 것을 요청한다.
- [0040] 추가 실시예에서, 적어도 하나의 광학 소자는 상이한 고정 고속축 및/또는 상이한 양의 지연에 의해 제조되는 다수의 광학 소자를 포함한다.
- [0041] 예컨대, 다양한 양의 물질적인 복굴절을 갖는 마이크로리소그래피 조명 시스템의 채널의 결함이 존재할 수 있다. 그러므로, 조명 시스템의 채널에서 일어나는 상이한 결함에 적응되는 로컬 지속 변형의 다수의 배열을 갖는 광학 소자를 생성하는 것이 바람직할 수 있다.
- [0042] 또 다른 양상에 있어서, 상기 다수의 광학 소자는 각각이 결함을 갖는 다수의 채널에 삽입되게 되므로, 상기 조명 시스템을 출사하는 상기 빔의 선호되는 상태의 강도가 최대화된다.
- [0043] 마이크로리소그래피 조명 시스템은 다수의 채널을 갖는다. 그러므로, 하나 이상의 채널이 결함을 갖는 것이 가능하다. 2개 이상의 채널의 결함은 동일한 결함의 양을 필수적으로 가질 수 있거나 상이한 채널의 결함은 상이한 결함 양을 가질 수 있다. 이러한 결함은 개별적인 결함을 최적으로 보상하는 개별적인 결함 채널에 광학 요소를 삽입함으로써 보상될 수 있다. 결함 보상은 중첩된 부분 빔의 IPS에 의해 제어된다.

- [0044] 또 다른 양상에서, 적어도 하나의 광학 소자는 미리 결정된 양만큼 상기 부분 빔의 편광을 변화시키는 편광기를 포함하도록 적응된다.
- [0045] 편광기에 의해 광학적으로 사용되지 않은 영역에 로컬 지속 변형의 배열을 도입함으로써, 편광기는 부분 빔에 미리 결정된 편광 조작을 수행할 수 있고 채널 내에 편광 변경에 의해 유도된 결함을 동시에 보상할 수 있다. 이러한 구성은 마이크로리소그래피 조명 시스템의 채널의 공간을 절약할 수 있다.
- [0046] 추가 양상에서, 적어도 하나의 광학 소자는 상기 부분 빔을 반사시키기 위한 미러를 포함한다. 또 다른 양상에 있어서, 적어도 하나의 광학 소자는 상기 부분 빔을 편향시키기 위한 렌즈를 포함한다.
- [0047] 먼저 언급된 바와 같이, 마이크로리소그래피 조명 시스템은 통상적으로 각각이 부분 빔을 가이드하는 다수의 상이한 채널을 포함한다. 통상적으로, 다수의 부분 빔 사이에 종종 적은 공간이 존재한다. 그러므로, 조명 시스템에서 공간을 절약하기 위하여 광학 소자의 추가 기능과 결함 보상을 결합하는 것이 유리할 수 있다.
- [0048] 또한, 채널에서의 결함 보상을 위해 구체적으로 설계된 하나 이상의 광학 소자의 삽입과 상기 논의된 접근을 결합하는 것도 고려할 수 있다. 예컨대 채널 매트릭스의 에지 및/또는 코너에 가까운 채널과 같이 특정 채널의 광학 소자에 미리 결정된 양의 결함 보상을 더하고 특정 결함을 갖는 일부 채널에만 추가 광학 소자를 삽입하는 것이 유리할 수 있다.
- [0049] 다른 양상에 있어서, 적어도 하나의 광학 소자는 적어도 2개의 채널에 대해 적어도 2개의 광학적으로 관련된 영역을 갖는 적어도 하나의 플레이트를 포함하도록 적응되고, 광학적으로 관련된 영역은 광학적으로 관련이 없는 적어도 하나의 플레이트의 영역들 사이에 배열된다.
- [0050] 마이크로리소그래피 조명 시스템의 채널 배열이 통상적으로 다수의 채널을 포함하므로, 다수의 채널의 결함을 개별적으로 보상하는 것이 번거로운 상황이 존재할 수 있다. 채널 배열의 다수의 인접한 채널이 결함을 가질 경우에 개별 채널의 결함 보상의 이러한 접근은 공간 제약으로 인해 제한될 수 있다. 그러므로, 다수의 채널의 결함을 보상할 수 있는 플레이트를 생성하는 것이 유용할 수 있다.
- [0051] 다른 양상에 있어서, 적어도 2개의 광학적으로 관련된 영역은 1차원 로우 또는 2차원 직사각형 매트릭스로 배열되고, 적어도 2개의 광학적으로 관련된 영역은 부분 빔의 직경으로 조절된 직경을 갖고, 적어도 2개의 광학적으로 관련된 영역은 적어도 2개의 상이한 채널의 부분 빔들 사이의 거리로 조절된 거리를 갖는다.
- [0052] 추가 양상에서, 플레이트는 적어도 1개의 상이한 결함을 적어도 부분적으로 보상하도록 적응되는 적어도 하나의 광학적으로 관련된 영역 및 스트레인 유도된 복굴절을 가지지 않는 적어도 하나의 광학 관련 영역을 포함한다.
- [0053] 단일 채널에 대한 광학 소자와 유사하게, 플레이트는 예컨대 결함 보상 및 미리 결정된 편광 변경을 생성하는 것과 같은 다수의 기능을 통합할 수 있다.
- [0054] 다른 양상에서, 플레이트는 적어도 2개의 상이한 결함을 보상하도록 된 적어도 2개의 광학적으로 관련된 영역을 포함한다.
- [0055] 추가 양상에 따라 플레이트의 적어도 2개의 광학적으로 관련된 영역은 미리 결정된 양만큼 부분 빔의 편광을 변화시키는 편광기를 포함한다.
- [0056] 다른 양상에서, 초단 레이저 펄스는 적어도 하나의 배열의 로컬 지속 변형을 도입하도록 사용된다.
- [0057] 추가 유익한 양상에서, 상기 플레이트는 상기 적어도 2개의 부분 빔의 빔 방향에 필수적으로 수직으로 움직이고 및/또는 회전되게 된다.
- [0058] 단일 채널에 대한 광학 소자와 유사하게, 이러한 특징은 IPS 손실이 최소화된 채널 매트릭스 내의 위치로 플레이트를 조정함으로써 결함 보상의 최적화를 가능하게 한다.
- [0059] 다른 양상에 있어서, 플레이트는 상기 조명 시스템의 동작 동안 상기 적어도 2개의 채널의 부분 빔의 빔 경로에 동적으로 삽입되게 된다.
- [0060] 추가 유리한 양상에 있어서, 마이크로리소그래피 투영 노광 시스템의 조명 시스템의 적어도 하나의 채널에서의 적어도 하나의 결함을 보상하는 방법은 상기 기재된 양상 중 어느 하나의 조명 시스템을 사용한다.
- [0061] 마지막으로, 다른 양상은 적어도 하나의 광학 소자에 의해 최상으로 보상되는 결함을 갖는 적어도 하나의 채널에 적어도 하나의 광학 소자를 삽입하는 단계를 더 포함한다.

도면의 간단한 설명

[0062]

본 발명을 더욱 잘 이해하고 그 실질적인 응용을 이해하기 위하여, 이하의 도면이 제공되고 이후에 참조된다. 도면은 오직 예시로서 주어지고 본 발명의 권리 범위를 결코 제한하지 않는 것이 주목되어야 한다.

도 1은 마이크로리소그래피 투영 노광 시스템의 필수적인 구성요소를 개략적으로 제시한다.

도 2은 마이크로리소그래피 조명 시스템의 채널 배열의 단면을 개략적으로 도시한다.

도 3은 포토리소그래피 마스크의 평면에서 분석된 선형으로 편광된 광학 빔의 DUV 투영 노광 시스템의 조명 시스템의 지연의 분포를 도시하고, 여기서 도 3a는 조명 시스템의 초점 평면의 시계(field of view)의 좌측 부분을 재현하고, 도 3b는 중앙 부분을 나타내며 도 3c는 우측 부분을 표시한다.

도 4는 광학 소자의 로컬 지속 변형(local persistent modification)의 배열을 도입하기 위하여 장치의 블록 다이어그램을 개략적으로 나타낸다.

도 5는 광학적으로 관련된 영역 및 광학적으로 관련되지 않은 영역을 갖는 광학 소자를 개략적으로 도시하고, 이들 영역에 로컬 지속 변형의 배열이 도입된다.

도 6은 도 2의 컷아웃을 개략적으로 나타내고, 여기서 편광 플레이트는 다양한 채널의 부분 빔에 삽입된다.

도 7은 광학 소자가 개별적인 부분 빔의 편광을 변경하도록 채널들 중 하나에 배열되는 도 6을 도시한다.

도 8은 2개의 중첩된 부분 빔의 지연이 추가적인 것을 개략적으로 도시한다.

