



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2013년10월04일
(11) 등록번호 10-1314974
(24) 등록일자 2013년09월27일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
H01L 21/027 (2006.01)
(21) 출원번호 10-2008-7022233
(22) 출원일자(국제) 2007년02월16일
심사청구일자 2011년09월29일
(85) 번역문제출일자 2008년09월11일
(65) 공개번호 10-2009-0003216
(43) 공개일자 2009년01월09일
(86) 국제출원번호 PCT/EP2007/001362
(87) 국제공개번호 WO 2007/093433
국제공개일자 2007년08월23일
(30) 우선권주장
10 2006 042 452.2 2006년09월09일 독일(DE)
(뒷면에 계속)
(56) 선행기술조사문헌
JP2004056103 A
US20020136351 A1
WO2003029875 A2
전체 청구항 수 : 총 46 항

(73) 특허권자
칼 짜이스 에스엠티 게엠베하
독일 오버코헨 73447 루돌프-에버-슈트라쎈 2
(72) 발명자
데컨터, 마르쿠스
독일, 아렌 73432, 랑게커베그 20
라이, 미카엘
독일, 아렌 73432, 힌프링거 베그 33
(뒷면에 계속)
(74) 대리인
한양특허법인

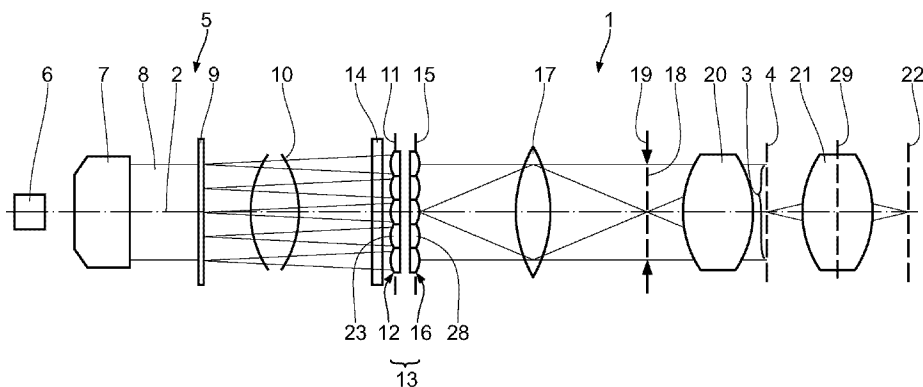
심사관 : 박문철

(54) 발명의 명칭 마이크로리소그래픽 조명 시스템 및 이를 구비한 투사 노출장치

(57) 요약

마이크로리소그래픽 조명 시스템(5)은 조명 영역(3)에 조명을 제공하는 역할을 한다. 광 분배 소자(9, 10)는 제1 조명 평면(11) 내에서 2차원 강도 분배(intensity distribution)를 생성하는데 사용되는 것이 바람직하다. 광학적 래스터 소자들(12, 16)로 이루어진 제1래스터 어레이(12)는 2차 광원의 래스터 어레이를 생성한다. 부가적인 광학 효과를 갖는 소자는 공간적으로 인접한 방식으로 2개의 래스터 어레이(12, 16)로 할당되며, 또한 이 소자는 조명 각도 변경 소자(14)로 형성될 수 있다. 부가적인 광학 효과를 갖는 소자(14)는 조명광(8)의 강도(intensity) 및/또는 위상(phase) 및/또는 빔 방향(beam direction)에 영향을 미친다. 이러한 영향은 전체 조명 강도에 기여하는 래스터 소자들(23, 28)의 강도 기여가 조명 영역(3)에 대해서 변경되도록 되어있다. 이것은 전체 조명 강도에 대해서 및/또는 상이한 조명 방향들로부터의 강도 기여에 대해서, 조명 영역에 걸쳐서 정해진 방식으로 조명 강도에 영향을 미칠 수 있다.

대표도



(72) 발명자

게르하르트, 미카엘

독일, 아렌 73432, 토겐부르거 스트라세 15

툼, 브르노

독일, 아렌 73432, 프리드리히-에베르트-스트라세 20

징거, 볼프강

독일, 아렌 73431, 에거란트스트라세 45

(30) 우선권주장

10 2006 061 711.8 2006년12월28일 독일(DE)

60/774,850 2006년02월17일 미국(US)

60/823,296 2006년08월23일 미국(US)

특허청구의 범위

청구항 1

일차 광원(primary light source; 6)의 조명광(8)을 이용하여 조명 영역(illumination field; 3)를 조명하기 위한 마이크로리소그래픽 조명 시스템(5)에 있어서,

제1래스터 열과 제1래스터 행으로 배치되는 제1래스터 소자(23)를 포함하며, 이차 광원들의 래스터 어레이를 생성하기 위해 제1평면(11)에 또는 인접하게 배치되는 제1래스터 어레이(12, 102); 및

상기 이차 광원들의 조명광(8)을 상기 조명 영역(3)으로 중첩되게 안내하기 위한 투과 광학기구(17, 19, 20)를 포함하며;

부가적인 광학 효과를 갖는 소자(14; 55; 70; 79; 88; 92; 106)가 상기 제1래스터 어레이(12; 102)에 공간적으로 인접하게 배치되거나 또는 상기 제1래스터 어레이(12; 102)가 배치된 평면과 광학적으로 결합되는 평면에 배치되고;

상기 부가적인 광학 효과를 갖는 소자(14; 55; 70; 79; 88; 92; 106)는 조명광(8)의 특성에 영향을 주며(여기서 상기 조명광의 특성은 강도, 위상 및 빔 방향의 그룹 내에 포함되는 특성이다);

상기 영향은 전체 조명 강도(39; 46; 54)에 대한 래스터 소자들(23, 28; 103)의 강도 기여(36~38; 44, 45; 54; 59, 61, 63; 61; 67; 68, 69)가 상기 조명 영역(3)에 대해서 정해진 방식으로 변화하고,

상기 부가적인 광학 효과를 갖는 소자로 작용하며, 또한 상기 제1래스터 어레이(12)에 인접한 광경로에 배치되거나 또는 상기 제1래스터 어레이(12)가 배치된 평면에 광학적으로 결합되는 평면에 배치되는 조명 각도 변경 소자(illumination angle variation device)(14; 40; 47)를 추가로 포함하며, 또한

상기 조명 각도 변경 소자(14; 40; 47)는,

광축(2)에 직교하는 서로 다른 편향각(α' , γ')을 갖는 적어도 2개의 각도 변경 부분들(30~33; 42, 43; 50, 51) 내에서 상기 조명 각도 변경 소자(14; 40; 47)에 조사되는 조명광(8)을 편향시키며;

상기 조명 각도 변경 소자(14; 40; 47)에 의해 생성되는 최대 편향각(α' , γ')은 상기 전체 조명 강도(39; 46; 54)에 대한 상기 제1래스터 어레이(12)의 래스터 소자(23)의 강도 기여(36~38; 44, 45; 54)가 상기 조명 영역(3)에 대해서 변화하는 크기를 갖는 것을 특징으로 하는 마이크로리소그래픽 조명 시스템.

청구항 2

제1항에 있어서, 상기 조명 시스템(5)의 광축(2)에 수직하는 상기 제1평면(11) 내에서 정해진 2차원 강도 분포를 상기 조명광(8)으로부터 생성하는 광 분배 소자(9, 10)를 추가로 포함하는 것을 특징으로 하는 마이크로리소그래픽 조명 시스템.

청구항 3

제1항 또는 제2항에 있어서, 상기 제1래스터 어레이(12)의 하류에 있는 조명광경로에 배치되는 제2래스터 어레이(16)를 추가로 포함하며, 상기 제2래스터 어레이(16)는 제2래스터 소자(28)를 구비하며 또한 상기 제1래스터 어레이(12)와 함께 래스터 모듈(13)을 형성하는 것을 특징으로 하는 마이크로리소그래픽 조명 시스템.

청구항 4

제1항 또는 제2항에 있어서, 상기 부가적인 광학 효과를 갖는 소자(14)는 상기 조명광(8)의 특성 영향이 상기 제1래스터 어레이(12)의 근처에서 설정되도록 설계되고, 상기 영향은 상기 투과 광학기구(17)에 의해 조명-영역-의존 전체 강도 분배로 변환되며, 이 경우 서로 다른 조명 영역 지점들은 가능한 조명 방향들(I~IV)로부터 서로 다른 강도 기여(34, 36~38)에 노출되는 것을 특징으로 하는 마이크로리소그래픽 조명 시스템.

청구항 5

제1항 또는 제2항에 있어서, 상기 조명 각도 변경 소자(47)는 상기 조명광(8)의 특성 영향이 상기 제1래스터 어레이(12)의 부근에서 설정되도록 설계되며, 상기 영향은 상기 투과 광학기구(17)에 의해 조명-영역-의존 전체

강도 분배로 변환되며, 이 경우 서로 다른 조명 영역 지점들은 가능한 조명 방향들(I~IV)로부터 동일한 강도에 노출되는 것을 특징으로 하는 마이크로리소그래픽 조명 시스템.

청구항 6

제1항 또는 제2항에 있어서, 상기 조명 각도 변경 소자(40)는 상기 조명광(8)의 특성 영향이 상기 제1래스터 어레이(12)의 영역에서 설정되도록 설계되며, 상기 영향은 상기 투과 광학기구(17)에 의해 조명-영역-독립적 전체 강도 분배로 변환되며, 이 경우 서로 다른 조명 영역 지점들은 가능한 조명 방향들(I~IV)로부터 서로 다른 강도 기여(44, 45)에 노출되는 것을 특징으로 하는 마이크로리소그래픽 조명 시스템.

청구항 7

제1항 또는 제2항에 있어서, 상기 조명 각도 변경 소자(14; 40; 47)는 생성된 상기 편향각(α' , γ')이 달라지는 적어도 2개의 각도 변경 부분들(30, 33; 42, 43; 50, 51)로 분할되는 것을 특징으로 하는 마이크로리소그래픽 조명 시스템.

청구항 8

제7항에 있어서, 상기 조명 각도 변경 소자(14)는 각각 생성된 편향각이 달라지는 적어도 4개의 각도 변경 부분들(30~33)로 분할되는 것을 특징으로 하는 마이크로리소그래픽 조명 시스템.

청구항 9

제1항 또는 제2항에 있어서, 상기 조명 각도 변경 소자(14; 40; 47)는 회절성인 것을 특징으로 하는 마이크로리소그래픽 조명 시스템.

청구항 10

제1항 또는 제2항에 있어서, 상기 조명 각도 변경 소자(14; 40; 47)는 굴절성인 것을 특징으로 하는 마이크로리소그래픽 조명 시스템.

청구항 11

제1항 또는 제2항에 있어서, 상기 조명 각도 변경 소자(40; 47)는 적어도 하나의 루프-에지 프리즘(roof-edge prism)을 구비하는 것을 특징으로 하는 마이크로리소그래픽 조명 시스템.

청구항 12

제11항에 있어서, 상기 조명 각도 변경 소자(40)는 대칭 루프-에지 프리즘(symmetric roof-edge prism)이며, 여기서 상기 루프-에지 프리즘의 루프-에지는 상기 광축(2)과 수직으로 교차하며 또한 상기 제1래스터 어레이(12)의 래스터에 평행하도록 배치되는 것을 특징으로 하는 마이크로리소그래픽 조명 시스템.

청구항 13

제1항 또는 제2항에 있어서, 부가적인 광학 효과를 갖는 소자(14; 55) 및 조명 각도 변경 소자(47)는 하나의 래스터 어레이로 구성되는 것을 특징으로 하는 마이크로리소그래픽 조명 시스템.

청구항 14

제13항에 있어서, 상기 부가적인 광학 효과를 갖는 소자(14; 55) 및 조명 각도 변경 소자(47)의 래스터는 상기 제1래스터 어레이(12)의 래스터에 대응하는 것을 특징으로 하는 마이크로리소그래픽 조명 시스템.

청구항 15

제14항에 있어서, 상기 제1래스터 어레이(12)로부터 상기 조명 각도 변경 소자(14; 47)까지의 간격(A)은 상기 제1래스터 어레이(12)의 래스터 폭(R)을 상기 최대 편향각(α')으로 나눈 몫(quotient)보다 작은 것을 특징으로 하는 마이크로리소그래픽 조명 시스템.

청구항 16

제13항에 있어서, 상기 조명 각도 변경 소자(14)의 개별 래스터 소자들(31~33)은 쉼기 형상의 웨지 소자들로 구성되는 것을 특징으로 하는 마이크로리소그래픽 조명 시스템.

청구항 17

제13항에 있어서, 상기 조명 각도 변경 소자(47)의 개별 래스터 소자들(48)은 반전된 루프-에지 프리즘들(inverted roof-edge prisms)로 구성되는 것을 특징으로 하는 마이크로리소그래픽 조명 시스템.

청구항 18

제13항에 있어서, 전체의 조명 각도 변경 소자(40) 또는 상기 조명 각도 변경 소자(47)의 개별 래스터 소자들(48)은 굴절성 원뿔형 표면을 가지며, 또한 상기 원뿔형 표면의 회전 대칭축은 상기 광축(2)과 일치하거나 또는 상기 광축(2)에 평행한 것을 특징으로 하는 마이크로리소그래픽 조명 시스템.

청구항 19

제1항 또는 제2항에 있어서, 상기 조명 각도 변경 소자(14; 40; 47)에 조사되는 조명광(8)이 의존하는 상기 편향각(α' , γ')은 각도 변경 부분(30~33; 42, 43; 50, 51) 내에서 일정한 것을 특징으로 하는 마이크로리소그래픽 조명 시스템.

청구항 20

제1항 또는 제2항에 있어서, 상기 제1래스터 어레이(12)는 상기 제1래스터 열들을 포함하는 열배열(line array; 12")로 분할되며, 또한 상기 제1래스터 행들을 포함하는 행배열(column array; 12')로 분할되는 것을 특징으로 하는 마이크로리소그래픽 조명 시스템.

청구항 21

제20항에 있어서, 상기 추가적인 광학 효과를 갖는 소자(14; 55) 및 조명 각도 변경 소자(40; 47)는 상기 행배열(12') 및 열배열(12") 사이에 배치되는 것을 특징으로 하는 마이크로리소그래픽 조명 시스템.

청구항 22

제1항 또는 제2항에 있어서, 상기 추가적인 광학 효과를 갖는 소자는 적어도 하나의 래스터 어레이(12, 16)의 적어도 하나의 제1부분(64)의 래스터 소자(28) 상에 광 변경 코팅(optical variation coating)(55; 70; 73; 74)을 구비하며, 여기서 상기 변경 코팅(55)의 효과는 상기 코팅된 래스터 소자(28)에 조사되는 조명광(8)이 상기 래스터 소자(28) 상의 입사 지점에 의존하는 투과(transmission) 또는 위상 이동(phase shift), 또는 투과 및 위상 이동에 종속되는 것을 특징으로 하는 마이크로리소그래픽 조명 시스템.

청구항 23

제22항에 있어서, 상기 제1부분(64)의 상기 코팅된 래스터 소자(28)가 상기 래스터 소자(28)에 작은 각도(δ_2)로 조사되는 조명광(8, 58) 보다는 상기 코팅된 래스터 소자(28)에 수직(δ_1)으로 조사되는 조명광(8, 57)에 대해서 낮은 투과를 보여주도록 상기 변경 코팅(55)이 구성되는 것을 특징으로 하는 마이크로리소그래픽 조명 시스템.

청구항 24

제22항에 있어서, 상기 제1부분(64)은 상기 래스터 어레이(16)에 대향 에지 영역들(opposite edge areas)에 배치되는 두 개의 개별적인 부분들로 분할되는 것을 특징으로 하는 마이크로리소그래픽 조명 시스템.

청구항 25

제22항에 있어서, 적어도 하나의 래스터 소자(12; 16)는 적어도 2개의 부분들(64, 65, 66)로 분할되며, 여기서 이들 부분들(64, 65, 66)의 적어도 일부는 상기 변경 코팅(55)을 수행하며, 또한 이들 부분들(64, 65, 66)의 다른 부분은 광학 효과가 상기 제1부분(64) 상에 변경 코팅(56)된 것과는 상이한 다른 광학 코팅(55, 62, 60, 56)을 수행하는 것을 특징으로 하는 마이크로리소그래픽 조명 시스템.

청구항 26

제25항에 있어서, 적어도 하나의 추가 광학 코팅(60)이 입사점에 의존하는 광 효과를 갖는 것을 특징으로 하는 마이크로리소그래픽 조명 시스템.

청구항 27

제25항에 있어서, 적어도 하나의 추가 광학 코팅(62)은 입사점에 독립적인 광 효과를 갖는 것을 특징으로 하는 마이크로리소그래픽 조명 시스템.