도 9는 4×4 부분 빔의 매트릭스에 대한 4×4 광학적으로 관련된 영역의 배열을 갖는 플레이트를 개략적으로 도시하고, 여기서 광학적으로 관련된 영역의 일부는 상이한 배향의 고속축 및 상이한 양의 지연을 갖는 스트레인 유도된 복굴절을 초래하기 위한 로컬 지속 변형의 상이한 배열을 갖는다.

도 10은 광학적으로 관련된 영역의 스트레인 유도된 복굴절의 4개의 상이한 구성을 갖는 도 9의 플레이트를 개략적으로 도시하고, 각각의 구성은 상이한 배향의 그 고속축 및 상이한 양의 지연을 갖는다.

도 11은 채널 매트릭스의 일부에서의 3개의 편광 플레이트와 제 1 보상 플레이트의 결합을 개략적으로 도시한다.

도 12는 채널 매트릭스의 일부에서의 3개의 편광 플레이트와 제 2 보상 플레이트의 결합을 개략적으로 도시한다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0063]

이하에서, 본 발명은, 본 발명의 예시적인 실시예가 도시된 동반하는 도면을 참조하여 더욱 상세히 기재될 것이다. 그러나, 본 발명은 상이한 형태로 구현될 수 있고 본 명세서에 상술된 실시예에 한정되는 것으로 이해되어서는 안된다. 그보다는, 이러한 실시예가 제공되어서, 본 공개는 완전해질 것이며 당업자에게 본 발명의 권리 범위를 전할 것이다.

[0064]

도 1은 마이크로리소그래피 투영 노광 시스템(100)의 필수적인 구성요소를 개략적으로 도시한다. 광원(100)은 선형으로 편광된 전자기 방사선을 빔 확장 유닛(120) 내로 방출한다. 리소그래피 시스템에 있어서, 자외선(UV) 또는 DUV 파장 범위에서 엑시머 레이저는 통상적으로 광원(110)으로서 적용된다. 먼저 언급된 바와 같이, KrF 엑시머 레이저 시스템은 248nm에 사용되고, ArF 엑시머 레이저 시스템은 193nm에 사용되며 F₂ 엑시머 레이저 시스템은 157nm 파장 범위에 사용된다. 엑시머 레이저 시스템은 통상적으로 선형으로 편광된 전자기 방사선을 방출한다. 더욱이, 엑시머 레이저 시스템은 나노초 범위의 펄스 기간을 갖는 광 펄스 또는 레이저 펄스를 일반적으로 방출한다. 미래의 포토리소그래피 시스템에서 사용되는 기타 파장에 이하에서 논의되는 시스템 및 방법을 적용하는 것 또한 가능하다.

[0065]

빔 확장 유닛(120)은 밀리미터에서 센티미터 범위로 레이저 빔(145)의 직경을 증가시킨다. 예컨대, 확장 유닛(120)에 입사하는 빔은 15nm×20nm의 크기를 가질 수 있고 확장 유닛(120)을 출사하는 빔은 예컨대 80mm×80mm의 치수를 가질 수 있다.

[0066]

도 1의 예시적인 실시예에서, 조명 시스템(130)은 3개의 상이한 부분을 포함한다. 제 1 파트(131)(광학 유닛으로 불림)는 광원(100)에 의해 생성되고 빔 확장 유닛(120)에 의해 확장되는 광 빔을 부분 광 빔 또는 부분 빔

(도 1에서 미도시)으로 분할하기 위하여 광학 구성요소를 포함한다. 부분 빔의 생성 및 형성의 상세는 도 2의 맥락에서 논의될 것이다. 편향 미러(132)는 부분 빔을 제 2 부분(134)(렌즈 그룹으로도 불림)에 보낸다. 제 2 부분(134)에서, 부분 빔이 성형되고 광학 강도의 공간 분포가 재배열된다. 제 2 부분(134)의 출사에서, 레티클 마스크 시스템(REMA)이 배열되고 조절가능한 필드 스탑(도 1에 표시되지 않음)으로서 사용될 수 있는 중간 필드 평면이 존재한다. 제 3 부분(136)은 웨이퍼(150) 상에 레티클 마스크 시스템을 이미징하는 오브젝티브를 포함하고, 이러한 레티클 마스크 시스템은 조명 시스템(130)의 추가 필드 평면에 배열된다.

[0067] 투영 오브젝티브(140)는 마스크(150)를 가로지르는 광을 기관(160) 상에 배열된 감광성 층(170) 상에 이미징한다. 기관(150)은 종종 실리콘 웨이퍼이다.

[0068] 도 2는, 조명 시스템(130)의 제 1 부분(131) 및 제 2 부분(134)에 배열된 조명 시스템(130)의 제 1 일부분을 더욱 상세히 개략적으로 설명한다. 확장된 광 빔(205)은 조명 시스템(130)의 제 1 부분(131)에 입사한다. 제 1 렌즈(210)는 추가 공정을 위하여 확장된 광 빔(205)을 성형한다. 이어서, 마이크로 렌즈의 2차원 래스터 어레이(215)는 확장된 빔(205)을 다수의 부분 빔(235)으로 분할한다. 다수의 부분 빔(235)은 규칙적으로 배열되고 상호 평행하다. 마이크로 렌즈(225)의 추가 어레이는 부분 빔(235)의 빔 각도를 조절한다.

[0069] 예시적인 실시예에서, 확장된 빔은 80mm×80mm의 치수를 갖는다. 마이크로렌즈(215)의 2차원 래스터 어레이는 어레이 또는 20×20 부분 빔(205)의 매트릭스를 야기하는 예컨대 4mm×4mm의 정사각형으로 빔을 분할한다. 이것은, 논의된 예시에서, 부분 빔(235)의 채널(220)이 4mm×4mm의 빔 방향에 수직인 치수를 갖는다는 것을 의미한다. 도 2에서, 채널(220)은 점선에 의해 표시된다. 2개의 2차원 마이크로 렌즈 어레이(215 및 225)는 2mm×2mm의 영역에 부분 빔(235)을 집중시킨다. 이하에서 기재되는 도 10 내지 도 12의 논의에서 적용되는 조명 시스템은 64×64 미러 소자의 멀티 미러 어레이(MMA)를 사용한다.

[0070] 마이크로렌즈 어레이(225)의 다운스트림에서, 편광 플레이트(230)가 부분 빔(235)의 일부 채널(220)에 삽입된다. 편광 플레이트(230)는 미리 한정된 각도만큼 편광을 회전시킴으로써 및/또는 원형 편광된 부분 빔(235)을 형성함으로써 한정된 방식으로 부분 빔의 선형 편광을 변화시킨다. 그러므로, 편광 플레이트(230)는 마스크(150)를 조명하기 위하여 조명 시스템(130)을 출사하는 빔(285)의 미리 결정된 편광 상태를 설정하는 것을 허용한다.

[0071] 부분 빔(235)의 각각은 2차원 미러 어레이(250)의 개별적인 미러(240)에 충돌한다. 논의된 예시에서, 미러 어레이(250)의 미러(240)는 평면이며 3mm×3mm의 크기를 갖는다. 미러(240)의 각각은 서로 수직으로 정렬된 2개의 틸트축에 대하여 경사질 수 있다. 미러(240)의 각각의 경사 운동은 전기 연결(255)을 통해 미러 어레이(250)에 연결되는 제어 유닛(260)에 의해 개별적으로 제어될 수 있다.

[0072] 개별적인 미러(240)는 4mm×4mm의 정사각형 영역에 위치되고 이 정사각형 영역은 2차원 미러 어레이(250) 상에서 서로 옆에 위치된다. 개별적인 미러(240)의 수는 부분 빔(235)의 수로 조절되고 논의된 예시에서 이것은 400 이상이 된다. 미러 어레이(250)는 조명 시스템(130)의 제 1 부분(131)의 편향 미러(132) 상에 배열된다. 미러 어레이(250) 대신에, 제어가능한 반사성 회절 격자의 어레이는 또한 미리 결정된 방향으로 부분 빔(235)을 편향시키기 위하여 사용될 수 있다.

[0073] 광학 구성요소(265)는 미러(240)로부터 반사된 부분 빔(235)을 형성하고 성형하기 위하여 사용된다. 이러한 목적으로, 적어도 일부의 광학 구성요소(265)는 조명 시스템(130)(도 2에서 미도시)의 광학 축을 따라 이동가능하다. 예컨대, 광학 소자(265)는 줌 액시콘(zoom-axicon) 오브젝티브를 형성할 수 있다. 광학 구성요소(265)의 출사 동공은 조명 시스템(130)의 동공 성형 표면이다.