청구항 28

제27항에 있어서, 상기 입사점에 독립적인 광 효과를 갖는 상기 추가 광학 코팅(62)을 구비하는 적어도 하나의 래스터 어레이(16)의 일부(65)는 중심부를 형성하는 것을 특징으로 하는 마이크로리소그래픽 조명 시스템.

청구항 29

제28항에 있어서, 상기 광학 효과가 입사 지점에 무관한 중앙 부분(65) 및 상기 광학 효과가 입사점에 의존하는 적어도 하나의 예지부(64) 사이에 광학 코팅(60)을 구비한 중간부(66)가 존재하며, 여기서 상기 중간부(66)의 광학 코팅(60)의 광학 효과는 예지부(64) 보다 입사점에 따른 의존성이 적은 것을 특징으로 하는 마이크로리소그래픽 조명 시스템.

청구항 30

제22항에 있어서, 상기 변경 코팅(70)은 적어도 하나의 래스터 소자(23, 28) 상에 형성된 부분 불연속 코팅인 것을 특징으로 하는 마이크로리소그래픽 조명 시스템.

청구항 31

제22항에 있어서, 상기 변경 코팅은 적어도 하나의 래스터 소자(23, 28) 상의 입사점에 의존으로 변화하는 코팅 두께(73) 또는 연속층(layer sequence; 74)을 구비하는 것을 특징으로 하는 마이크로리소그래픽 조명 시스템.

청구항 32

제1항 또는 제2항에 있어서, 상기 제1래스터 어레이(12)의 하류에 있는 조명 광경로에 배치되는 제2래스터 어레이(16)를 추가로 포함하며, 부가적인 광학 효과를 갖는 소자는 상기 제2래스터 어레이(16)의 래스터 소자(28)의 적어도 하나의 광학적으로 능동적인 표면의 형상 변경(form variation; 79; 88)으로 구성되며, 여기서 상기 형상 변경(79; 88)의 효과는 조명광(80)이 상기 형상 변경(79; 88)을 갖는 래스터 소자(28)를 통과한 후 상기 래스터 소자(28) 상의 입사점에 의존하는 편향각 분배에 종속되는 것을 특징으로 하는 마이크로리소그래픽 조명 시스템.

청구항 33

제32항에 있어서, 상기 형상 변경을 갖는 래스터 소자(28)의 광학적으로 능동적인 표면은 자유면들로 구성되는 것을 특징으로 하는 마이크로리소그래픽 조명 시스템.

청구항 34

제32항에 있어서, 상기 래스터 소자(28)의 형상 변경(79)은 상기 형상 변경(79)의 2차 도함수가 우함수(even function)(81)가 되도록 되어 있는 것을 특징으로 하는 마이크로리소그래픽 조명 시스템.

청구항 35

제32항에 있어서, 상기 래스터 소자(28)의 형상 변경(88)은 상기 형상 변경(88)의 2차 도함수가 기함수(odd function)(89)가 되도록 되어 있는 것을 특징으로 하는 마이크로리소그래픽 조명 시스템.

청구항 36

제1항 또는 제2항에 있어서, 상기 부가적인 광학 효과를 갖는 소자는 상기 제1래스터 어레이(12)의 래스터 소자(23)에 할당되는 변경 필터 소자(variation filter elements)(93-96)를 포함하는 강도 변경 소자(intensity

variation device; 92)로 구성되며, 이 경우 상기 변경 필터 소자(93~96)는 상기 변경 필터 소자(93~96)를 통과한 후 할당된 래스터 소자(23)에 조사되는 조명광(8)이 이들 래스터 소자(23) 상의 입사점에 의존하는 감쇄(attenuation)에 종속적이 되도록 효과를 갖는 것을 특징으로 하는 마이크로리소그래픽 조명 시스템.

청구항 37

제36항에 있어서, 상기 변경 필터 소자는 흡수 필터 소자, 반사 필터 소자 및 산란 필터 소자 중 선택된 적어도 하나의 필터 소자로 구성되는 것을 특징으로 하는 마이크로리소그래픽 조명 시스템.

청구항 38

제37항에 있어서, 상기 변경 필터 소자(93~96)는 상기 조명광(8)의 반투명(translucent) 캐리어를 구비하며, 여기서 조명광(8)의 흡수 입자, 반사 입자 및 산란 입자 중 선택된 적어도 하나의 입자는, 상기 캐리어와 결합되는 것을 특징으로 하는 마이크로리소그래픽 조명 시스템.

청구항 39

제38항에 있어서, 상기 흡수 입자, 반사 입자 및 산란 입자는 금속 입자인 것을 특징으로 하는 마이크로리소그래픽 조명 시스템.

청구항 40

제37항에 있어서, 상기 변경 필터 소자(93~96)는 상기 변경 필터 소자(93~96)의 입사면을 가로지르는 투과 경로가 캐리어 물질의 단위 체적당 디폴트 입자 수(default particle number)에 의해 정해지도록 설계되는 것을 특징으로 하는 마이크로리소그래픽 조명 시스템.

청구항 41

제38항에 있어서, 상기 변경 필터 소자(93~96)는 상기 변경 필터 소자(93~96)의 입사면을 가로지르는 투과 경로가 디폴트 입자 크기(default particle size)에 의해 정해지도록 설계되는 것을 특징으로 하는 마이크로리소그래픽 조명 시스템.

청구항 42

제38항에 있어서, 상기 흡수 입자, 반사 입자 및 산란 입자의 최소 직경은 상기 조명광(8) 파장의 250배를 초과하는 것을 특징으로 하는 마이크로리소그래픽 조명 시스템.

청구항 43

제38항에 있어서, 상기 흡수 입자, 반사 입자 및 산란 입자의 최소 직경은 50 μ m인 것을 특징으로 하는 마이크로리소그래픽 조명 시스템.

청구항 44

제36항에 있어서, 상기 강도 변경 소자(92)는 입사점에 의존하는 상이한 광학 효과를 갖는 변경 필터 소자(93~96)를 구비하는 것을 특징으로 하는 마이크로리소그래픽 조명 시스템.

청구항 45

삭제

청구항 46

제1항에 따른 마이크로리소그래픽 조명 시스템(5)을 포함하는 것을 특징으로 하는 마이크로리소그래픽 투사 노출 장치(1).

청구항 47

미세 구조의 부품의 마이크로리소그래픽 제조 방법에 있어서,

기판의 적어도 일부에 도포되는 광감성 물질(light-sensitive material)로 코팅되는 기판을 제공하는 단계;

영상화되는 구조를 갖는 망선(reticle)을 제공하는 단계;

청구항 제46항에 따른 투사 노출 장치(1)를 제공하는 단계; 및

상기 투사 노출 장치(1)에 의해 코팅된 영역 상에 상기 망선(reticle)의 적어도 일부를 투사하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 마이크로리소그래픽 제조 방법.

청구항 48

삭제

명세서

기술분야

[0001] 본 발명은 청구항 1의 전제부에 따른 조명 영역(illumination field)의 조명을 위해 조명광(illumination light)을 제공하는 마이크로리소그래픽 조명 시스템(microlithographic illumination system)과 이를 구비하는 마이크로리소그래픽 투사 노출 장치(projection exposure apparatus)에 관한 것이다. 또한, 본 발명은 미세 구조 부품(microstructured components)을 위한 마이크로리소그래픽 제조 방법에 관한 것이다. 마지막으로, 본 발명은 이러한 방식의 방법에 의해 제조되는 부품(components)에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 국제공개번호 W02005/083512 A2호에 최초로 정의된 형태의 조명 시스템이 개시되어 있다. 복합 투사 공정(complex projection processes)의 관점에서, 정해진 방식으로 조명 영역 전반에 걸쳐서 조명광의 특성에 영향을 미치는 것이 바람직하다. 일반적인 형태의 조명 시스템을 사용해서는 상당한 노력 없이는 이를 달성하기 어렵다.

[0003] 미국 특허출원 제2004/0119961A1호는 마이크로리소그래픽 조명 시스템(microlithographic illumination system)이 개시되어 있는데, 상기 마이크로리소그래픽 조명 시스템에는 상기 조명 시스템의 래스터 채널들(raster channels) 사이의 크로스토크(crosstalk) 발생을 방지하도록 추가적인 프리즘 효과(additional prismatic effect)를 제공하기 위해서 영역 래스터 소자들(field raster elements) 및 동공 래스터 소자들(pupil raster elements)이 배치되어 있다.

[0004] 국제공개 제W0 2006/084478 A1호에는 광의 균일화(homogenization)를 위한 원형 렌즈 어레이(cylindrical lens array)가 개시되어 있다.

발명의 상세한 설명

[0005] 본 발명의 목적은 조명 강도(illumination intensity)가 전체 조명 강도(total illumination intensity) 및/또는 상이한 조명 방향들로부터 들어오는 강도 기여(intensity contributions)에 대해서 조명 영역을 통해 정해진 방식으로 영향을 미칠 수 있도록 최초 정의된 형태의 조명 시스템을 개선하기 위한 것이다.

[0006] 전술한 목적은 본 발명에 따른 청구항 1의 특징부에 개시된 특징들을 갖는 조명 시스템에 의해 달성된다.

[0007] 본 발명은 부가적인 광학 효과를 갖는 소자가 상기 조명 시스템의 영역-의존 광학 효과를 생성하는 부가적인 자유도를 제공한다는 사실에 기초하며, 이 경우 상기 부가적인 광학 효과를 갖는 소자는 상기 조명광의 영향을 미치게 하는 제1래스터 어레이의 근처에 배치되며, 이 경우 상기 영향은 상기 전체 강도에 기여하는 제1래스터 어레이의 래스터 채널들의 강도 기여가 상기 조명 영역을 통해 변경되게 하는 것을 말한다. 본 발명에 따른 부가적인 광학 효과를 갖는 소자는 상기 조명 시스템의 다른 부품들 또는 투사 광학의 부품들의 영역-의존 광학 효과를 보정하거나 보상하게 한다. 상기 보정 또는 보상 효과는 예를 들면 그 직경을 따라 광학 부품들의 투과 변경(transmission variations)을 포함한다. 이러한 투과 변경은 예를 들면 본 발명의 부가적인 광학 효과를 갖는 소자에 의해 사전 보상되거나 또는 파밍 보상될 수 있다. 이러한 방식에서 조명 시스템의 조명 영역(illumination field) 또는 물체 영역(object field)은 예를 들면 모든 영역 지점들이 임의의 원하는 조명 방향으로부터 실질적으로 동일한 강도의 광에 노출되도록 조명이 제공될 수 있고, 이 경우 조명 각도에 따른 강도 변경은 모든 영역 지점들에 대해 $\pm 1\%$ 의 범위 내에 있게 된다. 조명-각도 노출의 균일성을 위한 기준값으로써, 상이한 방향들 또는 각각의 조명 각도들로부터 영역 지점들이 간섭을 받는 강도들의 관계를 결정하는 것이 가능하다. 또한, 이러한 관계는 타원률(ellipticity)로 불린다. 특히, 상기 부가적인 광학 효과를 갖

는 소자에 의해 빔 방향에 영향을 줄 수 있는 방법으로는, 전체 조명 광빔의 전체 빔 방향에 동일한 방식으로 영향을 주는 대신에, 즉 편향시키는 대신에 상기 조명광의 특정한 부분적인 광빔들이 정해진 방식으로 편향되고, 감쇄되며 또한 위상에 영향을 주는 반면에 다른 부분적인 광빔들이 편향되지 않고 감쇄되지 않거나 또는 전부 또는 상이한 정도까지 위상에 영향을 미치지 않게 하는 방법이 있다. 상기 제1래스터 어레이에 대해서 부가적인 광학 효과를 갖는 소자의 공간적으로 인접한 위치적인 관계는 상기 부가적인 광학 효과를 갖는 소자가 상기 제1래스터 어레이로부터 분리된 부품이며 또한 상기 래스터 어레이의 근처에 직접 배치된다는 사실에 의해 보장된다. 상기 조명 시스템의 다른 실시예로서, 상기 부가적인 광학 효과를 갖는 공간적으로 인접한 소자는 제1또는 다른 래스터 어레이와 예를 들면 적어도 하나의 래스터 어레이들에 도포되는 코팅 형상으로써 직접 접촉할 수 있다. 상기 제1래스터 어레이의 래스터 소자들 및 적어도 다른 잠재적인 래스터 어레이들은 굴절성인 것인 바람직하다. 상기 제1래스터 어레이는 모노리틱하게, 즉 하나의 부품으로 기판 상에 형성될 필요는 없다. 또한, 제1래스터 어레이는 2부분으로 형성될 수 있고, 여기서 상기 제1래스터 라인들은 제1기판 상에 형성되고 상기 제1래스터 컵들(들)은 제1기판 상에 형성된다. 특히 부가적인 광학 효과를 갖는 소자가 상기 조명광의 2차원 강도 분배가 한정되는 상기 제1평면의 상향에 직접 배치되는 간격이 이들 기판들 사이에 있을 수 있다. 이러한 평면은 특히 조명 시스템의 동공면(pupil plane)이다. 상기 강도 기여의 영역 의존도(field dependence)는 특정 영역 지점들에서 선택된 조명 각도들에 대한 강도들을 바람직한 증가, 특정 영역 지점들에서 전체 조명 강도의 증가 또는 이들의 조합을 단계적으로 달성하는데 사용될 수 있다. 특히, 이것은 조명 또는 투사 광학에서 발생하는 영역-의존 효과들을 가지고 투과 손실들을 보상하는 역할을 할 수 있다. 상기 조명 시스템은 상기 조명 시스템의 조명광학에 채택되는 광원 또는 방사원을 포함할 수 있다; 하지만 이것은 필수적인 것은 아니다. 또한 상기 조명 시스템은 적합한 개별적인 광원 또는 방사원의 하향에 배치되는 광학 구성요만을 포함한다.

[0008] 청구항 2에 따른 광 분배 소자는 제1평면에서 한정된 2차원 강도 분배를 제공한다. 조명 시스템의 실시예들에서, 상기 광 분배 소자는 동공 한정소자(pupil defining element; PDE)로 불린다. 만일 상기 제1평면에서 또는 여기에 광적으로 결합되는 평면에서 한정된 강도 분배를 설정하는 다른 방법이 있다면 상기 광 분배 소자는 사용하지 않을 수도 있다. 예를 들면, 이것은 한정된 강도 분배가 상기 제1래스터 어레이 자신에 의해 생성되거나 또는 상기 제1래스터 어레이 및 적어도 다른 잠재적인 래스터 어레이의 결합된 광학 효과에 의해 달성되는 경우이다.

[0009] 청구항 3에 따른 제2래스터 어레이는 상기 제1래스터 어레이와 결합하여 래스터 모듈을 형성하며, 상기 래스터 모듈은 특히 조명 영역의 형상 및 조명을 한정하며, 이에 따라 영역 한정 소자(field defining element: FDE)로 불린다. 특히, 상기 제2래스터 어레이는 조명 강도의 정해진 감소 또는 증가가 필요하다면 상기 물체가 상기 조명 영역을 통해 안내되는 스캐닝 방향으로 안내하는 상기 조명 영역의 일부에서 또는 그 하향에 배치되는 부분에서는 사용될 필요가 없다. 상기 제1래스터 어레이는 광-집중 효과(light-converging effect)를 가질 수 있으며, 여기서 상기 제2래스터 어레이는 상기 제1래스터 어레이의 초점면에 배치될 수 있다. 이러한 제2래스터 어레이의 배치는 필수적인 것은 아니지만, 이와 달리 제2래스터 어레이는 상기 제1래스터 어레이의 초점면 바깥의 정해진 위치에 배치될 수 있고, 이에 따라 상기 제2래스터 어레이의 래스터 소자는 조명광의 확장된 조명광빔들에 노출될 수 있다.

[0010] 청구항 4에 따른 조명 각도 변경 소자에서, 큰 입사 각도에서 굴절의 비선형성으로도 불리는 원하지 않는 조명 오차는 상기 조명 영역을 통해 조명광 강도 분배에 영향을 주기 위해 계층적으로 사용된다. 단계적인 편향각은 상기 조명 각도 변경 소자의 각도 변경 부분들에 의해 한정되며, 여기서 근축 근사(paraxial approximation)는 더 이상 적용되지 않고, 만일 굴절이 상기 제1래스터 어레이의 래스터 소자들에서 발생한다면, 적어도 최대 설정가능 편향각들에 대해서는 적용되지 않는다. 이것은 근축 근사의 적용 범위를 넘어서 편향각만큼 간섭을 받는 래스터 소자의 영역-의존 강도 기여라는 결과를 불가피하게 제공한다.

[0011] 청구항 5에 따른 조명 각도 변경 소자는 전술한 바와 같은 조명의 정해진 방향들로부터 영역-의존인 강도 분배의 조합이 되고, 동시에 영역-의존인 전체 조명 강도가 된다. 따라서, 이 실시예는 여러 가지 이용할 수 있는 영역-의존인 강도 분배의 자유도를 사용한다.