[0074] 논의된 예시에서, 래스터 소자(270)가 동공 성형 평면에 배열되거나 이것에 가깝게 배열된다. 래스터 소자(270)는 다수의 기능을 충족시킬 수 있는 회절 또는 굴절 광학 소자의 2차원 어레이를 갖는다. 래스터 소자(270)는 입사 부분 빔(235)을 성형한다. 또한, 이것은 마스크 또는 레티클(150)이 배열되는 조명 시스템(130)의 출사 동공(도 2에서 미도시)을 균질하게 조명하기 위하여 후속하는 필드 평면에서 중첩하는, 래스터 소자(270)를 떠나는 부분 빔을 형성하여 이들 부분 빔을 믹싱한다. 래스터 소자(270)는 2차원 프리즘 어레이로서 실현될 수 있고 여기서 개별적인 프리즘이 바람직하게 균질화 필드 평면을 조명하기 위하여 배열된다. 래스터 소자(270) 대신에, 통합기 로드 또는 플라이즈 아이 콘덴서(integrator rod or a fly's eye condenser)의 형태인 종래의 믹싱 소자가 사용될 수 있다(도 2에서는 미도시).

[0075] 렌즈(280)는, 마스크 시스템을 갖는 균질화 필드 평면을 마스크(150)가 배열되는 레티클 평면(290)상에 투영하는 조명 시스템(130)의 제 3 부분(136)에 배열되는 오브젝티브를 나타낸다.

- [0076] 미리 어레이(250)는 미리 어레이(250)의 미리(240) 상에 입사하는 부분 빔(235)의 각도 분포를 변화시키므로 확장된 빔(205)의 광 강도 분포를 재배열한다. 도 2에 개략적으로 도시된 예시에서, 빔(205)은 2중극 세팅을 형성하도록 사용될 수 있는 2개의 출력 빔(285)으로 집중된다. 도 2의 예시에서, 광학 빔(235)의 상부 부분이 2중극 세팅의 제 1 일부분을 형성하도록 사용되고 광학 빔(235)의 하부 부분이 2중극 세팅의 제 2 일부분을 형성하도록 사용된다. 그러나, 도 2의 2중극 세팅 또는 일반적으로 미리 결정된 세팅을 형성하기 위하여 광학 빔(235)의 상이한 분리를 적용하는 것 또한 가능하다.
- [0077] 더욱이, 미리 어레이(250)는 동공 평면의 개별적인 일부분에서 개별적인 미리의 개별적인 경사에 의해 개별적인 부분 빔(235)을 스위칭할 수 있다. 이것은 동공 평면 내의 개별적인 지연 분포를 보상하기 위하여 조명 시스템(130)의 동공 평면 내에 바람직한 또는 미리 결정된 지연 분포를 설정하는 것에 대한 가능성을 제공한다. 기재된 지연 보상 공정은 광학 강도가 도 2의 예시에서 2중극 세팅인 미리 결정된 세팅 내에 균질하게 분포되는 요건을 추가적으로 충족해야 한다.
- [0078] 2차원 래스터 어레이(215)로부터 2차원 래스터 어레이(270)로의 그 경로 상에서, 부분 빔(235)은 예컨대, 마이크로렌즈 어레이(225), 편광 플레이트(230) 및 광학 구성요소(265)와 같은 다수의 광학 소자를 가로지른다. 더욱이, 부분 빔(235)은 미리(240)로부터 반사된다. 부분 빔(235)과 광학 구성요소(215, 225, 240, 230, 265, 270)의 이러한 각각의 상호작용에서, 부분 빔(235)은 왜곡될 수 있다. 예컨대, 부분 빔(235)의 광자는 부분 빔(235)의 강도의 감소를 야기하는 빔으로부터 흡수되거나 산란될 수 있다. 또한, 부분 빔(235) 내의 위상 관계는 광학 구성요소(215, 225, 240, 260, 265, 270)와의 상호작용에 의해 왜곡될 수 있다. 더욱이, 부분 빔(235)의 편광은 구성요소(215, 225, 230, 240, 265, 270)의 인터페이스 및/또는 코팅에서 부분 빔(235)의 반사 및/또는 투과에 의해 왜곡될 수 있다. 추가적으로, 광학 소자(215, 225, 230, 265, 270)의 고유의 또는 물질적인 복굴절은 부분 빔(235)의 편광 상태를 변화시킬 수 있다.
- [0079] 이하의 기재는 편광 변경의 보상에 집중하고, 부분 빔(235)은 개별적인 채널(220)에 그 경로 동안 이 보상을 요구한다. 그러나, 논의된 수단은 또한 부분 빔(235)의 다른 결함을 보상하기 위하여 사용될 수 있음이 이해된다.
- [0080] 다음 단계에서, 광학 소자의 제조가 기재되고 이것은 부분 빔(235)의 편광 변경을 보상할 수 있다. 이어서, 부분 빔(235)의 채널(220)의 광학 소자의 삽입의 예시가 논의된다.
- [0081] 도 3은 마스크(150)의 평면(290)에서의 투영 노광 시스템(100)의 조명 시스템(130)의 광학 구성요소(215, 225, 230, 265, 270)의 고유의 또는 물질적인 복굴절의 효과를 개략적으로 도시한다. 도 1의 논의에서 먼저 언급된 바와 같이, 레이저원(110)의 출력 빔(205)은 필수적으로 선형으로 편광된다. 통상적으로, 빔(205)은 (도 2의 지면에서) 수평으로 편광되거나 (도 2의 지면에 수직으로) 수직으로 편광된다.
- [0082] 도 3은 45° 축 상으로의 벡터 지연의 투영을 설명하는 스칼라 복굴절 구성요소(Ret45)의 예시적인 도면을 나타내고, 여기서 각도는 x-축에 관하여 측정된다. 도 3a 내지 도 3c는 지면이 조명 시스템(130)의 렌즈 에지를 향해 강하게 증가함을 명백하게 나타낸다. 또한 도 3a 내지 도 3c는 또한 지연이 또한 강하게 동공 에지를 향해 증가하는 것을 나타낸다. 이것은, 조명 시스템(130)의 광학 소자(215, 225, 230, 265, 270)의 물질적인 복굴절은 강한 필드 및 동공 의존성 모두를 갖는 것을 의미한다.
- [0083] 물질적인 복굴절을 갖는 광학 소자(215, 225, 230, 265, 270, 500)의 지연(Δ)은 이하의 식에 따라 광학 소자(215, 225, 230, 265, 270, 500)의 두께(d) 및 그 고속축(n_f)과 저속축(n_s)의 굴절률에 의해 결정된다:
- [0084]
$$\Delta = d \cdot (n_s - n_f) = d \cdot \Delta n = d \cdot \delta \quad (1)$$
- [0085] δ 는 복굴절로 불린다.
- [0086] 광학 소자(215, 225, 230, 265, 270)의 물질적인 복굴절에 의해 초래되는 지연(Δ)은 부분 빔(235)의 편광 상태를 변경시키므로 마스크(150)의 조명 필드(290)에 걸친 조명 빔(285)의 편광의 변형을 야기한다. 결과적으로, 광학 구성요소(215, 225, 230, 265, 270)의 물질적인 복굴절에 의해 도 3에서 예시적으로 흩어지는 편광 변경은 선호되는 상태의 강도(IPS)의 감소를 야기한다. IPS 스펙은 마이크로리소그래피 투영 노광 시스템(100)의 고객에게 중요한 특징이다. 그러므로, IPS 손실이 보상되어야 하므로 투영 노광 시스템(100)은 미리 결정된 IPS 임계값을 충족한다. 현재, 통상적인 IPS 스펙은 예컨대 조명 세팅에 따라 94% 내지 98%의

범위이다.

[0087] 이러한 높은 IPS 스펙 임계값은 대략 10nm의 범위의 모든 외부 기여도를 포함하는 전체 투영 노광 시스템(100)의 지연 버젯(retardation budget)을 야기한다. 그러므로, IPS 스펙은 마이크로리소그래피 투영 노광 시스템(100)의 투영 시스템(140) 뿐만 아니라 조명 시스템(130)의 모든 광학 소자(215, 225, 230, 265, 270)에 대한 새로운 복굴절 요건을 설정한다. 더욱이, 이것은 마스크(150), 포토레지스트(170) 및 마스크(150)의 펠리클(도 1에서 미도시)에 의해 유도된 편광 변경을 상당히 요구한다. 투영 노광 시스템(100)의 부분이 아닌 마지막 구성요소의 영향은 본 발명에 기재되지 않는다.

[0088] 도 4는 장치(400)의 개략적인 블록 다이어그램을 도시하고, 이러한 장치는, 투영 노광 시스템(100)의 광학 소자(215, 225, 230, 265, 270)의 물질적인 복굴절의 효과를 보상하기 위하여 광학 소자(215, 225, 230, 265, 270)에서 특히 도 5의 맥락에서 논의되는 특정 광학 소자(500)에서의 로컬 지속 변형의 배열을 도입하도록 사용될 수 있다. 장치(400)는 3차원으로 이동가능한 척(chuck(420))을 포함한다. 광학 소자(410)는 예컨대 클램핑(clamping)과 같은 다양한 기법을 사용함으로써 척(420)에 고정될 수 있다. 광학 소자(410)는 도 5에 논의된 특정 광학 소자(500) 뿐만 아니라 도 2의 광학 소자(215, 225, 265, 270) 중 하나가 될 수 있다.

[0089] 장치(400)는 펄스 또는 레이저 펄스의 빔 또는 광 빔(435)을 생성하는 펄스 레이저원(430)을 포함한다. 레이저원(430)은 가변 기간의 광 펄스 또는 레이저 펄스를 생성한다. 펄스 기간은 10fs만큼 낮을 수 있되 최대 100ps로 지속적으로 증가될 수 있다. 펄스형 레이저원(430)에 의해 생성되는 광 펄스의 펄스 에너지는 또한 펄스당 0.01μJ에서 펄스당 최대 10mJ에 도달하는 상당한 범위에 걸쳐 조절될 수 있다. 또한, 레이저 펄스의 반복 속도는 1Hz에서 100MHz의 범위를 포함한다. 선호되는 실시예에서, 광 펄스는 800nm의 파장에서 티타늄 사파이어(Ti:Sapphire) 레이저 동작에 의해 생성될 수 있다. 그러나, 이하에서 기재된 방법은 이러한 레이저 형태에 한정되지 않고, 원칙적으로 모든 레이저 형태가 사용될 수 있고, 이는 광학 소자(410)의 물질에 대한 밴드 갭보다 작고 펨토초 범위의 기간을 갖는 펄스를 생성할 수 있는 광자 에너지를 갖는다. 그러므로, 예컨대, Nd-YAG 레이저 또는 색소 레이저 시스템 또한 적용될 수 있다.

[0090] 장치(400)는 또한 하나 이상의 펄스 레이저원(430)(도 4에 미도시)을 포함할 수 있다.

[0091] 이하의 표는, 광학 소자(410)의 로컬 지속 변형의 배열을 도입하기 위하여 일 양상에서 사용되는 주파수 두 배의 Nd-YAG 레이저 시스템의 레이저 빔 파라미터의 개요를 제시한다. 단일 로컬 지속 변형이 광학 소자(410)의 밀도를 로컬 변형한다. 광학 소자(410)의 로컬 변경 밀도는 광학 소자(410)의 적어도 하나의 적은 볼륨 내에서 불연속적으로 변형되고, 적어도 하나의 적은 볼륨은 픽셀로 불린다. 더욱이, 단일 로컬 지속 변형의 로컬 변경 밀도는 유도된 픽셀의 로컬 지속 변형 주위에 스트레인 분포를 유도한다. 광학 소자(410)의 물질의 고유 배열의 다수의 픽셀을 도입하거나 기록함으로써, 바람직한 스트레인 분포가 생성될 수 있다.

[0092] 불투과성의 유도된 변화($\Delta\beta_{ij}$)는 물질의 유도된 스트레인에 선형적으로 의존하고, 불투과성(β) 및 유전율(ϵ)은 이하에 의해 연결된다:

$$\epsilon = \frac{1}{\beta} \quad (2)$$

[0094] 이러한 의존도는 스트레스 오프셋 매트릭스의 구성요소의 도움으로 기재될 수 있다:

$$\Delta\beta_{ij} = \sum_{k=1, l=1}^{3,3} q_{ijkl} \sigma_{kl} \quad (3)$$

[0096] 그러므로, 광학 소자(215, 225, 230, 265, 270, 500)의 픽셀을 도입하거나 기록함으로써 광학 소자(215, 225, 230, 265, 270, 500)의 물질에 유도되는 스트레인은 광학 빔의 지연(Δ)에 또는 물질의 부분 빔(235)에 바로 연결되고 이하의 식에 의해 주어진다:

$$\Delta = d \cdot n_0^3 \cdot \sqrt{\left(\frac{\beta_{11} - \beta_{22}}{2}\right)^2 + \beta_{12}^2} \quad (4)$$

여기서, d 는 다시 광학 소자(215, 225, 230, 265, 270)의 두께가 되고, n_0 는 광학 소자(215, 225, 230, 265, 270, 500)의 등방성 재료의 굴절률이며, β_{ij} 은 광학 소자(215, 225, 230, 265, 270, 500)의 물질의 불투과성 매트릭스의 구성요소이다.

이하에서, 레이저 빔이 광학 소자(215, 225, 230, 265, 270, 500)내로 집속되고 레이저 펄스가 광학 소자(410)의 물질 내에 기록되기 때문에, 특정 레이저 펄스의 특징을 나타내는 한 세트의 레이저 빔 파라미터는 또한 기록 모드로도 불린다. 레이저 빔 또는 레이저 펄스 파라미터의 각각의 세트 또는 각각의 기록 모드는 그 파라미터 세트에 대하여 특징적이고 또는 특정한 광학 소자(215, 225, 230, 265, 270, 500)의 로컬 변형을 유도한다. 다시 말해서, 레이저 펄스에 대한 각각의 파라미터 세트 또는 각각의 기록 모드는 광학 소자(410)의 물질의 그 특정 변형을 생성한다.

광학 소자(215, 225, 230, 265, 270, 500)에 대한 레이저 펄스의 효과는 모드 시그니처(MS)로 불리는 파라미터의 형태로 이하에서 기재된다. 이러한 개념에서, 광학 소자(215, 225, 230, 265, 270, 500)의 영역은 작은 기본 영역으로, 바람직하게는 작은 직사각형 또는 정사각형으로 분리된다. 모드 시그니처는 레이저 펄스 또는 레이저 펄스의 총 합의 동작으로 인한 기본 영역의 왜곡 또는 변형을 기재한다.

표 1

주파수 두 배의 Nd-YAG 레이저 시스템에 대하여 선택된 레이저 빔 파라미터의 수치

개요		
파라미터	수치	단위
펄스 에너지	0.05-5	μJ
펄스 길이	0.05-100	ps
반복 속도	1-10 000	kHz
펄스 밀도	1 000-10 000 000	mm^{-2}
NA	0.1-0.9	
파장	532	nm

이하의 표는 광학 소자(410)의 물질의 로컬 지속 변형 및 유도된 스트레인 분포의 배열에 상이하게 영향을 주기 위한 파라미터를 표시한다. 표 2는 표준 공정 윈도우(Std PW)로 불리는 픽셀을 도입하거나 기록하는 모드에 대한 주파수 두배의 Nd-YAG 레이저 시스템의 파라미터를 나타낸다.

표 2

표준 공정 윈도우에 대하여 Nd-YAG 레이저 시스템에 대하여 선택된 레이저 빔 파라미터의 수치

Std PW(표준 공정 윈도우)		
파라미터	수치	단위
펄스 에너지	0.45	μJ
펄스 길이	8	ps
반복 속도	50	kHz
펄스 밀도	1 000-100 000	mm^{-2}
NA	0.3	
파장	532	nm

표 3은 주파수 두 배의 Nd-YAG 레이저 시스템을 사용하는 일 실시예의 저등록 공정 윈도우(LowReg PW)로 불리는 모드의 파라미터를 요약한다. 레이저 시스템(430)의 이러한 동작 모드는 Std PW보다 낮은 에너지를 갖는 광 펄스를 사용하되 더 높은 픽셀 밀도를 도입한다.

표 3

[0105] 저등록 공정 윈도우(LowReg PW)에 대한 Nd-YAG 레이저 시스템에 대하여 선택된 레이저 빔 파라미터의 수치

LowReg PW(저등록 공정 윈도우)		
파라미터	수치	단위
펄스 에너지	0.32	μJ
펄스 길이	8	ps
반복 속도	50	kHz
펄스 밀도	5 000-500 000	mm^{-2}
NA	0.3	
파장	532	nm

[0106] 조향 미러 또는 조향 시스템(490)은 펄스형 레이저 빔(435)을 포커싱 오브젝티브(440)에 보낸다. 오브젝티브(440)는 펄스형 레이저 빔(435)을 광학 소자(410)에 집속시킨다. 적용된 오브젝티브(440)의 NA(개구수)는 광학 소자(410)의 물질 내의 초점의 미리 결정된 스팟 크기 및 초점의 위치에 따른다. 표 1에 도시된 바와 같이, 오브젝티브(440)의 NA는 최대 0.9가 될 수 있으며, 이것은 필수적으로 $1/\text{mm}$ 의 초점 스팟 직경 및 필수적으로 $10^{20}\text{W}/\text{cm}^2$ 의 최대 강도를 야기한다.

[0107] 장치(400)는, x 방향 및 y 방향의 평면에서 샘플 홀더(420)의 2-축 포지셔닝을 관리하는 컨트롤러(480) 및 컴퓨터 시스템(460)을 또한 포함한다. 컨트롤러(480) 및 컴퓨터 시스템(460)은 또한 오브젝티브(440)가 고정된 1-축 포지셔닝 스테이지(450)를 통해 척(420)의 평면에 수직으로(z 방향으로) 오브젝티브(440)의 병진을 제어한다. 장치(400)의 다른 실시예에서, 척(420)은 표적 위치로 광학 소자(410)를 이동시키기 위하여 3-축 포지셔닝 시스템을 탑재할 수 있고 오브젝티브(440)가 고정되거나 척(420)이 고정될 수 있으며 오브젝티브(440)가 3차원으로 이동가능할 수 있음이 주목되어야 한다. 또한, 수동 포지셔닝 스테이지는 펄스형 레이저 빔(435)의 표적 위치로의 광학 소자(410)의 x, y 및 z 방향으로의 이동에 사용될 수 있고 및/또는 오브젝티브(440)는 3차원에서의 이동을 위하여 수동 포지셔닝 스테이지를 가질 수 있음이 주목되어야 한다.