[0012] 청구항 6에 따른 조명 각도 변경 소자는 영역-의존인 전체 강도 분배를 목표로 하고, 여기서 조명 영역에 걸친 상기 강도는 조명 각도에 의존하지 않는다. 이것은 특히 손실 보상을 위해 유용하다.

[0013] 청구항 7에 따른 조명 각도 변경 소자는 조명의 상이한 방향들로부터 영역-의존인 강도 기여를 갖지만, 전체 조명 강도는 영역 의존성을 보여주지는 않는다. 따라서, 개별 영역 지점들은 동일한 크기의 전체 강도를 갖지만 주요 방향들이 다른 광에 각각 노출된다. 이것은 조명 영역에 걸쳐 분배되는 바람직한 방향들을 갖는 구조들의

상(image)을 형성하는데 유용하다.

- [0014] 청구항 8 및 9에 따른 조명 각도 변경 소자들은 편향각들이 발생될 수 있다는 조건에서 개별적인 투사 애플리케이션에 적용되는 자유도를 제공한다.
- [0015] 청구항 10 및 11에 따른 부가적인 광학 효과를 갖는 소자들은 마이크로 광학 기술들에 의해 제조될 수 있다. 상기 부가적인 광학 효과를 갖는 소자가 변경 코팅으로 구성된다면, 상기 소자는 상기 레스터 모듈의 전체 간극에 걸친 그 코팅 두께 분배에 대해서, 이온빔 피겨링(ion beam figuring: IBF)에 의해 미세 조정될 수 있다. 조명 각도 변경 소자의 혼성(hybrid) 설계가 또한 가능하다.
- [0016] 청구항 12에 따른 조명 각도 변경 소자는 높은 정밀도를 갖도록 제조될 수 있다.
- [0017] 청구항 13에 따른 조명 각도 변경 소자는 용이하게 제조된다. 따라서, 루프 에지가 상기 제1레스터 어레이의 레스터 라인들 또는 레스터 컬럼들과 평행하도록 정렬된다.
- [0018] 청구항 14 및 15에 따른 부가적인 광학 효과를 갖는 소자들은 원하는 영역-의존 조명 강도 분배를 위해 미세 조정될 수 있다.
- [0019] 청구항 16에 따른 조명 각도 변경 소자는 상기 제1레스터 소자들이 편향된 조명광에 노출되는 것을 보장하도록 설계된다.
- [0020] 청구항 17에 따른 쐐기형 웨지(Wedge) 소자는 정확하게 정해진 웨지 각도로 제작될 수 있다.
- [0021] 청구항 18에 따른 반전된 루프-에지 프리즘들(Inverted roof-edge prisms)은, 광학 개구들(optical apertures)의 에지들이 강도를 증가시키기 쉽다는 결과를 발생한다는 점에서 조명 강도가 영역 의존도이라는 결론을 이끌어낸다. 이것은 각각 조명 또는 투사 광학에서 에지 근처의 손실을 보상하는 역할을 할 수 있다.
- [0022] 청구항 19에 따른 굴절성 원뿔형 표면들은 상기 강도가 회전 가능하게 대칭적인 영역 의존성이 된다.
- [0023] 청구항 20에 따른 각도 변경 부분에서 일정한 편향각은 상기 각도 변경 부분들이 평면 편향 표면을 갖출 수 있기 때문에 상기 조명 각도 변경 소자의 설계를 용이하게 한다. 이와 달리, 상기 각도 변경 부분들은 구면 또는 다른 연속적인 표면, 특히 자유면을 구비하는 것이 가능하다. 이러한 비평면(non-plane) 각도 변경 부분들을 사용하면, 제조시에 유리할 수 있다.
- [0024] 청구항 21에 따른 조명 시스템은 레스터 라인들 및 레스터 컬럼들이 개별적으로 제조될 수 있기 때문에 상기 제1레스터 어레이의 제조시에 요구 조건들을 감소시킨다. 마찬가지로, 제2레스터 어레이는 라인 어레이 및 컬럼 어레이로 또한 분할될 수 있다.
- [0025] 청구항 22에 따른 부가적인 광학 효과를 갖는 소자의 배치는 조명 각도 변경 소자, 라인 어레이 및 컬럼 어레이의 결합된 빔-안내 효과와 관련하여 특히 유효한 것으로 밝혀졌다.
- [0026] 조명광에 영향을 미칠 수 있도록 하기 위해서, 청구항 23에 따른 변경 코팅(variation coating)은 상기 변경 코팅이 도포되는 레스터 소자의 입사면의 곡률을 이용할 수 있다. 이 경우, 상기 변경 코팅은 특히 일정한 코팅 두께로 도포될 수 있다. 상기 입사 지점에 따른 변경 코팅의 투과율은 개별적으로 코팅된 레스터 소자 상의 입사 지점에 의존하는 조명광의 상이한 입사 각도들에 의해 변경되며, 여기서 상기 입사 각도들은 입사 지점에서 상기 조명광의 개별적인 빔 방향에 의해 그리고 상기 레스터 소자의 곡률에 의해 결정된다. 상기 변경 코팅의 대응하는 투과는 그 입사 지점에서 상기 조명광에 의해 유효하게 통과하는 상기 변경 코팅의 코팅 두께에 의해 결정되며, 이에 따라 입사점에 의존한 것이 된다. 따라서, 위상영향(phase influence) 또한 가능하다.
- [0027] 청구항 24에 따른 코팅의 입사 지점 의존도는 가장자리 광선(marginal rays)을 증가시킨다. 이와 달리, 이것이 보상 또는 보정 때문에 바라는 것이라면, 상기 코팅은 개별적인 레스터 소자들에 조사되는 중앙 광선의 투과는 2차적인 광선에 대해서보다 높도록 구성될 수 있다. 이 경우, 상기 중앙 광선은 상기 가장자리 광선에 비해서 강도가 강화된다.
- [0028] 청구항 25에 따른 광학 변경 코팅의 부분적인 배치에 있어서, 상기 가장자리 광선은 레스터 모듈의 에지 영역들에 기초하는 레스터 소자 채널들에 의해 강도가 강화된다. 조명 시스템에서 기타 광학적 부품의 영향을 무시한다면, 상기 조명광의 가장자리 광선은 상기 조명광이 상당한 정도로 수직 입사와 다른 조명 각도에 도달한다면 객체 영역 지점들의 관점에서 볼 때 보다 강화된다. 종종 다른 광학적 부품이 흔히 다른 형태의 광선들을 위해 가장자리 광선을 억제하기 때문에 이러한 효과는 상기 조명 시스템에서 다른 부품의 광학적 특성의 보상 또는

보정을 위해 특히 중요하다.

[0029] 청구항 26에 따른 상이한 효과들을 갖는 광학적 변경 코팅들의 부분적인 배치는 전체 광학적 변경 코팅의 영상-영역 의존인 효과를 증가시킬 수 있으며, 이에 따라 보정 가능성이 커진다.

[0030] 이에 따라, 동일한 것이 청구항 27에 따른 변경 코팅에 동일하게 적용된다.

[0031] 청구항 28 또는 29에 따른 변경 코팅은 개별적인 래스터 소자들 상의 입사점에 의해 결정되는 효과가 있으며, 보정 또는 보상이 필요한 위치들에서만 능동적이 된다.

[0032] 청구항 30에 따른 광학적 변경 코팅은 완전히 변화되어 일반적으로 보상되거나 보정되는 효과에 대응하는 상이한 광학적 효과의 코팅을 갖는 부분들 사이에 달성될 수 있게 한다.

[0033] 청구항 31에 따른 변경 코팅은 조명광이 일반적으로 비코팅된 래스터 모듈들에 조사될 때 반사 손실을 일으킨다는 사실을 이용한다. 부분 코팅은 조명광이 코팅된 영역들에서 적은 양의 손실을 일으키는 것을 보장할 수 있으며, 이것은 조명 영역에 걸쳐서 변경되는 강도 기여를 한정하는데 유용할 수 있다.

[0034] 청구항 32에 따른 변경 코팅은 코팅 두께 및/또는 연속층(layer sequence) 상의 투과 의존성을 이용한다. 또한, “코팅 두께 변경” 및 “연속층 변경”이라는 설계 변수들은 보다 복잡한 방식으로 조명 영역에 걸쳐서 변경하는 강도 기여를 한정하는 역할을 할 수 있다.

[0035] 형상 변경(form variation)으로 구성되는 청구항 33에 따른 광학 소자는 상기 래스터 소자상의 입사 지점에 의해 결정되는 조명광의 굴절을 이용하며, 결국 조명 영역에 걸쳐 변하는 강도 기여를 한정하기 위해서 편향각 분배의 변경을 이용한다. 상기 형상 변경은 통상적으로 정적이며, 액추에이터에 의해 능동적으로 한정되지 않음을 의미한다.

[0036] 청구항 34에 따른 자유면으로 구성되는 형상 변경에 의해, 이러한 형상 변경을 갖는 래스터 소자들의 강도 기여들은 복잡한 방식으로 조명 강도를 따라 변경되도록 구현될 수 있다.

[0037] 청구항 35 및 36에 따른 형상 변경은 상기 형상 변경을 포함하는 래스터 소자의 강도 기여를 유도하며, 여기서 상기 강도 기여는 상기 조명 영역에 걸쳐 대응하는 대칭성을 보여준다.

[0038] 청구항 37에 따른 변경 필터 소자들을 포함하는 강도 변경 소자는 감쇄를 이용하며, 이것은 대응하는 강도 기여를 한정하기 위해 개별적인 래스터 소자상의 입사점에 의존하고, 상기 조명 영역에 걸쳐 상기 변경 필터 소자들을 갖춘 래스터 소자들에 의해 전달된다. 이것은 복잡한 방식으로 변하는 상기 래스터 소자들의 강도 기여를 구할 수 있게 해준다. 변경 필터 소자들은 그레이 웨지(gray wedges)의 형상의 변경 필터 소자들과 같이 상대적으로 적은 노력으로 제조되는 경우에 적용할 수 있다.

[0039] 상기 조명 시스템 상에 부여되는 특정 요건들에 따라, 적합한 변경 필터 소자들은 청구항 38에 따른 흡수, 굴절 또는 산란 변경 필터 소자들을 포함한다.

[0040] 상기 변경 필터 소자의 감쇄, 특히 상기 변경 필터 소자의 표면을 따른 상기 감쇄 경로는 청구항 39에 따른 결합된 입자들에 의해 미세 조정될 수 있다.

[0041] 청구항 40에 따른 금속 입자들, 특히 크롬 입자들은 자외선 조명광과 연결되는 변경 필터 소자의 설계를 위해 적합한 것으로 밝혀졌다.

[0042] 한편으로는 입자들의 처리 특성들에 따라서 또한 다른 한편으로는 반투명 캐리어의 처리 특성들에 따라서, 청구항 41 및 42에 따른 대안적인 설정은 변경 필터 소자들(variation filter elements)의 원하는 감쇄 경로를 한정하는데 적합할 수 있다.

[0043] 청구항 43에 따른 최소 직경은 상기 입자들에 의해 발생하는 의도되지 않은 굴절 효과를 회피할 수 있다.

[0044] 청구항 44에 따른 최소 직경은 자외선 조명광에 특히 적합할 수 있다.

[0045] 청구항 45에 따른 변경 필터 소자들은 상기 조명 시스템의 조명-영역-의존 광학 효과에 대해서 높은 변경 대역폭을 달성할 수 있게 해준다.

[0046] 본 발명의 다른 목적은 본 발명에 따른 조명 시스템을 포함하는 마이크로리소그래픽 투사 노출 장치, 및 그와 함께 수행될 수 있는 마이크로리소그래픽 제조 방법뿐만 아니라 이에 의해 제조될 수 있는 부품을 제공하는 것이다.

[0047] 본 발명에 따른 목적이 청구항 46에 따른 마이크로리소그래픽 투사 노출 장치, 청구항 47항에 따른 제조 방법, 및 청구항 48에 따른 부품에 의해 달성된다. 이들의 장점들은 조명 시스템에 대해서 위에서 열거한 장점들로부터 명백하다.

실시예

[0077] 도 1은 웨이퍼 스캐너로 구성되며 또한 반도체 부품들 및 기타 미세한 구조의 부품들을 제조하는데 사용되는 마이크로리소그래픽 투사 노출 장치를 개략적으로 나타내는 도면이다. 마이크로미터의 분수들에 이르는 해상도를 얻기 위해서, 투사 노출 장치(1)는 광(light), 특히 진공 자외선 범위(VUV)를 사용한다. 상기 투사 노출 장치(1)의 스캐닝 방향은 도 1 및 도 2의 도면에 수직하게 연장된다. 도 1의 자외선 단면에서, 상기 투사 노출 장치의 모든 광학적 부품들은 광축(2)을 따라 연속해서 배치된다. 물론, 상기 광축은 특히 상기 투사 노출 장치(1)를 보다 콤팩트하게 설계하기 위해서 임의적으로 접힐 수 있다.

[0078] 전체가 도면부호 5로 지시되는 상기 투사 노출 장치(1)의 조명 시스템은 투과될 구조물이 상세히 설명되지 않는 망선(reticle)의 형상으로 배치되는 망선 평면(reticle plane; 4)에서 각각 객체 영역 또는 영상 영역(3)의 정해진 조명 역할을 한다. 157nm의 작동 파장 범위를 갖는 F₂ 레이저가 주 광원(6) 역할을 하며, 여기에서 그 조명광빔이 상기 광축(2)과 동축으로 정렬된다. 193nm의 작동 파장 범위를 갖는 ArF 엑시머 레이저(excimer laser), 248nm의 작동 파장 범위를 갖는 KrF 엑시머 레이저뿐만 아니라 보다 높거나 낮은 작동 파장 범위들을 갖는 주 광원들과 같은 다른 자외선(UV) 광원들이 또한 고려될 수 있다.

[0079] 상기 광원(6)으로부터 유입될 때, 상기 광빔은 작은 직사각형의 단면적을 가지며, 또한 빔 확장 광학기구(7)에 처음으로 조사될 때, 실질적으로 평행광과 보다 큰 직사각형 단면을 갖는 출구 빔(8)을 생성한다. 상기 빔 확장 광학기구(7)는 조명광의 간섭 축소를 위한 소자를 포함할 수 있다. 상기 빔 확장 광학기구(7)에 의해 실질적으로 평행화된 이후, 상기 레이저 광은 회절 광학 소자(DOE)(9)에 조사되는데, 상기 회절 광학 소자(9)는 컴퓨터-생성 홀로그램으로 구성되어 조명-광의 각도 분배를 생성하게 된다. 그 초점 거리에 대응하여 상기 DOE(9)로부터 소정 거리에 배치되는 퓨리에 렌즈 또는 집광렌즈(condenser; 10)를 각각 통과할 때, 상기 DOE(9)에 의해 생성된 각도 분배는 상기 광축(2)에 수직하는 2차원 위치-의존성 조명광 강도 분배로 변환된다. 이에 따라 생성된 강도 분배는 조명 시스템(5)의 제1조명 평면(11) 내에 존재한다. 따라서, 상기 집광렌즈(10)와 함께 상기 DOE(9)는 2차원 조명광 강도 분배의 생성을 위한 광 분배 소자를 형성하게 된다.

[0080] 또한, 벌집 모양의 집광렌즈로도 불리는 래스터 모듈(13)의 제1래스터 어레이(12)는 상기 제1조명 평면(11)의 근처에 정렬된다. 그 상향 광경로 내에 배치되는 조명 각도 변경 소자(14)와 함께 상기 래스터 모듈(13)은 상기 조명광의 정해진 강도 및 조명 각도 분배를 생성하는 역할을 한다. 상기 조명 각도 변경 소자(14)는 상기 조명 광빔(8)의 강도, 위상 또는 편향각에 영향을 미치는 광적으로 능동적인 소자의 제1예이다. 이하, 상기 조명 각도 변경 소자(14)의 광적 효과가 다양한 바람직한 실시예들에 의해 보다 상세하게 설명된다.

[0081] 제2래스터 어레이(16)가 상기 조명 평면(11)에 대해서 퓨리에 변환된 평면(Fourier-transformed plane)인 다른 조명 평면(15) 내에 배치된다. 2개의 래스터 어레이(12,16)는 상기 조명 시스템(5)의 벌집 모양의 집광렌즈(13)를 형성한다. 다른 조명 평면은 상기 조명 시스템(5)의 동공 평면이다.

[0082] 영역 렌즈로도 불리는 다른 집광렌즈(17)가 상기 래스터 모듈(13)의 하향 광경로에 배치된다. 제2래스터 어레이(16)와 함께 상기 집광렌즈(17)는 상기 조명 평면(11)을 상기 조명 시스템(5)의 중간 영역 평면(18) 내에 영상을 비춘다. 망선 마스크 시스템(reticle masking system; REMA)(19)이 상기 중간 영역 평면(18) 내에 배치될 수 있으며, 그 결과 조명광 강도 분배의 날카로운 에지를 생성하는 조정 가능한 새도우-형성 조리개(shadow-forming stop) 역할을 한다. 하향의 대물렌즈(20)는 상기 중간 영역 평면(18)을 상기 망선 평면(4) 내에 배치되는 망선, 즉 리소그래피 템플릿(lithography template)으로 상이 형성된다. 투사 대물렌즈(21)는 상기 스캐닝 방향으로 간헐적으로 또는 연속적으로 옮겨지는 웨이퍼(도 1에 도시되지 않음) 상의 웨이퍼 평면(22) 내로 상기 망선 평면(4)의 상을 형성하는 역할을 한다.

[0083] 이하, 조명 각도 변경 소자(14)의 제1실시예가 도 2 내지 도 4에 의해 설명된다. 상기 조명 각도 변경 소자(14)는 회절성을 갖는다.

[0084] 제1래스터 어레이(12)는 행렬(columns, lines)로 배치되는 개별적인 제1래스터 소자들(23)을 구비한다. 상기 제1래스터 소자들(23)은 예를 들면 2/1의 x/y 중횡비(y는 스캐닝 방향)를 갖는 직사각형 개구를 구비한다. 특히, 상기 제1래스터 소자들(23)의 높은 중횡비가 또한 가능하다.

- [0085] 도 1에 따른 자오선 단면은 래스터 컬럼을 따라 연장된다. 특히 상기 제1래스터 소자(23)는 예를 들면 양의 굴절력을 갖는 마이크로 렌즈로서 구성된다. 상기 제1래스터 소자(23)의 직사각형 형상은 조명 영역(3)의 직사각형 형상에 대응한다. 실질적으로 전체 유효 공간을 채울 때, 상기 제1래스터 소자(23)는 상기 제1래스터 소자(23)의 직사각형 형상에 대응하는 형상을 갖는 래스터에 서로에 인접하게 직접 배치된다. 또한, 상기 제1래스터 소자(23)는 영역 별집 모양으로도 불린다.
- [0086] 도 2는 조명광(8)의 조명광빔들(24~27)을 위한 (상부부터 하부까지) I 내지 IV 채널들을 한정하는 4개의 바람직한 래스터 소자들(23)을 도시된다. 제1조명광빔(24)은 채널 I에 할당되고, 제2조명광빔(25)은 채널 II에 할당되며, 제3 조명광빔(26)은 채널 III에 할당되며, 또한 제4 조명광빔(27)은 채널 IV에 할당된다. 실제 래스터 모듈(13)은 보다 많은 수의 채널들, 예를 들면 수백 개의 채널들을 포함한다. 각각의 채널들에 할당되는 제2래스터 어레이(16)의 제2래스터 소자(28)는 상기 제1래스터 어레이(12)의 제1래스터 소자(23)의 하향 광경로에 배치된다. 또한, 제2래스터 소자(28)는 특히 양의 굴절력을 갖는 마이크로-렌즈로 구성된다. 상기 제2래스터 소자(28)는 조명 평면(15), 즉 조명 시스템(5)의 동공 평면에 배치되는 동공 별집 모양으로도 불린다. 상기 조명 평면(15)은 투사 대물렌즈(21)의 동공 평면과 접합하게 된다. 영역 렌즈들(17)과 함께 상기 제2래스터 소자(28)는 상기 제1래스터 소자(23), 즉 조명 평면(11)에 배치된 별집 모양을 상기 중간 영역 평면(18)에 상을 형성하며, 이때 제1래스터 소자들(23)의 영상들은 중간 영역 평면(18)에 중첩된다.
- [0087] 제1래스터 어레이(12)의 상향 광경로에 배치되는 조명 각도 변경 소자(14)는 각도 변경 부분들로 분할되고, 여기서 각각의 각도 변경 부분은 래스터 모듈(13)의 채널에 할당된다. 제1각도 변경 부분(30)은 채널 I에 할당되고, 제2각도 변경 부분(31)은 채널 II에 할당되며, 제3 각도 변경 부분(32)은 채널 III에 할당되며, 또한 제4 각도 변경 부분(33)은 채널 IV에 할당된다. 상기 광축(2)에 대해 각각의 각도 변경 부분(30~33)의 수직 연장부는 채널들 I 내지 IV의 직사각형 구경에 대응한다. 결국, 조명 각도 변경 소자(14)는 래스터 어레이를 또한 형성한다.
- [0088] 따라서, 상기 각도 변경 부분(30~33)의 상기 조명 각도 변경 소자(14)의 래스터는 상기 제1래스터 어레이(12)의 래스터에 대응한다. 각각의 각도 변경 부분(30~33)은 개별적으로 할당된 제1래스터 소자(23)의 구경에 대응하는 구경을 포함한다.
- [0089] 상기 각도 변경 부분(30)은 입사 조명광빔(24)의 편향을 방지하도록 동일 평면의 래스터 소자로 구성된다. 채널 I의 전체 구경이 동일 강도의 조명광빔(24)에 노출된다면, 상기 제1채널 I의 강도 기여(34)는 상기 중간 영역 평면(18) 내의 조명 영역(35)를 가로질러 상수 값 I_0 을 구비한 중간 영역 평면(18)에서 획득된다.
- [0090] 채널 II에 할당되는 상기 조명 각도 변경 소자(14)의 각도 변경 부분(31)은 도 2에 따른 입구 면과 출구 면 사이에 제1웨이 각도(α)를 갖는 한편 하부로 경사진 웨지로 구성된다. 이것은 상기 조명 각도 변경 소자(14)의 상향에서 상기 광축(2)에 평행하게 안내되는 조명광빔(25)을 각도 α' 만큼 상향으로 편향되게 한다.
- [0091] 상기 각도 α' 만큼의 편향은 상기 조명 영역(35) 내의 채널 II의 강도 기여(36)를 일정 방식으로 영향을 미치게 하는데, 이하 도 4에 의해 설명된다. (점선으로 도시되는) 조명광빔(25)은 입구측 상에 하부로부터 상부까지 번호가 부여된 3개의 부분적인 조명 빔들(25_1 , 25_2 , 25_3)로 분할된다. 도 4의 실선으로 도시된 바와 같이, 3개의 부분적인 조명 빔들로 또한 분할되는 한편 광축(2)에 평행한 채널 II로 방사되는 조명광빔이 비교를 위해 도시된다.
- [0092] 편향각 α' 로 인해, 부분적인 조명 빔(25_3)은 제1래스터 소자(23)에서 가장 크게 굴절된다. 상기 부분적인 조명 빔(25_3)이 굴절될 때, 근축 근사가 더 이상 적용되지 않는다. 비수차(aberration-free) 상 형성 과정과 비교하면, 상기 부분적인 조명 빔(25)은 매우 강하게 굴절되고 이에 따라 각도 β' 만큼 굴절된다. 한편, 다른 2개의 조명 빔들(25_2 , 25_1)은 상대적으로 작게 굴절되며, 그 결과 근축 근사가 이 경우에 여전히 적용된다. 입사되는 부분적인 조명 빔들($25_1 \sim 25_3$)이 제2래스터 소자(28) 및 집광 렌즈(17)에 의해 상이 형성될 때, 상기 부분적인 조명 빔(25_3)의 굴절 편향 수차는, 상기 집광렌즈(17)의 하향에서 상기 부분적인 조명 빔들(25_1 , 25_2) 사이의 거리($\Delta_{12'}$)가 상기 부분적인 조명 빔들(25_2 , 25_3) 사이의 거리($\Delta_{23'}$)보다 작아지게 된다. 상기 중간 영역 평면(18)에서, 이것은 도 4에 따른 조명 영역(35)의 하부 에지에서 최대 강도부터 최소 강도까지 채널 II의 강도 기여가 선형 감소, 즉 일정 크기의 감소하기 전에, 도 4에 따른 조명 영역(35)의 상부 에지에서 가장 커지는 결과가 된다. 채널 II의 강도 기여(36)의 이러한 선형 진로는, 광학의 투과 손실을 무시한다면, 투사 대물렌즈(21)에 의해 상이 형성되는 동안에도 동일하게 유지된다. 비교를 위해 연속적으로 도시되는, 도 4에 따른 근축 입사의 상

기 부분적인 조명 빔들은 에지 근처의 부분적인 조명 빔 및 중앙의 부분적인 조명 빔 사이에서 동일한 거리(Δ_{12} 및 Δ_{23})를 갖는다.

[0093] 채널 III에 할당되기 때문에, 상기 조명 각도 변경 소자(14)의 상기 각도 변경 부분(32)은 상기 웨지 각도(α)보다 작은 출구측에서 웨지 각도(γ)를 갖는다. 도 2에 따르면, 각도 변경 부분(32)은 웨지 형상으로 하향으로 경사져 있다. 이것은 상기 각도 변경 부분(32)에 의해 조명광빔(26)의 편향각(γ')이 상기 각도 변경 부분(31)에 의해 생성되는 편향각(α')보다 작아지는 결과가 된다. 따라서, 채널 III에서 에지 근처의 부분적인 조명 빔들 및 중앙의 부분적인 조명 빔 사이의 거리에서 보다 작은 차이를 보이며, 그 결과 채널 III의 강도 기여(37)는 채널 II의 강도 기여(36)보다 작은 크기로 상부로부터 하부까지 도 2의 조명 영역(35)을 따라서 감소하는 것으로 구해진다. 상기 조명 영역(35)의 상부 에지에서 강도 기여(35)의 최대 강도는 상기 강도 기여(36)의 최대 강도보다 작게 된다. 한편, 채널 III의 강도 기여(37)의 최소 강도는 상기 채널 II의 강도 기여(36)의 최소 강도를 초과한다.

[0094] 채널 IV의 각도 변경 부분(33)은 입구면 및 출구면 사이의 웨지 각도(γ)를 가지고 상향으로 경사진 도 2의 웨지로서 구성되며, 여기에서 그 절대값은 채널 III의 각도 변경 부분(32)의 웨지 각도(γ)에 대응한다. 결국, 채널 IV의 강도 기여(38)는 조명 영역에 걸쳐 선형으로 변경하고, 광축(2) 주변에서 반사될 때 상기 강도 기여(37)에 대응하는 것으로 구해진다. 채널 IV의 강도 기여(38)의 예에서, 최대 강도가 도 2의 하부 영역 에지 근처에 존재하는 반면에 최소 강도는 도 2의 상부 영역 에지 근처에 존재한다. 상기 영역 에지들 근처의 상기 강도 기여들(37, 38)의 최소 및 최대 강도들은 거의 동일한 절대값을 갖는다.

[0095] 도 3은 조명 영역(35)을 따라 조명 각도 변경 소자(14)의 효과를 예시하는 도면이다. 상기 채널들 I~IV의 강도 기여(34, 36~38)는 도 3의 좌측 상에 다시 도시된다. 도 3의 우측은 상기 조명 영역(35)의 상부 에지 근처에서 그리고 조명 영역(35)의 하부 에지 근처에서 선택된 영역 지점들에서 개별적인 강도 기여(34, 36~38)의 강도를 상세하게 도시된다.

[0096] 상기 조명 영역(35)의 상부 에지에서 채널 I의 강도 기여 I_0 은 “0”으로 도시된다. 상기 강도 기여(36)의 강도는 상기 조명 영역(35)의 상부 에지에서 최대값에 도달하고, “++”로 도시된다. 마찬가지로, 채널 III의 강도 기여(37)의 강도는 또한 상부 영역 에지에서 최대값에 도달하고, 여기서 상기 최대값은 채널 II의 강도 기여(36)의 강도보다 작고, 이에 따라 “+”로 도시된다. 상기 채널 IV의 강도 기여(38)의 강도는 상부 영역 에지에서 가장 작게 되고, 이에 따라 “-”로 도시된다.

[0097] 따라서, 상부 영역 에지에서 채널들 I~IV의 모든 가능한 조명 방향으로부터의 강도 합성은 상기 채널 II의 기여가 가장 크고, 채널 III의 기여가 다음이며, 채널 I의 강도 기여가 그 다음이 된다. 채널 IV의 강도 기여는 전체 중에서 가장 작다.

[0098] 한편, 조명 영역(35)의 하부 영역 에지에서의 관계가 도 3의 하부 우측에 도시된다. 이 지점에서, 채널 II의 강도 기여(36)의 강도는 그 절대값이 최소에 도달하고 “--”로 표시된다. 마찬가지로, 채널 III의 강도 기여(37)의 강도는 하부 영역 에지에서 그 절대값이 최소가 된다. 하지만, 이러한 강도 기여(37)의 최소 강도는 상기 강도 기여(36)의 최소 강도를 초과하고, 이에 따라 상기 채널 II의 최소 강도가 상기 하부 영역 에지에서 “-”로 나타내게 된다. 채널 IV의 강도 기여(38)는 상기 하부 에지에서 최대가 되고, 여기서 상기 최대값의 절대값은 상기 상부 영역 에지에서의 상기 강도 기여(37)의 최대값에 대응한다. 따라서, 상기 하부 영역 에지에서 채널 IV의 강도 기여는 “+”로 도시된다.

[0099] 이에 따라, 상기 조명 영역(35)의 하부 영역 에지에서, 상기 채널 IV의 강도 기여(38)가 가장 크고, 상기 채널 I의 강도 기여(34)가 다음으로 크고, 채널 III의 강도 기여(37)가 그 다음으로 크며, 또한 채널 II의 강도 기여(36)가 가장 작다.

[0100] 상기 상부 영역 에지에서, 조명의 가능한 방향들, 즉 채널들 I~IV로부터 상기 상이한 강도 기여들의 강도 합성(intensity compositions)은 하부 영역 에지에서의 강도 합성과는 다르다. 조명의 가능한 방향들로부터 상기 강도 기여의 대응하는 강도 합성들은 상기 조명 영역(35)의 상부 및 하부 에지 사이의 영역 지점들에 대해 이루어진다. 상기 조명 영역 지점들 및 조명 영역(35)의 에지들 사이의 거리가 증가할 때, 이것은 상기 강도 기여들(36, 37, 38)의 차이들이 상기 강도 기여(34)의 강도(I_0)와 관련하여 감소하게 한다. 조명 영역(35)의 에지들 사이의 중심부에서, 모든 채널 I~IV에 의해 전체 조명 강도에 전달되는 강도(I_0)의 레벨은 개별적인 영역 지점에 대해서 동일하다.