[0108] 컴퓨터 시스템(460)은 마이크로프로세서, 범용 프로세서, 전용 프로세서, CPU(중앙 처리 장치), GPU(그래픽 처리 유닛) 등이 될 수 있다. 이것은 컨트롤러(480)에 배열될 수 있거나 PC(개인 컴퓨터), 워크스테이션, 메인프레임 등과 같은 별도의 유닛이 될 수 있다. 컴퓨터 시스템(460)은 키보드, 터치패드, 마우스, 비디오/그래픽 디스플레이, 프린터 등과 같은 I/O(입/출력) 유닛을 더 포함할 수 있다. 게다가, 컴퓨터(460)는 또한 휘발성 및/또는 비휘발성 메모리를 포함할 수 있다. 컴퓨터 시스템(460)은 하드웨어, 소프트웨어, 펌웨어 또는 이들의 임의의 결합에서 실현될 수 있다. 더욱이, 컴퓨터 시스템(460)은 레이저원(430)(도 4에서 표시되지 않음)을 제어할 수 있다.

[0109] 또한, 장치(400)는 다이크로익 미러(dichroic mirror)(445)를 통해 척(420)에 배열된 조명원으로부터 광을 수신하는 CCD(전하 결합 장치) 카메라(465)를 포함하는 관찰 시스템을 포함한다. 관찰 시스템은 표적 위치에 관한 광학 소자(410)의 조종을 가능하게 한다. 또한, 관찰 시스템은 광원(430)의 펄스 레이저 빔(435)에 의한 광학 소자(410)의 픽셀 배열의 형성을 관찰하도록 사용될 수 있다.

[0110] 도 5는 채널(220)의 부분 빔(235)의 광학 변형을 보상하기 위하여 준비되는 광학 소자(500)를 개략적으로 도시한다. 광학 소자(500)는 부분 빔(235)이 가로지르는 광학적으로 관련된 영역(510)을 포함한다. 광학 소자(500)는 부분 빔(235)의 개별 파장에 투명한 임의의 물질이 될 수 있다. DUV 범위에서, 석영 또는 칼슘 플루오라이드(CaF_2)는 예컨대 광학 소자(500)를 제조하는데 적용될 수 있다. 상당한 양의 지연을 도입하기 위하여, 광학 소자(500)의 물질은 무정형이 되어야 하고; 특히 무정형 석영이 적용가능하다.

[0111] 도 2의 맥락에서 논의된 예시에서, 광학 소자(500)의 광학적으로 관련된 영역(510)은 $2\text{mm} \times 2\text{mm}$ 을 초과하는 크기를 갖는다. 광학적으로 관련된 영역(510)은 광학적으로 관련되지 않은 영역(520)에 의해 둘러싸인다. 논의된 예시에서, 광학적으로 관련되지 않은 영역(520)의 외부 치수는 $4\text{mm} \times 4\text{mm}$ 이하이다. 장착부가 채널(220)(도 5에서는 미도시)에 광학 소자(500)를 삽입하고 고정하기 위하여 광학적으로 관련되지 않은 영역(520)에 부착된다.

[0112] 광학적으로 관련되지 않은 영역(520)은 로컬 지속 변형의 하나 또는 여러 개의 배열(530, 540)을 도입하도록 사용된다. 배열(530, 540)은 원칙을 단순히 설명하기 위하여 도 5에 표시된다. 장치(400)의 설명에서, 즉, 도 4

의 논의 동안, 로컬 지속 변형 또는 픽셀의 배열의 도입이 한정된 스트레인 유도된 복굴절을 유도하는 한정된 로컬 스트레인 분포를 도입하는 방법이 상세히 기재된다. 도 5의 예시에서, 픽셀 배열(530, 540)은 복굴절을 야기하고, 여기서, 고속축은 픽셀 배열(530, 540)을 갖는 코너를 따라 배향되고 지연의 양은 중심에서 필수적으로 0이고 픽셀 배열(530, 540)을 갖는 코너를 향하여 증가한다.

[0113] 도 2는, 광학 구성요소(215, 225, 230, 265, 270)의 물질 복굴절이 동공 평면의 지연의 조직적인 의존성을 야기하는 것을 드러낸다. 그러므로, 이것은 고정된 고속축 및 다양한 최대 지연을 갖는 광학 소자(500)를 제조함으로써 광학 구성요소(215, 225, 230, 265, 270)의 물질 복굴절을 보상하기 위한 제 1 접근법이다. 식(1)에 의해 표시되는 바와 같이, 이것은 광학 소자(500)의 두께를 변경하거나 픽셀 배열(530, 540)을 변경하여 스트레인 유도된 복굴절을 다르게 함으로써 수행될 수 있다. 또한, 미리 결정된 양의 지연을 갖는 광학 소자(500)를 제조하기 위하여, 양쪽 파라미터의 변경의 결합을 사용하는 것이 가능하다. 다수의 광학 소자(500)는 동공 평면의 개별적인 편광 변경을 보상하기 위하여 개별적인 부분 빔(235)의 채널(220)에 삽입될 수 있다.

[0114] 이러한 접근법은, 개별적인 채널(220)의 광학 소자(215, 225, 230, 265, 270)의 편광 변경은 분석될 필요가 없다는 장점을 갖는다. 또한, 광학 소자(500)의 각각에 대한 개별적인 픽셀 장치(50, 540)를 결정할 필요가 없다. 그러므로, 이러한 접근은 이하의 예시에서 논의된다.

[0115] 그러나, 제 2 접근법에서 개별적인 채널(220)의 광학 구성요소(215, 225, 230, 265, 270)의 편광 변경을 측정하고 광학 소자(500)의 개별화된 결합 보상을 위해 개별적인 픽셀 장치(530, 540)를 이러한 데이터로부터 계산하는 것 또한 가능한 것이 강조되어야 한다.

[0116] 더욱이, 광학 소자(500)는 스트레인 유도 복굴절(도 5에 미도시)을 일시적으로 유도하기 위한 하나 이상의 액추에이터를 또한 탑재할 수 있다. 이것은 조명 시스템(130)의 동작 동안 지연의 동적 세팅을 허용한다. 액추에이터는 광학 소자(500)의 복굴절의 고속축을 변형하므로 고속축 및 지연의 배향을 모두 변형하도록 배열될 수 있다. 반대로, 지연을 단순히 변경되 고속축의 배향은 변하지 않은 상태로 남겨두기 위해 배열될 수 있다. 예컨대, 압전 소자는 액추에이터로서 적용될 수 있다.

[0117] 더욱이, 광학 소자(500)는 채널(220)의 광학 구성요소의 조절에 따라, 특히 광학 소자(265)의 이동의 결과, 채널(220)에 동적으로 삽입될 수 있다. 이것은 조명 시스템(130)의 다양한 세팅에 대한 유연한 대응을 가능하게 한다.

[0118] 도 6은 도 2의 컷아웃을 도시한다. 도 2의 래스터 소자(215)는 시트 평면에 수평으로 배향된 그 편광을 갖고 선형으로 편광된 4개의 입사 부분 빔(605, 610, 615, 620)을 생성한다. 집속 마이크로렌즈 어레이(640)를 가로지른 이후에, 편광 플레이트(652, 654, 656)는 미리 결정된 양만큼 입사 부분 빔(610 내지 620)의 편광을 변화시키기 위하여 부분 빔(610, 615, 620)에 삽입된다. 도 6에 도시된 바와 같이, 각각의 편광 플레이트(650)는 이러한 예시에서 45° ($\pi/4$)만큼 빔(610, 615, 620)의 편광을 회전한다. 편광 플레이트(652, 654, 656)의 동작이 가산적이므로, 부분 빔(615)은 90° 만큼 회전되고 부분 빔(620)은 부분 빔(670)의 편광에 대하여 135° 만큼 회전된다. 미러(660)는 도 2에 도시된 바와 같이 미리 결정된 방향으로 부분 빔(605 내지 620)을 반사한다.

[0119] 그러나, 부분 빔(605 내지 620)을 중첩할 때 미리 결정된 편광을 생성하기 위하여, 부분 빔(620)은 선형 편광 대신 타원형 편광을 갖도록 요구될 수 있다. 이러한 목적으로, 광학 소자(500)는, 편광 플레이트(656)를 결합하여 부분 빔(785)의 요구되는 편광을 생성하기 위하여, 고정된 고속축 및 한정된 지연을 갖는 스트레인 유도 복굴절을 생성하는 로컬 지속 변형의 하나 이상의 배열(530, 540)을 갖고 부분 빔(620)의 채널에 삽입된다.