- [0101] 따라서, 상기 조명 영역(35)의 모든 영역 지점들은 채널들 I~IV에 의해 조명을 제공받지만, 조명의 가능한 방향들로부터의 조명 기여(illumination contributions)는 상이하다.
- [0102] 채널들 I~IV과 함께, 상이한 웨지 각들을 갖는 다른 채널들이 또한 제공될 수 있다. 도 2에 도시된 바에 따르면, 4개의 채널들 I~IV은 아래로 경사진 2개의 각도 변경 부분들, 즉 각도 변경 부분들(31, 32) 및 이에 반해 상부로 경사진 단지 하나의 각도 변경 부분, 즉 강도 변경 부분(35)을 포함하며, 이것은 또한 조명 각도의 영역-의존인 전체 강도 분배라는 결과를 발생한다. 도 2의 도면부호 39에서 점선으로 도시된 바와 같이, 상기 전체 강도 분배는 상기 강도 분배(34, 36~38)를 중첩함으로써 구해진다.
- [0103] 상기 제1래스터 어레이(12)로부터의 조명 각도 변경 소자(14)의 거리(A)는 상기 제1래스터 어레이(12)의 래스터 폭(R)과 최대 편향각(α')의 몫(quotient)보다 작다. 상기 각도 변경 부분들(30~33)이 상기 조명광빔들(24~27)에 의해 조명이 제공될 때, 이것은 실질적으로 상기 전체 조명광빔들(24~27)이, 상기 조명 각도 변경 소자(14)에 의해 편향될지라도 상기 제1래스터 어레이(12)의 할당된 래스터 소자(23)에 도달하는 것을 보장한다.
- [0104] 상기 조명 각도 변경 소자(14) 대신에 적용할 수 있는 조명 각도 변경 소자의 다른 실시예가 도 5에 도시되어 있다. 이하, 도 5 및 도 6에 의해 이 실시예가 설명된다. 도 2 내지 도 4와 관련하여 기술한 것들에 대응하는 부품들은 동일한 도면부호를 부여하며, 다시 상세하게 설명되지는 않는다.
- [0105] 상기 조명 각도 변경 소자(40)는 상기 광축(2)과 교차하고 도 5에 도시된 평면과 수직한 루프-에지(roof edge; 41)를 포함하는 루프-에지 프리즘으로서 구성된다. 상기 조명 각도 변경 소자(40)는 단지 2개의 각도 변경 부분들(42, 43), 즉 도 5의 루프 에지(41) 상부의 웨지 형상인 상부로 경사진 각도 변경 부분(42), 및 도 5의 루프 에지(41) 하부의 또한 웨지 형상인 하부로 경사진 각도 변경 부분(43)을 구비한다. 상기 조명 각도 변경 소자(40)의 이러한 형상은 상기 각도 변경 부분(42)에 의해 각도(γ')만큼 채널들 I 및 II의 하부 편향을 발생시키는 반면, 상기 각도 변경 부분(43)은 채널들 III 및 IV를 각도(γ')만큼 상부로 편향시킨다. 상기 편향각(γ')의 절대값은 도 2에 따른 조명 각도 변경 소자(14)의 각도 변경 부분들(32, 33)에 의해 생성된 편향각(γ')에 대응한다.
- [0106] 채널 I 및 II의 강도 기여(44)는 실질적으로 동일하지만, 상기 조명 영역(35)에 따른 그 진로는 도 2에 따른 실시예에서 강도 기여(38)의 진로와 대응한다. 채널들 III 및 IV의 강도 기여는 실질적으로 동일하지만, 그 진로는 도 2에 따른 실시예에서 강도 기여(37)의 진로와 대응한다.
- [0107] 도 6에 도시된 바와 같이, 상기 조명 각도 변경 소자(40)를 포함하는 실시예에서, 상기 조명 영역(35)의 상부 에지는 채널들 I 및 II에 의해 전달되는 최소 강도 및 채널들 III 및 IV에 의해 전달되는 최대 강도에 노출된다. 이와 반대로, 상기 조명 영역(35)의 하부 에지는 채널들 I 및 II에 의해 전달되는 최대 강도 및 채널들 III 및 IV에 의해 전달되는 최소 강도에 노출된다. 영역 에지들 사이에서, 한편의 채널들 I 및 II의 강도 기여들 및 다른 한편의 채널들 III 및 IV 사이의 강도 기여들 사이의 강도 차이는, 전체 강도를 형성하는 모든 채널들 I~IV의 강도가 상기 영역의 중심에서 동일 레벨에 도달할 때까지, 선형으로 감소한다.
- [0108] 상기 각도 변경 부분들(42, 43)의 에지 각도(γ')의 동일한 절대값으로 인해, 상기 조명 영역(35)에 걸친 강도 기여(44, 45)의 증가분의 절대값은 또한 일정하게 유지된다. 채널들 I~IV의 각각이 상기 조명 각도 변경 소자(40)에서 동일한 광 강도를 투과한다면, 이에 의해 전체 강도 분배(36)는 전체 조명 영역(35)에 걸쳐서 일정하게 유지되고 이에 따라 영역-독립적(field-independent)이 된다. 하지만 상이한 조명 영역 지점들이 상기 조명 각도 변경 소자(40)에서 사이한 강도 기여를 가지고 조명이 제공되며, 여기서 상기 강도 기여는 조명의 가능한 방향들, 즉 채널들 I~IV의 방향들로부터 유입되는 강도 기여(44, 45)에 대응한다. 전체 강도 분배를 검사할 때, 선형 강도 분배들(44, 45)이 상기 조명 영역(35)에 걸쳐 상이한 정도로 경사지고 이에 따라 서로 상쇄(cancel out)되며, 그 결과로서, 전체 강도 분배는 각도 분배와 달리 영역-독립적이 된다.
- [0109] 또한, 루프-에지 프리즘 대신에, 조명 각도 변경 소자(14)는 그 단면이 도 5에 도시된 것과 대응하는 굴절성 원뿔형 표면일 수 있다. 결과적으로, 강도 기여(44, 45)를 포함하는 강도의 진로는 도 5에 도시된 평면에 수직한 방향으로 획득되며, 이 경우 상기 강도의 진로는 도 5에 도시된 것과 대응한다.
- [0110] 또한, 상기 각도 변경 부분들(42, 43)에 대응하는 웨지 각들을 갖는 각도 변경 부분들은 상기 조명 각도 변경 소자의 평균 전체 두께가 상기 광축(2)에 수직한 평면에서 일정하게 유지되게 하는 프레넬 렌즈(Fresnel lens)와 유사한 웨지단(wedge steps)으로 구성될 수 있다. 이러한 조명 각도 변경 소자(40)의 대안적인 실시예는 상기 각도 변경 부분들(42, 43)을 통해 동일한 웨지 각들을 갖는 각도 변경 서브-부분들로 구성되는 래스터를 구비한다.

- [0111] 도 7은 상기 조명 각도 변경 소자(14) 대신에 적용할 수 있는 조명 각도 변경 소자(47)를 포함하는 래스터 모듈(raster module)의 다른 실시예를 도시된다. 도 5 및 도 6과 관련하여 전술한 것들과 대응하는 부품들은 동일한 도면부호를 부여하며 다시 상세히 설명하지는 않는다. 상기 조명 각도 변경 소자(47)의 실시예는 래스터 모듈(13)의 상부 채널 I 및 하부 채널 II을 예로 하여 설명된다.
- [0112] 상기 조명 각도 변경 소자(47)는 상기 제1래스터 어레이(12)의 래스터와 대응하는 래스터를 갖는 각도 변경 부분들(48)의 래스터 어레이로서 구성된다. 따라서, 상기 각도 변경 부분들(48)의 구경(aperture)은 제1래스터 소자(23)의 구경에 대응한다. 각각의 각도 변경 부분(46)의 에지들 사이의 출구 면에서 중앙에 배치되고, 도 7에 도시된 평면에 수직한 루프 에지(49)를 포함하는 반전된 루프-에지 프리즘으로서 구성된다. 도 7에 따른 루프 에지들(49)의 상부에, 웨지 형상으로 상향으로 확장되는 제1각도 변경 서브-부분(50)이 형성된다. 도 7에 다른 각각의 루프 에지(49) 하부에 웨지 형상으로 하향으로 확장되는 제2각도 변경 서브-부분(51)이 형성된다.
- [0113] 채널들 I 및 II의 각도 변경 부분(48)은 도 7에서 보다 쉽게 나타내기 위해서 실선으로 나타내는 상부의 부분적인 조명 빔들(52', 53') 및 점선으로 나타내는 하부의 부분적인 조명 빔들(52", 53")로 분할된 조명광빔들(52, 53)에 의해 간섭을 받는다. 상기 상부의 부분적인 조명 빔들(52', 53')은 상기 제1각도 변경 서브-부분(50)에 의해 각도(γ')만큼 상부로 편향되며, 반면에 상기 상부의 부분적인 조명 빔들(52", 53")은 상기 제2각도 변경 서브-부분(51)에 의해 각도(γ'')만큼 하부로 편향된다. 각각의 각도 변경 부분(48)은 상기 조명 영역(35)에서 조명 강도에 강도 기여(54)를 전달하며, 여기서 각각의 경우 상기 강도 기여(54)는 상기 조명 영역(35)에 걸쳐서 동일한 의존성을 보여준다. 상기 조명 영역(35)의 상부 에지로부터 그 중심을 향해 바라보면, 이러한 개별적인 강도 기여 또는 전체 강도 분배(54)는 모든 각도 변경 부분들(48)에 의해 함께 생성되고, 상기 조명 영역(35)의 하부 에지에 도달할 때까지 최소 강도로부터 최대 강도까지 선형으로 증가하기 이전에, 처음에는 최대 강도로부터 최소 강도까지 감소한다. 따라서, 상기 강도 분배는 하나의 개별적인 각도 변경 부분(48)의 단면적에 대응하는 형상을 구비한다.
- [0114] 따라서, 조명 영역에 의존되는 전체 강도 분배(54)는 조명 영역(35) 내에서 달성되며, 여기서 모든 채널의 기여가 동일하기 때문에 서로 상이한 조명 영역 지점들은 조명의 가능한 방향으로부터 동일한 강도에 노출된다.
- [0115] 도 7에 따른 실시예에서와 같이 반전된 루프-에지 프리즘으로 구성된 각도 변경 부분 대신에, 조명 각도 변경 소자의 다른 실시예에서 상기 각도 변경 부분은 굴절 원뿔 표면을 갖는 래스터 소자로 구성될 수 있으며, 여기에서 각각의 원뿔 표면의 회전 대칭축은 광학축(2)과 평행하거나 일치한다. 따라서, 강도 분배(54)에 대응하는 전체 강도 분배가 얻어지지만, 도 7에 수직하는 방향에서 마찬가지로 루프-에지 의존성을 갖는다. 본 실시예에서, 전체 강도는 조명 영역(35) 중앙의 최소값으로부터 그 에지를 향하여 선형적으로 증가된다. 이러한 조명 각도 변경 소자 또는 전술한 조명 각도 변경 소자(47)의 실시예 각각은 광학 구경 에지에서의 투과 손실이 상기 조명 시스템(5) 또는 조명 대물렌즈(21) 각각에서 보상되는 것을 허용한다.
- [0116] 조명 영역(35)의 중간 영역 평면(18) 내의 조명 각도 변경 소자(14, 40, 47)에 의해 생성된 조명광 강도 분배들은 대물렌즈(20)의 이미지 스케일을 이용하여 망선 평면(4) 내의 조명 영역(3)로 상이 형성된다.
- [0117] 조명 각도 변경 소자의 대안적 실시예들(도시되지 않음)은 굴절 또는 혼성 소자일 수 있다.
- [0118] 투사 노출 장치(1)의 투사 대물렌즈(21)에 의해서, 망선의 적어도 일부는 각기 미세 구조의 부품의 마이크로리소그래픽 제작을 위한 웨이퍼나 기판 상의 광감성 코팅 영역에 상이 형성된다.
- [0119] 도 8은 마이크로리소그래픽 투사 노출 장치(1)의 대안적 실시예를 나타내며, 상기 마이크로리소그래픽 투사 노출 장치(1)는 단지 래스터 어레이(12)의 배치와 관련하여 그리고 래스터 어레이(12)와 제1조명 평면(11)에 대한 조명 각도 변경 소자(14)의 배치에 관련하여 도 8에 따른 실시예와 차이가 있다. 도 8에 따른 실시예에서, 상기 제1래스터 소자(12)는 상기 제1래스터 컬럼을 형성하는 래스터 소자들을 포함하는 컬럼 어레이(12'), 및 상기 제1래스터 라인을 형성하는 래스터 소자를 포함하는 라인 어레이(12'')로 구분된다. 도 1에 따른 제1래스터 어레이(12)와 대비하여, 도 8에 따른 래스터 어레이(12', 12'')는 단일체(monolithic)가 아니라 두개의 소자들로 구분되며, 여기서 한 소자는 래스터 라인을 형성하는 한편 다른 소자는 래스터 컬럼을 형성한다. 컬럼 어레이(12')와 라인 어레이(12'')의 결합 효과는 도 1에 따른 제1래스터 어레이(12)의 효과에 대응한다.
- [0120] 도 8에 따른 실시예에서, 조명 각도 변경 소자(14)는 제1조명 평면(11)의 근처에서 컬럼 어레이(12')와 라인 어레이(12'') 사이에 배치된다. 도 8에 도시된 실시예에서, 컬럼 어레이(12')는 제1조명 평면(11)의 바로 상향에 배치되는 반면에, 조명 각도 변경 소자는 상기 제1조명 평면(11)에 배치되고, 라인 어레이(12'')는 그 바로 하향에 배치된다. 조명 평면(11)에 대한 컬럼 어레이(12')와 라인 어레이(12'') 사이의 거리는 너무 작기 때문에 두

어레이(12', 12")의 광학 효과는 차이가 발생하지 않는다.

- [0121] 도 8에 따른 배치에 대한 대안으로서, 컬럼 어레이(12')와 라인 어레이(12")의 위치는 또한 서로 변경될 수 있다.
- [0122] 도면에 도시되지 않은 또 다른 대안으로서, 제2어레이(16)는 라인 어레이와 컬럼 어레이로 나누어진다.
- [0123] 도 9는 래스터 소자(23, 28)에 의해 제공되는 강도 기여가 조명 영역(35)에 걸쳐서 전체 조명 강도에 영향을 주는 광학적으로 능동적인 소자의 다른 대안적 실시예를 포함하는 래스터 모듈(13)을 나타낸다. 도 1 내지 도 8과 관련하여 전술한 것들과 대응하는 부품들 및 참조번호는 동일한 참조번호가 붙여지며, 다시 상세하게 설명되지 않는다.
- [0124] 도 1 내지 도 8에 따른 조명 각도 변경 소자 대신에, 도 9 내지 도 12에 따른 실시예는 조명광빔(8)의 특성에 영향을 미치는 광학적으로 능동적인 소자(optically active device)를 구비하며, 상기 광학적으로 능동적인 소자는 상기 제2래스터 어레이(16)의 제2래스터 소자(28) 상에 광학 변경 코팅(optical variation coating: 55)이 되어 있다. 상기 변경 코팅(55)은 제1래스터 어레이(12)에 접하는 제2래스터 소자(28)의 측면에 도포된다. 상기 제2래스터 소자들(28) 각각은 별개의 투과 코팅(transmission coatings)이 제공된다. 예를 들면, 상기 투과 코팅은 간섭 코팅(interference coatings)이다. 투과 코팅 각각의 두께는 이온빔 피겨팅(IBF) 방식에 의해 미세 조정될 수 있다. 이러한 투과 코팅 중 하나, 즉 도 9(채널 IV)의 아래에 도시된 제2래스터 소자(28)의 투과 코팅(56)의 효과는 도 10에 따른 확대 상세 도면에 의해 이하에서 설명된다.
- [0125] 채널 IV의 조명광빔(27)은 채널 IV의 제2래스터 소자(28)의 방향에서 채널 IV의 제1래스터 소자(23)에 의해 초점이 맞추어진다. 조명광빔(27)의 중앙 광선(57)은 제1래스터 소자(23)에 의해 편향되지 않고, 이에 따라 상기 투과 코팅(56)과 제2래스터 소자(28)에 수직으로 조사된다. 따라서, 상기 투과 코팅(56)에 조사되는 상기 중앙 광선(57)의 입사 지점에 대한 접선(tangent) 및 상기 중앙 광선(57) 사이의 각도($\delta 1$)는 90° 에 해당한다.
- [0126] 제2래스터 소자(28)의 곡률 때문에, 상기 투과 코팅(56)에 조사되는 상기 가장자리 광선(58)의 입사 지점에 대한 접선 및 조명광빔(27)의 가장자리 광선(58) 사이의 각도($\delta 2$)는 90° 보다 작다. 결국, 상기 투과 코팅(56)을 통과하는 중앙 광선(57)의 유효 광경로는 상기 투과 코팅(56)을 통과하는 가장자리 광선(58)의 유효 광경로보다 작다. 그 결과로서, 상기 투과 코팅(56)은 조명광빔(27)의 중앙 광선(57)의 투과와 조명광빔(27)의 가장자리 광선의 투과가 다르다는 것을 보여준다. 따라서, 상기 조명광빔(27)의 투과는 제2래스터 소자(28) 상의 입사 지점에 따라 달라진다.
- [0127] 상기 투과 코팅(56)은 전체 제2래스터 소자(28)에 걸쳐서 동일한 코팅 두께를 갖는다. 각각의 제2래스터 소자(28)에 걸친 이러한 코팅 두께의 균일성은 전체 변경 코팅(55)에 적용되며, 여기서 개별적인 제2래스터 소자들(28)에 대한 투과 코팅의 코팅 두께는 서로 다를 수 있다.
- [0128] 투과 코팅(56)의 투과가 상기 가장자리 광선(58)에 대해서보다 상기 중앙 광선(56)에 대해서 더 낮도록 상기 투과 코팅(56)의 두께가 선택된다. 상기 중간 영역 평면(18)에서 상기 조명 영역(35)에 걸친 채널 IV의 강도 기여(59)는 도 9에서 점선으로 도시된다. 상기 강도 기여(59)는 상기 조명 영역(35)의 중앙에서 가장 작다. 상기 조명 영역(35)의 에지 쪽으로, 상기 강도 기여(59)는 최고값 I_0 이 상기 조명 영역(35)의 에지에 도달할 때까지 연속적으로 증가한다.
- [0129] 채널 III의 제2래스터 소자(28) 상의 투과 코팅(60)의 효과는 도 9의 조명 영역(35)에 걸친 강도 기여(61)의 의해 표시된다. 상기 강도 기여(61)는 도 9에서 점선으로 도시된다. 채널 III의 상기 투과 코팅(60)은 채널 III의 제2래스터 소자(28) 상의 입사 지점에 따라 달라지고, 전술한 투과 코팅(56)의 효과에 대응하는 효과를 갖는다. 하지만, 전술한 투과 코팅(56)에 비해서 상기 투과 코팅(60)은 상기 조명광빔(26)의 중앙 광선은 보다 적게 감소되고, 따라서 상기 강도 기여(61)의 절대값이 낮게 변동된다. 상기 채널 III의 가장자리 광선(58)은 강도 I_0 을 가지고 다시 통과할 수 있다.
- [0130] 채널 II의 제2래스터 소자(28) 상의 투과 코팅(62)의 효과는 상기 조명 영역(35)에 걸치는 강도 기여(63)에 의해서 도 9에 표시된다. 상기 투과 코팅(62) 상의 입사 지점과는 무관하게 조명광빔(25)이 동일한 강도로 투과될 수 있도록 상기 투과 코팅(62)이 배치된다. 따라서, 상기 강도 기여(63)는 상기 조명 영역(35) 상의 입사 지점과 무관하게 각각의 경우 I_0 에 해당한다.
- [0131] 채널 I의 제2래스터 소자(28)는 채널 IV의 투과 코팅(56)에 대응하는 투과 코팅(56)으로 다시 코팅된다. 상기

조명광빔(24)은 전술한 조명광빔(27)과 같은 정도로 도 9에 따른 래스터 모듈(13)에 의해 영향을 받게 되고, 그 결과 조명광빔(24) 역시 상기 강도 기여(59)에 대응하는 조명 영역(35)에 걸쳐서 강도 기여를 전달한다.