[0120] 도 7은 이러한 상황을 도시한다. 미리 결정된 지연을 갖는 광학 소자(500)는 부분 빔(620)에 삽입되고 광학 소자의 지연에 따라 반사된 빔(785)의 편광을 변화시킨다. 입사 빔(620)이 선형으로 편광되므로, 광학 소자(500)의 효과는 부분 빔(620)의 편광에 대한 그 고속 축의 배향에 따른다. 광학 소자(500)의 고속축과 부분 빔(620)의 편광 사이의 $\pm 45^\circ$ 의 각은 편광에 대한 최대 효과를 갖는다. 광학 소자(500)의 고속축의 부호는 편광 변경의 보상을 야기하도록 조명 시스템의 효과적인 지연 축의 부호와 상이해야 한다.

[0121] 이러한 배열이 부분 빔(620)의 편광에 대한 광학 소자(500)의 고속축의 배향을 가능하게 하기 때문에, 편광 플레이트(650)의 업스트림에 광학 소자(500)를 삽입하는 것이 유익하다. 반대로, 또한, 광학 소자(500)의 그 고속축의 배향이 부분 빔(620)의 편광에 대하여 제어될 때 편광 플레이트(652, 654, 656)의 다운스트림에 광학 소자(500)를 배열하는 것이 가능하다.

[0122] 광학 소자(500)의 영향은 개별적인 조명 빔(285)의 IPS 변경에 의해 제어된다.

[0123] 도 8은, 부분 빔(235)이 단일 스팟에 중첩될 때, 결합, 특히 편광 결합을 갖는 채널(220)에 삽입되는 광학 소자(500)는 제 2 채널의 편광 결합을 보상하기 위하여 사용될 수 있는 것을 도시한다. 도 8은 2개의 부분 빔(235)을 도시하고, 이것의 편광은 스토크스 벡터(S_1 및 S_2)로 기재된다. 부분 빔(235)은 모두 Ret_1 및 Ret_2 로 표시되는 다양한 양의 지연을 도입하는 광학 소자(500)를 통과한다. 더욱이, 제 2 부분 빔(235)은 편광 플레이트(652, 654 또는 656) 중 하나를 가로지르므로, 부분 빔(235)은 상이한 편광 회전(Φ_1 및 Φ_2)을 갖는다. 그러므로, 2개의 부분 빔의 스토크스 벡터는 아래와 같다:

$$S_1 = \begin{pmatrix} 1 \\ \cos(2\varphi_1) \\ -\sin(2\varphi_1) \\ Ret_1 \end{pmatrix}, S_2 = \begin{pmatrix} 1 \\ \cos(2\varphi_2) \\ -\sin(2\varphi_2) \\ Ret_2 \end{pmatrix} \quad (5)$$

[0125] 2개의 부분 빔(235)이 미러(240 또는 660)의 개별적인 경사에 의해 중첩될 경우, 중첩된 빔의 편광은 스토크스 벡터(S_{sum})에 의해 기재된다:

$$S_{sum} = S_1 + S_2 = \begin{pmatrix} 2 \\ \cos(2\varphi_1) + \cos(2\varphi_2) \\ -\sin(2\varphi_1) - \sin(2\varphi_2) \\ Ret_1 + Ret_2 \end{pmatrix} \quad (6)$$

[0127] 이것은, 광학 소자(500)에 의해 도입된 지연이 또한 추가적인 편광 회전이 편광 플레이트(650)에 의해 생성될 때 효과적임을 증명한다. 이것은, 기타 채널이 편광 플레이트(652, 654, 656)의 동작으로 인해 상이한 편광 상태를 가지더라도 부분 빔(235)의 채널(220)에 삽입된 광학 소자(500)는 또한 부분 빔(235)의 중첩에서 다양한 다른 채널의 편광 결합을 보상할 수 있는 것을 의미한다.

[0128] 상이한 양의 스트레인 유도 복굴절을 갖는 한 세트 또는 편광 플레이트(652, 654, 656)를 준비하는데 유용할 수 있다. 더욱이, 하나 이상의 광학 구성요소(215, 225, 265, 270)에 픽셀 장치(530, 540)를 도입하는 것이 고려될 수 있다. 특정 상황에서, 광학 구성요소(215, 225, 230, 265, 270) 중 하나에 하나 이상의 픽셀 장치(530, 540)의 도입에 의한 광학 소자(500)와 추가 보상 수단의 결합이 또한 사용될 수 있다.

[0129] 더욱이, 광학 소자(500) 대신 하나 이상의 채널(220) 상에서 작용하는 플레이트 또는 보상 플레이트를 사용하는 것이 더욱 효과적인 조명 시스템(130)의 구성이 존재할 수 있다. 채널 매트릭스의 일부에 보상 플레이트를 적용하는 것이 유용할 수 있다. 예컨대, 보상 플레이트는 부분 빔(235)에 대한 2차원 채널 매트릭스의 1/4에 대하여 제조될 수 있다. 이러한 보상 플레이트는 예컨대 조명 시스템(130)의 4중극 세팅에 대하여 유리하게 사용될 수 있다.

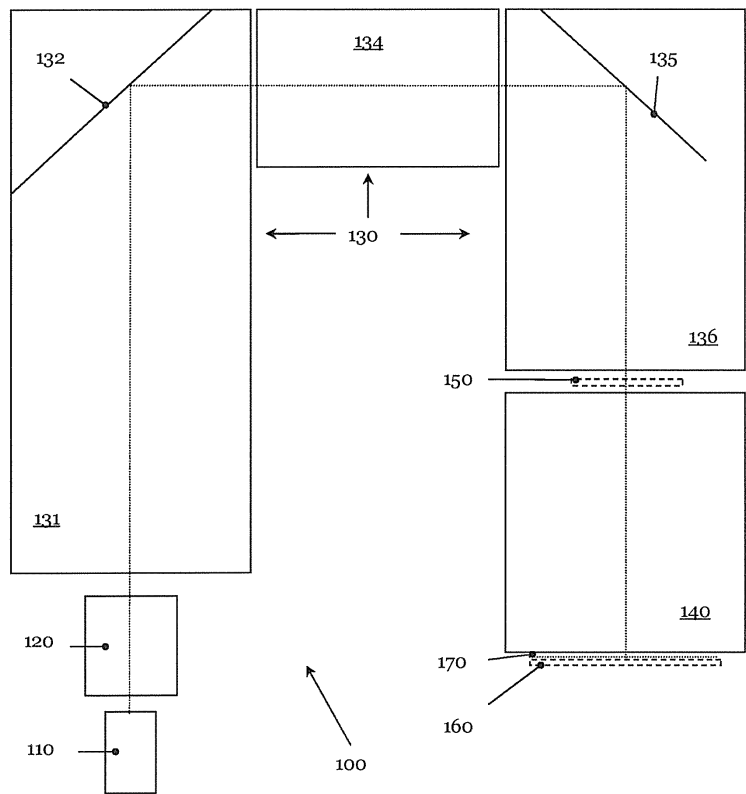
[0130] 도 9는 복굴절, 특히 부분 빔(235)의 채널(220)의 광학 구성요소(215, 225, 230, 265, 270)의 물질적인 복굴절의 채널별 보상을 위한 4×4 보상 플레이트(900)를 나타낸다. 상기 이미 논의된 바와 같이, 도 9 내지 도 12에서 고려된 조명 시스템(130)의 멀티 미러 어레이(MMA; 130, 660)는 64×64의 배열을 포함한다. 보상 플레이트(900)는 개별적인 부분 빔(235)의 편광 상에 작용하지 않는 예컨대 제 3 칼럼의 채널(220)과 같은 채널(220)을 포함한다. 더욱이, 고속축 및 다양한 양의 지연의 상이한 배향의 스트레인 유도 복굴절을 제공하는 광학적으로 관련된 영역(910)을 갖는다.

[0131] 도 9의 예시에서, 로컬 지속 변형의 배열은 광학적으로 관련된 영역의 외부에 도입되거나 기록된다. 이러한 영역은 도 9에서 구조화 영역으로 지칭된다. 도 9는 고속축의 다양한 배향을 갖고 또한 단일 보상 플레이트(900)상의 상이한 양의 지연을 갖는 보상 플레이트(900)를 제조하는 것이 가능한 것을 나타낸다.

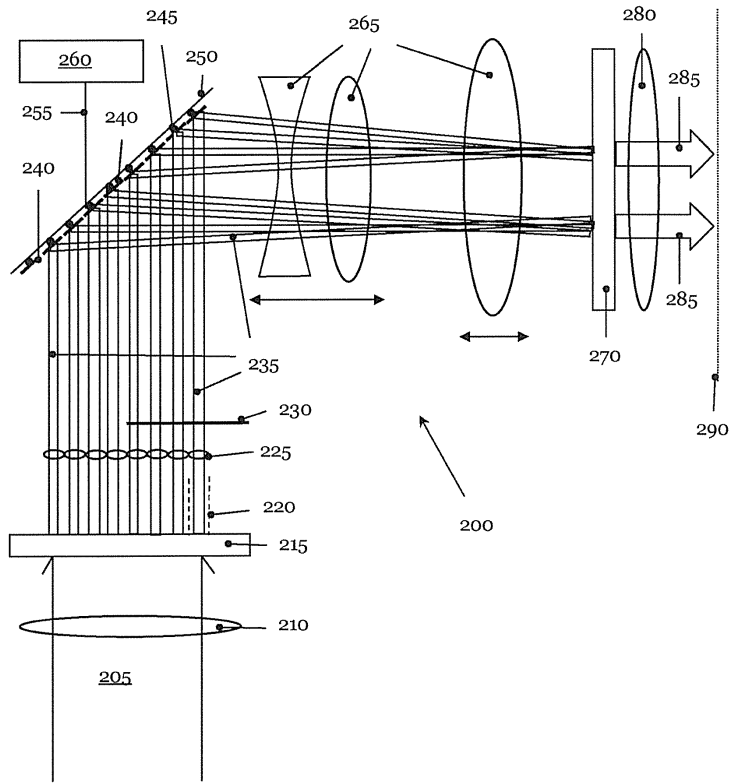
- [0132] 도 10은 4×4 보상 플레이트에 대한 다수의 구성을 도시한다. 도 10a는, 제 2 로우의 광학 영역이 상이한 배향의 고속축 및 다양한 양의 지연을 갖는 복굴절 분포를 갖는 플레이트를 도시한다. 도 10b는 도 10a의 구성을 표시하고, 도 10a의 제 2 로우의 스트레인 유도된 복굴절은 도 10b의 제 4 로우에서 반복된다. 도 10c는 고속축의 배향이 하나의 로우에 고정되되 상이한 양의 지연을 갖는 구성을 나타낸다. 마지막으로, 도 10d는 보상 플레이트의 모든 로우에 스트레인 유도된 복굴절을 분배한다. 편광 플레이트(652, 654, 656)의 각각에 있어서, 지연 효과를 갖는 채널 및 이것을 갖지 않는 다른 채널이 존재한다. 정적 접근법의 경우에, 그러므로, 조명 동공을 최적화하기 위해 미러(240)의 미러 경사 각도를 계산하는 Pol-CompPup 알고리즘에 의해 보상 효과를 최적으로 설정하는 것이 가능하다. 이것은 미러(240)의 각각, 3개의 편광 플레이트(652, 654, 656) 및 보상 플레이트(500)를 설정함으로써 원하는 강도 분포, 원하는 (선형) 편광 분포 및 원하는 지연 분포를 동시에 최적화한다.
- [0133] 광학 소자(500)의 논의에서 먼저 언급된 바와 같이, 보상 플레이트(900)가 편광 플레이트(652, 654, 656)의 업스트림에 삽입될 경우, 보상 플레이트(900)는 부분 빔(235, 605 내지 620)의 편광에 대하여 $\pm 45^\circ$ 인 고속축의 2개의 배향만을 가질 필요가 있다. 뒤따르는 도면은 편광 플레이트(652, 654, 656)와 결합하여 보상 플레이트(900)의 일부 고려가능한 구현 가능성을 표시한다.
- [0134] 도 11은 도 10b의 구성의 2배를 갖는 보상 플레이트가 부분 채널 매트릭스에 대한 3개의 편광 플레이트(PolFlex 플레이트(1) 내지 PolFlex 플레이트(3))와 결합하여 사용되는 예시를 도시한다. 이러한 구성에서, 개별적인 채널의 복굴절을 교정하는 각각의 편광 상태에 대한 채널(220), 즉, 각각의 고속축 배향에 대한 3nm 및 5nm의 지연뿐만 아니라 $+45^\circ$ 및 -45° 의 고속축을 갖는 채널(220)이 존재한다. 개별적인 편광 상태의 편광에 대한 임의의 효과를 가지지 않는 일부 채널(220)이 존재한다. 결과적으로, 채널 매트릭스의 이러한 부분의 부분 빔(235)의 중첩으로부터 생성된 출사하는 빔을 형성하는 부분 빔(235)의 지연이 상당히 광범위하게 보상될 수 있다.
- [0135] 도 12는 3개의 편광 플레이트(PolFlex 플레이트(1) 내지 PolFlex 플레이트(3))와 보상 플레이트를 갖는 예시를 다시 제시한다. 도 11의 예시와는 반대로, 도 10a의 구성을 갖는 보상 플레이트는 도시된 채널 매트릭스 컷아웃의 다수의 채널의 지연 효과를 보상하기 위하여 사용된다. 부분 채널 매트릭스의 채널(220)의 편광 변경의 보상을 최적화하기 위하여, 보상 플레이트는 도 12의 채널 매트릭스 컷아웃 내에서 동적으로 이동된다. 보상 플레이트의 이동은 편광 플레이트로부터 독립된다.