[0132] 상기 투과 코팅들(56, 60 및 62)의 상이한 투과도들은 상기 투과 코팅들의 상이한 코팅 두께들에 의해 달성될 수 있거나, 또는 이러한 투과 코팅들을 위해 사용되는 상이한 물질들에 의해 달성된다. 그러나 그 차이들은 이러한 투과 코팅들을 위해 사용되는 상이한 물질 순서에 의하여 달성될 수 있으며, 상이한 물질 순서는 통상적으로 서로 다른 층으로 구성된다.

[0133] 도 11은 투과 코팅들(56, 60, 62)을 갖는 래스터 소자(28)의 바람직한 분배를 포함하는 도 9에 따른 래스터 모듈(13)의 제2래스터 소자(16)의 개략적인 평면을 나타내고 있다. 상기 제2래스터 어레이(16)의 대향 에지 스트립(Opposite edge strips: 64)은 도 9에 따른 채널들 I, IV의 투과 코팅들(56)과 동일한 광학 효과를 갖는 투과 코팅으로 각각 코팅되는 제2래스터 소자(28)가 구비된다. 각각의 에지 스트립(64)은 복수의 제2래스터 소자(28), 즉 복수의 채널을 구비한다. 두 에지 스트립(64)은, 도 11에 나타난 바와 같이, 에지 스트립(64) 채널수를 늘린 도 9에 따른 강도 기여(59)에 대응하는 조명 영역(35)에 걸쳐서 강도 기여를 발생시킨다. 두 에지 스트립(64)은 상기 투사 노출 장치(1)의 스캐닝 방향 y를 따라서 연장된다.

[0134] 상기 두 에지 스트립(64) 사이에서 연장된 중앙 스트립(65)은 도 9에서 채널 II의 투과 코팅(62)과 동일한 광학 효과를 갖는 투과 코팅된 제2래스터 소자(28)를 갖는다. 상기 중앙 스트립(65)은 상기 에지 스트립(64)의 폭에 대해 거의 두 배의 폭을 갖는다. 상기 중앙 스트립(65)은 조명 영역(35)에서 강도 기여를 전체 강도에 전달하는데, 상기 강도 기여는 중앙 스트립(65)에서 채널수를 갖도록 증대되면, 도 11에 도시된 바와 같이, 상기 강도 기여(63)에 대응한다.

[0135] 또 다른 중간 스트립들(66)이 중앙 스트립(65) 및 두 에지 스트립(64)의 각각 사이에 배치된다. 스캐닝 방향 y에 평행하게 연장되는 중간 스트립들(66)의 두께는 에지 스트립들(64)의 두께보다 작다. 상기 두개의 중간 스트립들(66)은 도 9에 따른 채널 III의 투과 코팅(60)과 동일한 광학 효과를 갖는 투과 코팅된 제2래스터 소자(28)를 이용하여 설계된다. 따라서, 중간 스트립(66)의 제2래스터 소자(28)는 조명 영역(35)에 걸쳐서 상기 강도에 상기 강도 기여(61)를 전달한다.

[0136] 조명 영역(35) 및 망선 평면(4)에서 그 객체 영역(3)의 하류에서, 에지 근처의 조명광빔, 예를 들면 조명광빔(24 및 27)은 에지에서 강도가 증가되고, 이에 따라 조명 시스템(5) 및/또는 투사 대물렌즈(21)에서 발생하는 효과들이 보정되거나 보상될 수 있다.

[0137] 도 12는 변경 코팅(55)의 투과 코팅의 코팅 두께 차이와 관련된 입사 위치 의존 또는 입사-각도 의존 강도 기여를 나타낸다.

[0138] 상기 투과 코팅은 하나의 물질 또는 물질층으로 각각 구성되고, 75nm의 투과 코팅의 코팅 두께에서 $I_{\max}=1$ 의 강도 기여를 전달한다. 따라서, 상기 제2래스터 소자(28)에 걸친 75nm의 코팅 두께를 갖는 투과 코팅은 상기 중앙 스트립(65)을 위한 투과 코팅(62) 역할을 할 수 있다.

[0139] 이하 기술되는 투과 코팅은 단지 그 코팅 두께에 관하여 전술한 투과 코팅과 차이점이 있다.

[0140] 82nm의 균일한 코팅 두께를 갖는 투과 코팅은 도 9에 따른 강도 기여(61)에 대응하는 강도 기여를 발생시킨다. 상기 중앙 광선(57)에 관하여, 이러한 82nm 투과 코팅은 0.98의 투과를 발생시킨다. 상기 가장자리 광선(58)에 관하여 이러한 82nm 투과 코팅은 0.99의 투과를 발생시킨다. 상기 82nm 투과 코팅은 상기 중간 스트립(66)의 제2래스터 소자(28)에 적용될 수 있다.

[0141] 85nm의 코팅 두께를 갖는 투과 코팅은 도 9의 강도 기여(59)에 대응하는 강도 기여를 발생시킨다. 상기 중앙 광선(57)의 투과는 대략 0.967 정도이다. 상기 가장자리 광선(85)의 투과는 0.98 정도이다. 이러한 85nm 투과 코팅은 상기 두 에지 스트립(64)에 적용할 수 있다.

[0142] 도 12는 변경 코팅(55)의 투과 코팅을 위한 다른 기대할 수 있는 코팅 두께의 대안을 추가로 나타내고 있다. 68nm의 코팅 두께를 갖는 투과 코팅은 상기 중앙 광선(57)에 대해서 대략 0.992의 투과를 보여주며 또한 가장자리 광선(58)에 관련하여 대략 0.99의 투과를 보여준다(강도 기여(67)를 참조). 이 경우, 투과는 가장자리 광선보다 중앙 광선에서 더 높다. 또한, 중앙 스트립에서의 중앙 광선의 투과가 가장자리 광선의 투과를 초과하는 경우, 두 가장자리와 중앙 광선들이 상기 가장자리 스트립들에서 동일하게 값으로 투과되거나, 또는 중앙 광선들의 투과가 가장자리 광선을 초과하는 경우에, 이것은 대안적인 제2래스터 어레이를 생성하는데 유용할 수 있다.

- [0143] 도 12는 61nm 코팅의 강도 기여(68)를 추가로 나타내고 있다. 이 경우에, 투과량은 중앙 광선에 대해서 대략 0.964이며 또한 가장자리 광선에 대해서 대략 0.966 정도이다.
- [0144] 89nm 코팅에서, 투과량은 중앙 광선(57)에서 대략 0.946이며, 또한 가장자리 광선에서 대략 0.966 정도이다. 따라서, 강도 기여(68, 69)를 갖는 코팅의 결합은 도 11에 따른 래스터 소자의 강도 기여에 대응하는 효과를 갖는 래스터 소자에 적용될 수 있는데, 가장자리 광선의 강도 기여(68, 69)가 실질적으로 동일하며 또한 중앙 광선들에 대하여 강도 기여(68, 69)가 가장 큰 차이를 나타내기 때문이다. 예를 들면 강도 기여(69)를 갖는 89nm 투과 코팅이 그 에지 스트립(64)에 적용될 수 있는 반면에 강도 기여(88)를 갖는 61nm 코팅은 제2래스터 어레이(16)의 중앙 스트립(65)에 적용될 수 있다.
- [0145] 상기 변경 코팅(55)의 상이한 투과 코팅들(56, 60, 62)에 의해 투과에 영향을 미치는 대신에, 상기 변경 코팅(55)은 상기 래스터 모듈(13)의 상이한 채널들에서 상기 조명광빔들의 위상(phase)에 영향을 미치는 상이한 양들을 발생시키는 상이한 위상 코팅들(phase coatings)을 대응해서 포함할 수 있다. 또한, 상이한 위상-영향 효과를 갖는 코팅들이, 도 11의 예에 의해 기술되는 바와 같이, 예를 들면 상기 제2래스터 어레이(16)의 일부로서 제공될 수 있다.
- [0146] 또한, 상기 변경 코팅(55)은 제1래스터 어레이(12)에 적용될 수 있다. 이 경우, 상기 변경 코팅(55)은 상기 제2래스터 어레이(16)에 접하는 상기 제1래스터 어레이의 측면에 바람직하게 적용된다. 이와 달리, 상기 변경 코팅(55)의 전체 효과를 발생시키는 결합된 광학 효과를 갖는 상기 제1래스터 어레이(12)와 제2래스터 어레이(16) 모두에 상기 변경 코팅의 부분적인 코팅을 적용할 수 있는 것이 가능하다.
- [0147] 마지막으로, 정해진 입사 지점 의존인 광학 효과를 발생시킬 수 있도록 상기 래스터 모듈(13)의 래스터 어레이(12, 16) 상의 특정 부분에만 상기 변경 코팅(55)이 적용되는 것이 가능하며, 반면에 코팅되지 않은 부분에서는 입사 지점 의존인 효과가 이루어지지 않는다.
- [0148] 예를 들면, 상기 제2광학 래스터 어레이(16)를 각각 상이한 광학 효과를 갖는 다섯 스트립(64, 66, 65, 66, 64)으로 분할하는 대신에, 또 다른 분할이 마찬가지로 선택될 수 있다. 특히, 스캐닝 방향 y에 수직인 방향, 즉 x-방향에서, 조명 영역에 걸쳐서 상기 조명 강도에 점진적인 광학 효과 대신에 연속적인 광학 효과를 제공하는 중앙 스트립(65)과 인접 스트립들 사이에 변경을 얻기 위하여 연속적으로 변하는 광학 효과가 선택될 수 있을 것이다. 예를 들면 2개 스트립, 3개 스트립, 4개 스트립 또는 5개 이상의 스트립으로의 분할이 마찬가지로 가능하다. 또한 각 스트립의 상대적인 폭은 서로에 대해 마찬가지로 다를 수 있다. 따라서, 에지 스트립(64, 65)에 비해서, 중앙 스트립(65)은 도 11의 예에서 보다는 더 좁을 수 있다.
- [0149] x-좌표의 함수로서, 조명 영역(3)의 각 영역 지점의 조명은 상이한 조명 각도들로부터의 일정한 조명 균일도(illumination uniformity)인 특성값 $E(x)$ 로 표현될 수 있다. 이 값은 아래와 같이 정해지는 제2래스터 어레이(16)의 4개 4분면(Q_1 - Q_4)으로 통합될 때 강도 I_0 의 함수가 된다:
- [0150]
$$E(x) = ((I_{Q1}(x) + I_{Q3}(x)) / (I_{Q2}(x) + I_{Q4}(x)) - 1) \times 100 \%$$
- [0151] 또한, 상기 값 $E(x)$ 는 타원율(ellipticity)이라고도 한다.
- [0152] 전술한 바와 같이, 부가적인 광학 효과를 갖는 소자는 상기 타원율 $E(x)$ 가 상기 객체 영역(3)에 걸쳐서 x-방향에서 $\pm 1\%$ 보다 적게 변화하도록 구성될 수 있다.
- [0153] 도 13은 상기 래스터 모듈(13)의 각각의 래스터 소자(23 또는 28) 상의 변경 코팅(70)의 또 다른 실시예를 나타낸다. 변경 코팅은 래스터 소자(23, 28)의 입구측 표면의 절반에만 적용될 수 있고, 그 결과로서 상기 래스터 소자(23, 28)에 조사되는 제1부분 빔(first partial beam : 71)이 상기 변경 코팅(70)을 통과한다. 한편, 다른 쪽 조명광(8)의 제2부분 빔(second partial beam: 72)이 입구측 표면의 코팅되지 않은 래스터 소자(23, 28)에 조사된다. 상기 변경 코팅은 조명광(8)의 파장에 대해 반-반사 코팅(anti-reflection coating)으로 구성된다. 이에 따라, 상기 제1부분 빔(71)은 상기 변경 코팅(70) 및 상기 래스터 소자(23, 28)의 하향 입구 표면을 실질적으로 손실이 없이 통과하지만, 반면에 상기 제2부분 빔(72)은 예를 들어 광 출력의 4%가 반사 손실로 발생하게 된다.
- [0154] 조명 영역(35)에 걸친 변경 코팅(70)의 효과가 도 14에 예시되어 있다. 조명 영역(35)의 중앙($x=0$)으로부터 도 14의 상부를 향하는 조명광빔(8) 뿐만 아니라 제1부분 빔(71)은 상기 변경 코팅(70)을 통과하고, 그 결과로서 상기 조명 영역는 상기 변경 코팅(70)을 갖는 래스터 소자(23, 28)에 할당된 채널을 통해서 강도 I_0 을 갖는 광

에 노출된다. 도 14에서 $x=0$ 아래 부분의 조명 영역(35)는 상기 변경 코팅(70)을 갖는 래스터 소자(23, 28)의 채널을 통해서 상기 조명광(8)의 광빔에 노출되고, 여기서 상기 광빔은 상기 래스터 소자(23, 28)의 입구 측 표면의 코팅되지 않은 부분을 통과할 때 반사 손실이 발생된다. 따라서, 상기 채널을 통해서 도 14에 따른 조명 영역(35)의 하부 절반은 대략적으로 다음과 같은 강도 I_1 을 갖는 광에 노출된다.: $I_1 = 0.96 \times I_0$. 따라서, 이와 같이 간단하게 구성된 변경 코팅(70)은 조명 영역(35)에 걸쳐 변화하는 강도 기여를 발생시킨다. 물론 변경 코팅(70)은 래스터 소자(23, 28)의 출구측에 적용될 수 있다. 더구나, 상기 변경 코팅(70)에 따른 입구측 및 출구측 상의 변경 코팅 효과는 영역 의존 효과를 발생하도록 결합될 수 있다.

[0155] 도 15는 상기 변경 코팅들의 두 가지의 추가되는 대안적인 버전을 나타낸다. 상기 대안적인 버전 중 첫 번째, 즉 변경 코팅(73)이 도 15의 상부 절반의 래스터 소자 상에 도시된다. 또한, 상기 래스터 소자는 각각 래스터 소자(23, 28)중 어느 하나일 수 있다. 상기 변경 코팅(73)은 상기 래스터 소자(23, 28) 상의 입사 지점에 의존으로 변화하는 코팅 두께를 갖는다. 상기 변경 코팅(73)의 코팅 두께는 상기 래스터 소자(23, 28)의 중앙에서 가장 두껍다. 상기 변경 코팅(73)의 코팅 두께는 에지를 향하여 연속적으로 감소한다. 이에 따라, 상기 조명광(8)에 대한 변경 코팅(73)의 투과는 역시 중앙으로부터 에지를 향하여 감소한다. 이러한 투과는 중앙으로부터 에지를 향해서 증가하거나 감소될 수 있다. 더구나, 상기 변경이 상기 래스터 소자(23, 28)의 중앙 부근의 환형 부분(annular portion)에서 가장 높도록 상기 변경 코팅(73)의 코팅 두께를 설계할 수 있고, 여기서 상기 변경은 한편으로는 래스터 소자(23, 28)의 중앙을 향하여 연속적으로 감소하며 다른 한편으로는 상기 래스터 소자(23, 28)의 가장자리를 향하여 연속적으로 감소한다. 상기 변경 코팅(73)에 의해 발생하는 이러한 투과 변경에 대응하는 영역 의존 강도 변경(field-dependent intensity variation)은 도 9에 대해서 기술한 바에 따라 이루어지고, 예를 들면 상기 강도 변경은 이러한 래스터 소자(23, 28)에 할당된 채널에 의해 발생된다.

[0156] 도 15의 하부 절반은 상기 변경 코팅(74)의 다른 실시예를 나타낸다. 상기 변경 코팅은 상기 래스터 소자(23, 28) 상의 상기 조명광(8)의 입사 지점에 의존하여 변화하는 연속층(layer sequence)을 구비한다. 상기 변경 코팅(74)은 상기 래스터 소자(23, 28)의 전체 입구 표면을 덮는 제1베이스층(first base layer: 75)을 구비한 연속층을 구비한다. 상기 제1베이스층(75)에 도포되는 제1중간층(first intermediate layer: 76)은 상기 래스터 소자(23, 28)의 에지까지 완전히 도포되지 않지만, 상기 제1베이스층(75)에 의해서만 덮여질 뿐 상기 래스터 소자(23, 28)의 에지 근처의 환형 부분은 남기게 된다. 상기 제1중간층(76)은 제2중간층(77)을 수반하며, 제2중간층(77)은 제1중간층(76)의 에지까지는 도포되지 않지만 상기 제2중간층(77)의 에지를 넘는 상기 래스터 소자(23, 28)의 환형 부분을 남기며, 이 경우 상기 환형 부분은 단지 상기 베이스층(75)과 제1중간층(76)으로 코팅되어 있게 된다. 상기 래스터 소자(23, 28)의 중앙 부분에서, 상기 제2중간층(77)은 상부층(top layer: 78)을 수반한다. 또한, 상기 상부층(78)은 상기 제2중간층(77)의 에지까지는 도포되지 않고, 그 결과로서, 상기 제1베이스층(75)과 제1 및 제2중간층(76, 77)에 의해 덮여지는 상기 래스터 소자(23, 28)의 환형 부분은 상기 상부층(78)의 에지를 넘게 된다. 상기 층들(75~78)은 동일한 층 두께를 갖는다. 이러한 층 두께는, 상기 조명광(8)이 변경 코팅(74)의 1, 2, 3 또는 4 코팅(75~78)을 통과할 필요가 있는지 여부에 따라 상기 조명광(8)이 상이한 크기로 투과되는 것을 보장할 수 있도록 상기 조명광(8)의 파장에 의해 조절된다. 예를 들면, 상기 투과는 상부층(78) 부근에서 가장 높을 수 있으며, 반면에 상기 제1베이스층(75)의 영역을 향하여 점차로 감소하게 된다. 상기 상부층(78)의 에지 근처에서 최고가 되며, 또한 중앙 영역에서 최저가 되는 상기 투과의 정확하게 반대 방향의 진로로 또한 가능하다. 마지막으로, 상기 변경 코팅(74)은, 최고 투과가 예를 들어 상기 중간층(76, 77)의 어느 한 부근에서 이루어지고 상기 래스터 어레이(23, 28)의 에지들 및 중앙을 향해 모두 감소하는 투과 진로를 제공한다. 상기 변경 코팅(74)은 전체 4개의 개별적인 층들(75~78)을 포함한다. 다른 수의 개별적인 층들도 마찬가지로 가능하다. 예를 들면, 2 또는 3의 개별적인 층들이 제공되거나 또는 5, 10 또는 50이나 100의 개별 층들과 같이 훨씬 많은 개별적인 층들과 같은 4 이상의 개별적인 층들이 제공될 수 있다. 도 15의 하부에 도시된 바와 같이, 개별 층들의 에지 영역의 경계는 계단형(steplike)일 수 있다. 이와 달리, 하부에서 베이스층을 향하는 개별 층들의 연속적인 변경이 에지 영역에서 마찬가지로 제공될 수 있고, 이에 따라 투과의 진로에 대해서 대응하는 연속적인 변경이 발생된다. 이것은 변경의 설계에 따라 달라지며, 적당히 높은 수의 개별 층들이 제공된다면, 투과의 계단형 진로, 연속적으로 변경되는 투과의 계단형 진로, 또는 투과의 실질적으로 연속적인 진로를 제공한다.

[0157] 도 16 내지 20은 부가적인 광학 효과를 갖는 소자의 또 다른 실시예를 나타내며, 이 경우 하나의 제2래스터 소자(28)의 입구 표면의 형상 변경(79), 즉 래스터 모듈(13)의 광학적으로 능동적인 표면의 형상 변경으로서 구성된다. 도 20에서 점선으로 나타낸 바와 같이, 상기 형상 변경(79)은 기본 형상(79a)으로부터 파생된다. 이하에서, 상기 기본 형상은 $p_1(x)$ 라 한다. 또한, 이하에서 상기 형상 변경(79)은 $p_2(x)$ 라 한다. 본 실시예에서, 예를

들어 도 4의 실시예의 경우와 같이, 상기 제2레이스터 소자(28)는 상기 제1레이스터 소자(23)의 초점면에 배치되지 않는다. 상기 제1레이스터 소자(23)의 초점 길이는 상기 제2레이스터 소자(23)가 상기 제1레이스터 소자(23)에 접하는 초점면 측면에 배치되도록 상기 제1레이스터 소자(23)와 제2레이스터 소자(28) 사이의 거리로 조절된다. 그 결과, 도 20에 도시된 상기 레이스터 소자(23, 28)에 의해 정해진 채널 상에 부딪히는 상기 조명광빔(80)은 상기 형상 변경(79)을 갖는 레이스터 소자(28)의 표면에 부딪힐 때 공간적으로 확장된 광빔을 형성한다.

[0158] 상기 레이스터 소자(28) 상의 조명광빔(80)의 입사 지점에 따라 달라지는 상기 형상 변경(79)은 공간좌표 x 와 y 에 대해서 상기 형상 변경(79)의 2차 미분(second derivative)이 우함수(even function)를 발생하도록 구성된다. 이것은 공간좌표 x 의 예에 의하여 도 26에 예시되며, 상기 형상 변경(79)의 이러한 2차 미분(81)의 우함수는 점선으로 도시된다. 비교를 위하여, 기본 형상(79a)의 2차 미분(82)이 또한 도 26에 도시되며, 상기 2차 미분(82)은 상수가 된다.

[0159] 2차 미분(81)에 의한 형상 변경(79)의 설계는 상기 제1레이스터 소자(23)와 제2레이스터 소자(28)의 결합 효과로 인해서 상기 조명광빔(80)이 상기 조명광빔(80)의 중앙 부근보다 에지 부근에서 더 확장된다는 결과를 발생한다.

[0160] 이것이 도 20에 의해 예시되는데, 도 20에는 형상 변경이 없지만 대신에 기본 형상(79a)을 갖는 레이스터 모듈을 통과하는 조명광빔(80)의 연속적인 광선(83)이 상기 형상 변경(79)을 갖는 레이스터 모듈을 통과하는 점선의 광선(84)과 비교하여 도시되어 있다. 등간격으로(equidistantly) 존재하는 레이스터 모듈에 조사되는 인접 광선들 사이의 각도가 각각의 경우에 동일하게 유지되도록 일정한 방식으로 상기 광선(83)은 확장된다. 그 결과로서, 도 20의 우측에 도시된 바와 같이, 기본 형상(79a)을 갖는 채널의 일정한 강도 기여(85)가 구해진다.

[0161] 형상 변경(79)을 갖는 채널 때문에, 에지 부근의 광선들(84)은 보다 큰 정도로 확장되고, 그 결과로서 상기 제2레이스터 소자(28)의 초점면 하향의 단면 하향에 걸쳐서 바라보면, 상기 조명광빔(80)은 그 중앙에서 보다는 에지들에서 각각 에너지 또는 강도를 덜 전달한다. 이것은 도 20의 우측에 점선으로 도시된 강도 기여(86)로 표현되며, 이 경우 상기 강도 기여(86)는 대략 포물선 진로(parabolic course)를 가지며, 또한 상기 강도 기여(86)의 강도는 조명 영역(35)의 중앙에서 가장 높고 그 에지를 향하여 연속적으로 감소한다. 따라서, 정성적인(qualitative) 관점에서, 강도 기여(86)는 도 12에 따른 강도 기여(67)에 대응한다.

[0162] 또한, 이러한 정성적인 진로는 도 16에서 도식화되어 있는 바와 같이 채널 II와 IV로 할당되어 있다. 도 16에 따른 표시에서, 이러한 포물선 진로는 대략적으로 벤트 함수(bent function)이다. 마찬가지로 우함수를 형성하는 상기 2차 미분(81)은 상기 형상 변경(79)의 확장 효과가 상기 조명광빔(80)의 중앙에서 최고이며 또한 그 에지를 향하여 감소하도록 변환될 수 있다. 조명광빔(80)이 그 단면을 따라 바라보면 그 에지에서 보다는 중앙에서 더 많은 에너지를 전달하도록 상기 형상 변경(79)은 구성된다. 채널들 I와 III로 할당되어 있는 대응하는 강도 기여(87)가 도 16에 도시되어 있다.

[0163] 입사하는 조명광빔(80)과 관련하여 채널들 I 내지 IV는 정방형의 4 코너에 배치된다.

[0164] 상기 레이스터 모듈이 도 16에 따른 상기 형상 변경(79)을 갖는 경우, 중간 영역 평면(18)에서 이루어지는 개별적인 조명 효과는 도 17 내지 19에서 각각 a, b, c로 도시된 3개의 상이한 위치들 또는 영역 지점들에 대해서 도시된다.

[0165] 도 17은 영역 지점 a에서의 상태를 예시하며, 상기 영역 지점 a는, 도 16의 표시에 따르면, 조명 영역(35)의 상부에 배치되어 있고 그 수직하는 y -방향에서 바라보면 조명 영역(35)의 거의 중앙에 있게 된다. 이러한 영역 지점 a는 채널 I와 III 방향으로부터 바라보면 증가된 강도에 노출되고; 하지만 상기 영역 지점 a는 채널 II와 IV 방향으로부터 바라보면 상기 기본 강도 기여(85)에 대해 감소되는 강도에 노출된다. 상기 기본 강도 기여 I_0 로부터 이러한 편향(deviations)은 도 17에 도시된 바와 같이 정 편향(positive deviation)의 경우 “+”로 표시되며 또한 부 편향(negative deviation)의 경우 “-”로 표시된다. 이에 따라, 상기 영역 지점 a는 정해진 방식으로 1로부터 편향되는 타원율을 갖는 조명에 노출된다. 채널들 I와 III의 강도는 $1.03 I_0$ 에 해당하지만 채널들 II와 IV의 강도는 $0.97 I_0$ 에 해당한다는 가정에 기초하여, 6.2%의 타원율 $E(a)$ 가 구해진다. 따라서, 상기 형상 변경(79)이 미리 정해진 값들의 함수로 만들어지도록 상당량의 타원율 보상 또는 타원율 조절이 가능하다는 점이 명백해진다.

[0166] 이에 따라, 영역 지점 a는 약한 y -다이폴(dipole)의 형상으로 강도-의존 조명 각도 분배에 노출된다. 한편, 영역 지점 b는 전체 채널들 I 내지 IV의 방향들로부터 동일한 강도 I_0 에 노출된다.

[0167] 영역 지점 c는 영역 지점 a와 동일한 강도-의존 조명 각도 분배(intensity-dependent illumination angle

distribution)에 노출된다.

- [0168] 도 21 내지 도 25는 제2래스터 소자(28)의 입구측 상에 도 25의 좌측에 도시된 형상 변경(88)의 또 다른 실시예를 포함하는 또 다른 래스터 모듈의 광학 효과를 개략적으로 나타내는 도면들이다. 이하에서 형상 변경(88)은 $p_3(x)$ 이라 한다. 도 16 내지 20 및 26과 관련하여 이미 전술한 부품들과 참조번호들은 동일한 참조번호로 표시하며 또한 다시 상세하게 설명되지 않는다.
- [0169] 상기 형상 변경(88)은 기함수의 형식의 2차 미분(second derivative: 89)을 갖는다. 상기 2차 미분(89)은 도 26에서 점선으로 나타나 있다. 형상 변경(88)에서 상기 2차 미분(89)은, 형상 변경(88)을 갖는 광선(84)과 형상 변경(88) 없는 광선(83)을 비교하여 알 수 있는 바와 같이, 도 25의 상부에 보인 빔 영역은 그 하부에 보인 빔 영역과 비교하면 보다 더 큰 크기로 조명광빔(80)을 확장시킬 수 있다. x-방향에서 기함수 역할을 보여주는 이러한 확장 효과는 예를 들면 도 2의 실시예에서 강도 기여(38)에 대응하는 상기 조명 영역(35)에서 경사진 강도 기여(inclined intensity contribution: 90)를 발생한다.
- [0170] 도 21 내지 24는 형상 변경(88)을 갖는 제2래스터 소자(28)를 포함하는 래스터 모듈(113)의 영역-의존 효과(field-dependent effect)를 예시한다. 도 21에 따른 배치에서 채널들 I 내지 III은 동일한 높이($y = \text{일정}$)로 배치된다.
- [0171] 채널들 I 과 III의 형상 변경(88)은 조명광빔(8)의 중앙 광선을 포함하는 yz-평면에 대해서 서로 정확하게 미러-대칭(mirror-symmetric)이 된다. 도 25에 도시된 바와 같이, 상기 강도 기여(90)는 채널 III의 형상 변경(88)의 광학 효과에 의해 달성된다. 따라서, 채널 I의 형상 변경(88)의 미러-대칭 설계는 채널 I의 미러-대칭 강도 기여(91)를 유도하게 된다. 채널 II는, 이러한 경우, 기본 강도 기여(85)가 구해질 수 있도록 형상 변경 없이 설계된다.
- [0172] 도 21에 따른 배치의 영역-의존 조명 각도 변경은 도 22 내지 24로 도시된다. 도 21에 도시된 가장 높은 영역 지점 a에서, 채널 III가 I_0 과 관련하여 감소된 강도를 전달하는 반면 채널 I은 I_0 과 관련하여 증가된 강도를 전달한다. 이것은 채널 I에 대해 “+”로 표시되고 채널 III에 대해 “-”로 표시된다. 한편, 채널 II는 도 22 내지 도 24에서 “0”으로 예시되는 모든 영역 지점 a, b, c에 대해서 강도 기여 I_0 을 전달한다. 상기 영역 지점 b에서, 모든 채널들 I 내지 III은 동일한 강도 I_0 을 전달한다. 상기 영역 지점 c에서, 채널 III이 I_0 과 관련하여 증가되는 강도를 전달하는 반면 채널 I은 I_0 과 관련하여 감소되는 강도를 전달한다.
- [0173] 따라서, x-방향에서 바라보면, 에지 부근의 영역 지점들은 조명광의 에지를 통과하는 방향들로부터 조명이 제공될 때 최고의 강도 크기에 노출된다. 만약 조명광의 투과가 그 남아 있는 구경을 통과하는 것보다 상기 에지들 부근에서 약간 낮다면, 이것은 보상하는 역할을 할 수 있다.
- [0174] 도 27은 강도 변경 소자(92)로서 구성되는 부가적인 광학 효과를 갖는 소자의 실시예를 나타낸다. 상기 강도 변경 소자(92)는 상기 제1래스터 어레이(12)의 제1래스터 소자(23)에 할당된 변경 필터 소자(93, 94, 95, 96)를 포함하고, 상기 변경 필터 소자(93)는 상기 조명광빔(8)의 채널 I에 할당되고, 상기 변경 필터 소자(94)는 상기 조명광빔(8)의 채널 II에 할당되고, 상기 변경 필터 소자(95)는 상기 조명광빔(8)의 채널 III에 할당되며, 또한 상기 변경 필터 소자(96)는 상기 조명광빔(8)의 채널 IV에 할당된다. 상기 변경 필터 소자들(93~96)의 효과로서, 상기 변경 필터 소자들(93~96)을 통과한 후 상기 조명광(8)은 이들 래스터 소자들(23) 상의 입사 지점에 의존하는 감쇠하게 된다.
- [0175] 상기 변경 필터 소자들(93~96)은 상기 조명광에 반투명(translucent)한 캐리어(carrier)를 포함하는 반사 필터 소자(reflection filter elements)로 구성되고, 여기서 상기 캐리어는 조명광에 반사되는 그 내부에 결합된 입자들(particles)을 구비한다. 이들 입자들은 도 27의 예에 따른 크롬 입자들(chromium particles)과 같은 금속 입자들(metal particles)이다. 유용하게, 상기 입자들은 $50\mu\text{m}$ 의 최소 직경을 갖는다. 유용하게, 상기 입자들의 최소 직경은 조명광의 파장을 250배 초과한다.
- [0176] 상기 변경 필터 소자들(93~96)의 투과의 입사 지점에 의존하는 진로는 상기 캐리어 물질의 단위 체적당 크롬의 입자 수로 미리 정해진다. 이와 달리 또는 부가적으로, 상기 변경 필터 소자들(93~96)의 입사 표면에 걸쳐 투과 진로는 상기 입자 크기에 의해 정해질 수 있다. 상기 입자들의 크기가 커질수록 그 반사도(reflectiveness)는 높아지게 된다. 상기 입사 표면은 상기 변경 필터 소자(93~96)의 표면 영역에 의해 형성되고, 여기서 상기 표면 영역은 각각의 채널들 I 내지 IV에 할당된다.