도면

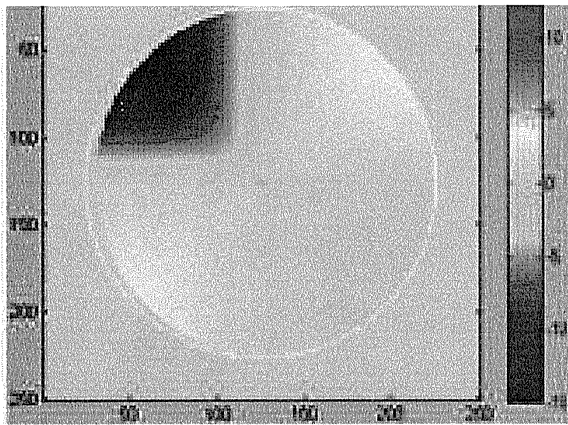
도면1



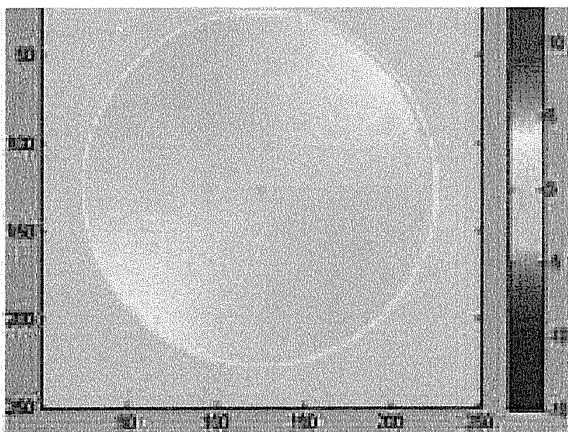
도면2



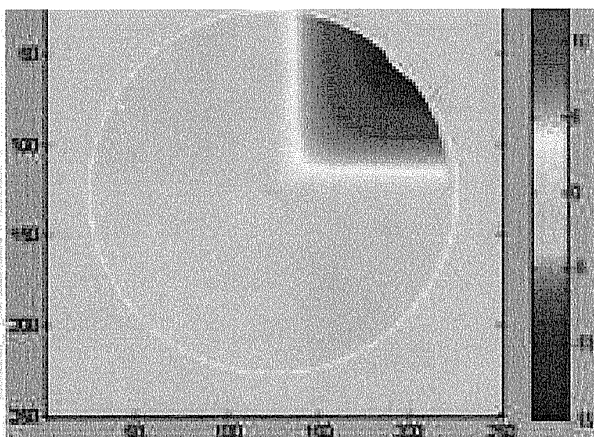
도면3a



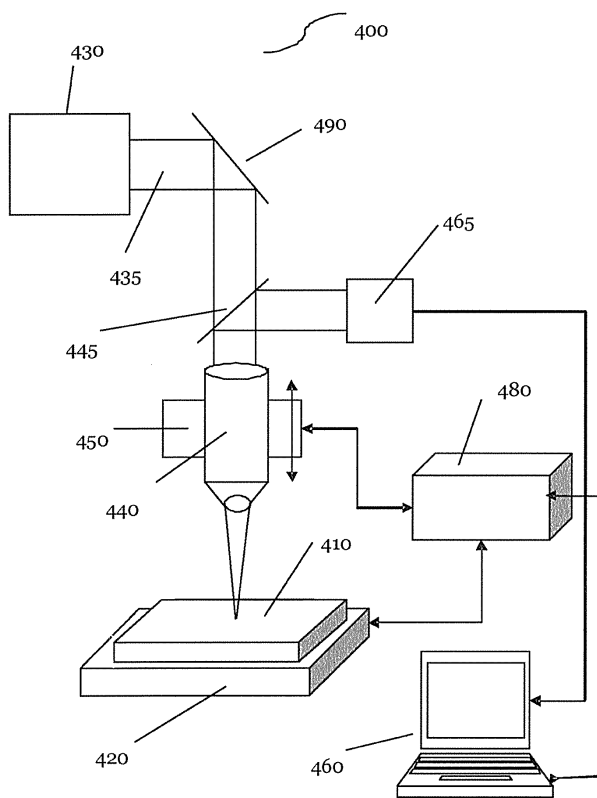
도면3b



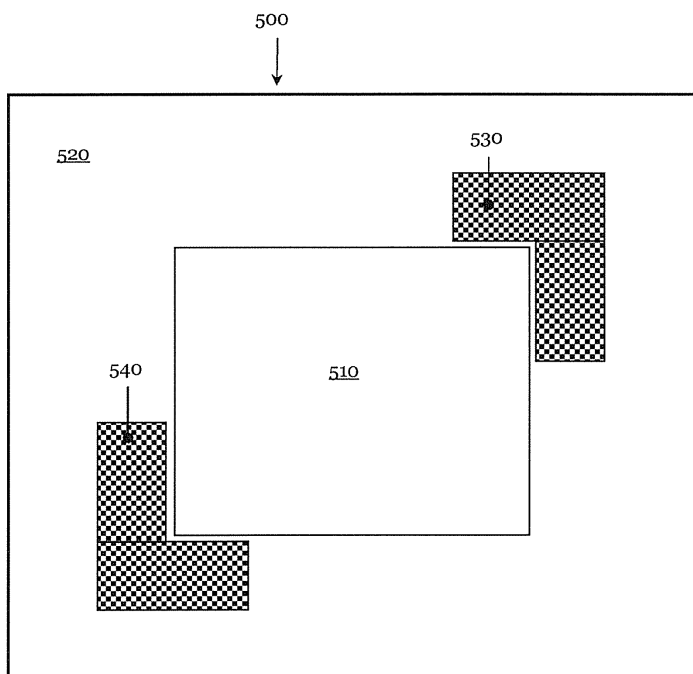
도면3c



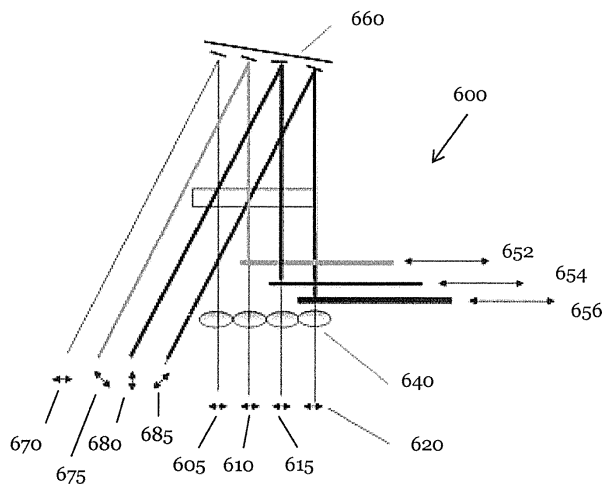
도면4



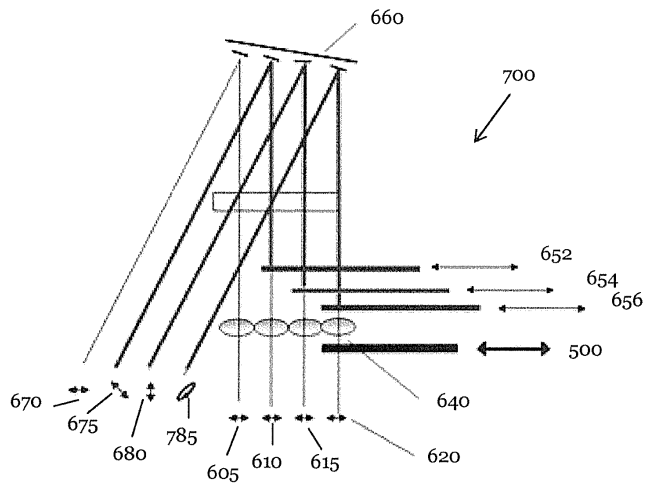
도면5



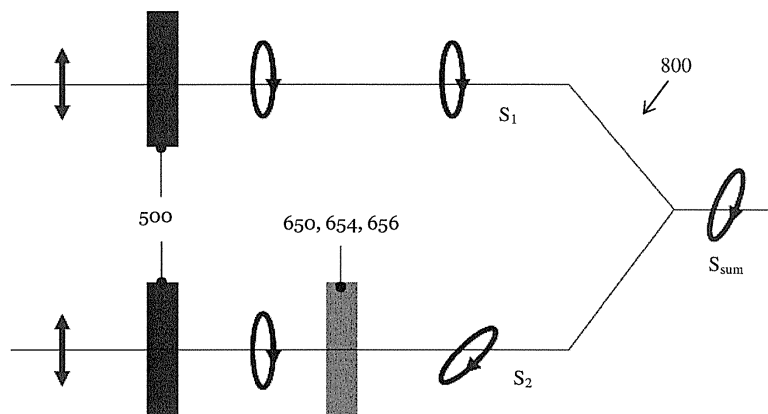
도면6



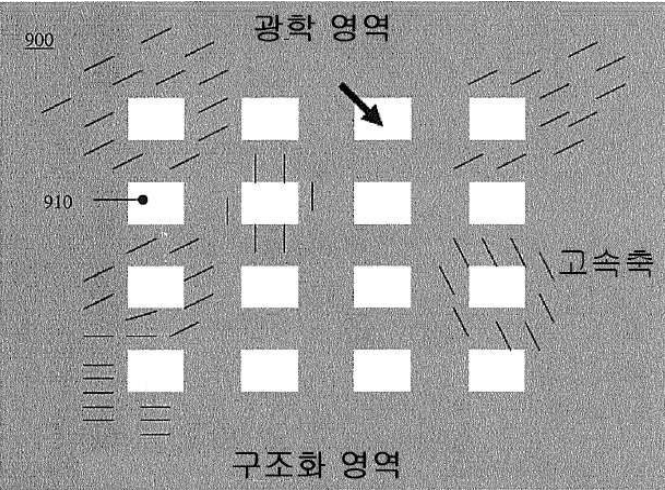
도면7



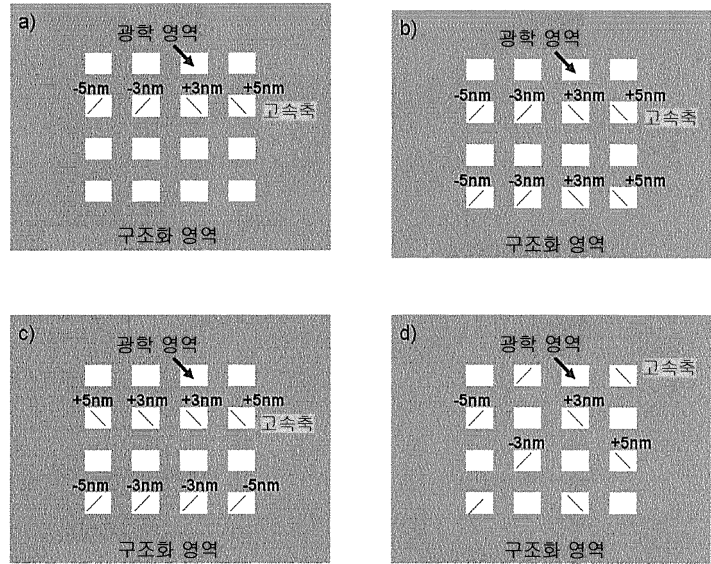
도면8



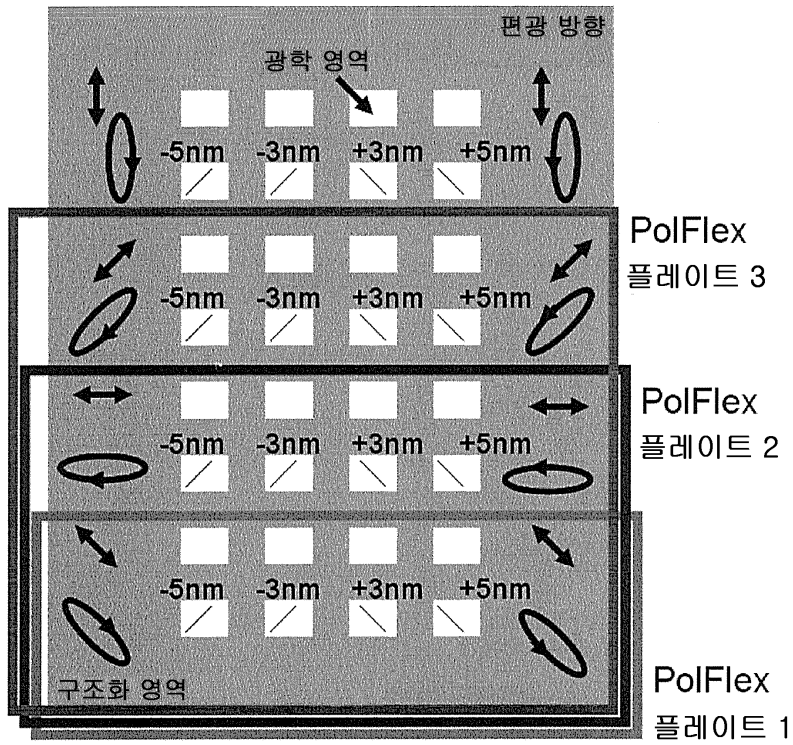
도면9



도면10



도면11



도면12