- [0177] 상기 변경 필터 소자(93)의 입사 지점-의존 반사도로서, 정성적 관점으로부터 상기 영역(35)에서 채널 I가 도 2에 따른 실시예의 강도 기여(38)에 대응하는 강도 기여(97)를 전달하게 된다. 이것은 도 27에 따른 변경 필터 소자(93)의 상부 예지에 더욱 더 밀집되게 하는 방식으로 크롬 입자를 배치함으로써, 또는 상부를 향해 바라보면 더욱 더 커지는 상기 캐리어와 크롬 입자들을 결합함으로써 달성된다.
- [0178] 채널 II의 변경 필터 소자(94)는, 상기 변경 필터 소자(93)에 배치된 것과 비교하면, yz-평면에 대해서 정확하게 미러-대칭인 크롬 입자들로 배치되는 것을 보여준다. 이것은, 도 2에 따른 강도 기여(37)와 대응하는 상기 조명 영역(35)에 걸쳐서 채널 II의 강도 기여(98)를 발생한다.
- [0179] 상기 변경 필터 소자(95)는 입사 지점에 걸쳐서 일정한 투과도를 전달하고, 이에 따라 일정한 기본 강도 기여(99)를 발생하게 된다.
- [0180] 상기 변경 필터 소자(96)는 강도 기여(98)의 정성적 진로와 대응하는 정성적 진로를 갖는 강도 기여(100)를 전달하며, 여기서 상기 강도 기여(100)는 보다 높은 절대값 증가치(higher absolute increase)인 dI/dx 를 나타낸다.
- [0181] 강도 기여의 영역-의존 효과까지 고려하면, 도 27의 배치는 도 2의 배치와 비교될 수 있다.
- [0182] 상기 변경 필터 소자(93-96)의 투과 $T(x)$ 의 x방향-의존 진로는 도 27에 나타난 바와 같이 변경 필터 소자들(93-96) 각각의 좌측에 개략적으로 도시된다. y-방향에서, 상기 변경 필터 소자들은 투과 진로에 대응하여 의존인 것을 나타낼 수 있다. 이와 달리, 상기 변경 필터 소자(93-96)의 투과 진로는 상기 투과 진로에 정성적으로 상이한 의존성을 가질 수 있고; 하지만 상기 변경 필터 소자(93-96)의 투과는 y-방향에서 일정할 수 있다.
- [0183] 도 28은 두개의 래스터 어레이들 대신에 래스터 소자(103)를 구비한 단지 하나의 래스터 소자(102)를 포함하는 래스터 모듈(101)의 대안적인 실시예를 나타낸다. 상기 래스터 어레이(102)의 설계는 전술한 실시예들의 제1래스터 어레이(12)의 설계에 대응한다. 상기 래스터 어레이(102)는 도 28의 조명 시스템의 동공(pupil) 평면 또는 동공 평면에 인접하게 배치된다. 마찬가지로, 도 28에 따른 실시예에서 조명 시스템의 하향 부품들은 전술한 실시예들의 부품들에 대응한다. 도 28은 조명광빔(3)이 3개의 채널들 I, II, III으로 분할되는 것을 나타낸다. 전술한 실시예들과 마찬가지로, 도 28에 따른 실시예는 보다 많은 수의 래스터 채널들을 또한 포함할 수 있다.
- [0184] 조명 각도 변경 소자(106)의 각각의 각도 변경 부분들(104, 105)은 채널들 I과 III의 래스터 소자(103) 각각의 상향에 배치된다. 상기 각도 변경 부분(104, 105)은 채널 II에 할당된 조명광빔(109)을 향해서 채널 I과 III에 할당된 조명광빔(107, 108)을 편향시키는 쉐기 모양의 웨지 플레이트(wedge plates)로 구성된다. 래스터 모듈(101)과 집광렌즈(17)의 광학 효과 때문에, 상기 각도 변경 부분(104, 105)에 의한 편향은, 채널들 I과 III에 대한 강도 기여(110, 111)로 하여금 채널 II의 강도 기여(112)와 관련하여 정(positive) 또는 부(negative)의 y-방향으로 변위될 수 있게 한다. 상기 변위의 크기는 상기 각도 변경 부분들(104, 105)의 영상 효과와 래스터 어레이(102)로부터의 거리에 따라 달라진다. 상기 강도 기여(110-112)의 전체 합계는 도 28의 우측에 도시된다. 계단 함수(step function)가 구해진다. 계단의 수는 연관된 래스터 소자들(103)의 수에 따라 달라진다. 상이한 반사각들을 갖는 각도 변경 부분들을 더 많이 사용함으로써, 사다리꼴 함수(trapezoidal function)가 계단 함수 대신에 구해질 수 있다.
- [0185] 도 28의 우측에 도시된 바와 같이, 강도 다이어그램은 만일 각도 변경 부분들(104, 105)이 입사 지점-의존 광학 효과를 발생하지 않는다면 구해지는 전체 강도를 실선으로 나타내고 있다. 만일 상기 각도 변경 부분들(104, 105)이 입사 지점-의존 효과를 추가로 갖는다면, 예를 들면 도 4와 관련하여 전술한 바와 같이, 경사진 강도 기여(110', 111')가 도 28의 우측에 도시된 (실선으로 도시된) 계단 함수로 구해진다. 따라서, 도 28의 최우측에 도시된 두개의 경사진 강도 기여(110', 111')의 전체 합계는 상기 강도 기여(112)를 포함한다.
- [0186] 이들이 1:1 기준으로 각각의 래스터 소자에 할당된다면, 부가적인 광학 효과를 갖는 소자들의 전술한 다양한 실시예들은 특히 래스터 모듈(13)의 연결된 영역에 배치되는 복수의 래스터 소자(23, 28)에 대해서 또는 모든 래스터 소자(23, 28)에 대해서 각각의 래스터 소자(23, 28)에 적용할 수 있다.
- [0187] 상기 형상 변경(79, 88) 각각을 포함하는 래스터 소자(28)의 광학적으로 능동적인 표면은 특히 자유면으로 구성될 수 있다. 특히, 상기 자유 표면은 구면 함수 또는 비구면 함수와 같이 회전 대칭 함수로 설명되지 않지만, 이들이 회전 대칭이 되도록 구성된다.

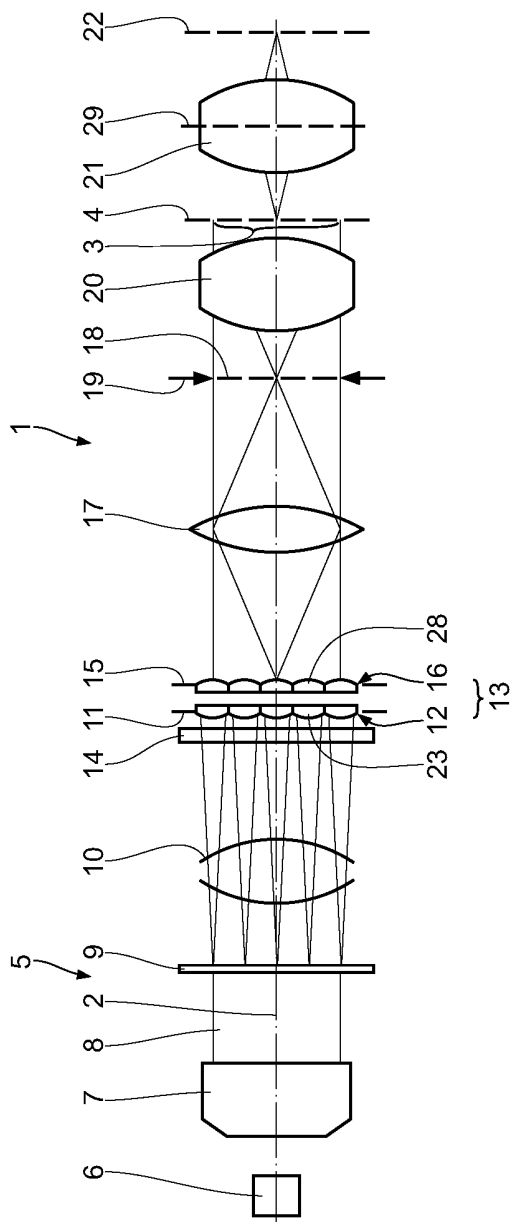
도면의 간단한 설명

- [0048] 이하, 본 발명의 실시예들이 다음과 같은 도면에 의해 보다 상세하게 설명될 것이다:
- [0049] 도 1은 2단의 래스터 어레이를 포함하는 래스터 모듈이 상향 배치되는 조명 각도 변경 소자의 형태로 추가적인 광학 효과를 갖는 소자를 포함하는 마이크로소그래픽 투사 노출 장치와 결합하는 본 발명의 조명 시스템에 따른 개략적인 자오선 단면(meridional section)을 도시한다.
- [0050] 도 2는 중간 영역 평면의 예에 의해 도시되는 바와 같이 2단의 래스터 어레이로부터 조명광을 조명 영역 내로 안내하기 위한 상향의 조명 각도 변경 소자 및 하향의 투과 광학기구를 포함하는 2단의 래스터 어레이의 4개의 채널들을 보다 상세하게 나타내는 도면이다.
- [0051] 도 3은 도 2에 도시된 4개의 채널들에 의한 조명 영역 내에서 생성되는 조명-영역-의존 조명 각도 강도 분배(illumination angle intensity distributions), 및 예를 들어 2개의 선택된 영역 지점들에 의한 4개의 채널들의 조명 기여(illumination contributions)를 보다 상세하게 나타내는 도면이다.
- [0052] 도 4는 2단의 래스터 어레이의 채널들 중 하나 및 도 2에 따른 하향 투과 광학기구에 의해 상이 형성되는 개별 빔들을 상세하게 나타내는 도면이다.
- [0053] 도 5는 상향의 2단의 래스터 어레이 및 투과 광학기구를 포함하는 조명 각도 변경 소자의 다른 실시예를 도 2와 유사하게 나타내는 도면이다.
- [0054] 도 6은 상이한 채널들 내에서 생성되는 조명-영역-의존 강도 기여를 도 3과 유사하게 나타내는 도면이다.
- [0055] 도 7은 하향의 2단 래스터 어레이 및 투과 광학기구를 포함하는 조명 각도 변경 소자의 다른 실시예를 도 2와 유사하게 나타내는 도면이다.
- [0056] 도 8은 래스터 어레이의 제1단의 대안적인 실시예를 포함하는 조명 시스템을 도 1과 유사하게 나타내는 도면이다.
- [0057] 도 9는 래스터 어레이의 제2단 상의 변경 코팅 형태로 추가적인 광학 효과를 갖는 소자의 다른 실시예를 도 2와 유사하게 나타내는 도면이다.
- [0058] 도 10은 도 9에 따른 래스터 어레이의 래스터 소자의 코팅을 보다 세부적으로 나타내는 상세도이다.
- [0059] 도 11은 도 9에서 XI 방향으로부터 도시되는 도 9에 따른 2단 래스터 어레이를 개략적으로 나타내는 도면이다.
- [0060] 도 12는 도 10에 따른 래스터 소자에 도포되는 코팅의 상이한 두께가 광 투과에 어떤 영향을 미치는지를 도표 형식으로 예시하며, 이 경우 광 투과가 래스터 어레이의 코팅된 광학 표면상의 입사 각도에 대해 도식화되는 것을 나타내는 도면이다.
- [0061] 도 13은 코팅 형상으로 주어지는, 추가적인 광학 효과를 갖는 소자의 다른 실시예를 포함하는 래스터 모듈의 래스터 소자를 확대한 도면이다.
- [0062] 도 14는 도 13에 따른 코팅된 래스터 소자에 의해 중간 영역 평면에서 작용 되는 효과를 도 2와 부분적으로 유사하게 나타내는 도면이다.
- [0063] 도 15는 변경 코팅의 형태로 추가적인 광학 효과를 갖는 소자의 2개의 추가적인 대안적인 실시예들을 도 13과 유사하게 나타내는 도면이다.
- [0064] 도 16은 래스터 모듈의 래스터 소자들의 적어도 하나의 광학적으로 능동적인 표면의 형상 변경으로서 구성되는 추가적인 광학 효과를 갖는 소자의 다른 실시예의 광학 효과를 도 2와 유사하게 나타내는 도면이다.
- [0065] 도 17은 도 16에 따른 중간 영역 평면의 a 지점에서 강도-의존인 조명 각도 분배를 개략적으로 나타내는 도면이다.
- [0066] 도 18은 도 16에 따른 중간 영역 평면의 b 지점에서 강도-의존인 조명 각도 분배를 개략적으로 나타내는 도면이다.
- [0067] 도 19는 도 16에 따른 중간 영역 평면의 c 지점에서 강도-의존인 조명 각도 분배를 개략적으로 나타내는 도면이다.
- [0068] 도 20은 도 16에 따른 실시예의 I 채널의 강도 분배와 대응하는 영역-의존 강도 분배를 생성하는 도 16에 따른 실시예의 조명 채널을 개략적으로 나타내는 도면이다.

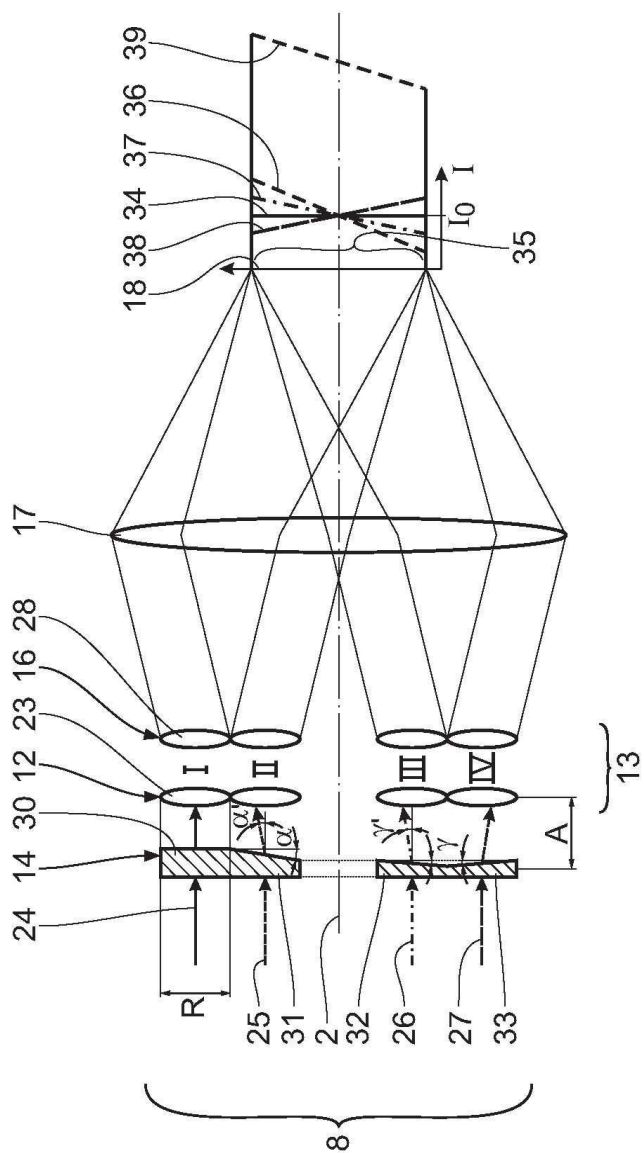
- [0069] 도 21은 래스터 모듈의 래스터 소자들의 적어도 하나의 광학적으로 능동적인 표면의 형상 변경으로서 구성되는 부가적인 광학 효과를 갖는 소자의 다른 실시예의 광학 효과를 도 2와 유사하게 나타내는 도면이다.
- [0070] 도 22는 도 21에 따른 중간 영역 평면의 a 지점에서 강도-의존인 조명 각도 분배를 개략적으로 나타내는 도면이다.
- [0071] 도 23은 도 21에 따른 중간 영역 평면의 b 지점에서 강도-의존인 조명 각도 분배를 개략적으로 나타내는 도면이다.
- [0072] 도 24는 도 21에 따른 중간 영역 평면의 c 지점에서 강도-의존인 조명 각도 분배를 개략적으로 나타내는 도면이다.
- [0073] 도 25는 도 21에 따른 실시예의 I 채널의 강도 분배와 대응하는 영역-의존 강도 분배를 생성하는 도 21에 따른 실시예의 조명 채널을 개략적으로 나타내는 도면이다.
- [0074] 도 26은 도 16 내지 도 25에 따른 실시예들에서 가능한 상이한 형상 변경들을 개략적으로 나타내는 도면이다.
- [0075] 도 27은 변경 필터 소자를 포함하는 강도 변경 소자의 형태로 부가적인 광학 효과를 갖는 소자의 다른 실시예를 도 2와 유사하게 나타내는 도면이다.
- [0076] 도 28은 하류의 단일 단의 래스터 어레이 및 투과 광학기구를 포함하는 조명 각도 변경 소자의 형태로 부가적인 광학 효과를 갖는 소자의 다른 실시예를 도 2와 유사하게 나타내는 도면이다.

도면

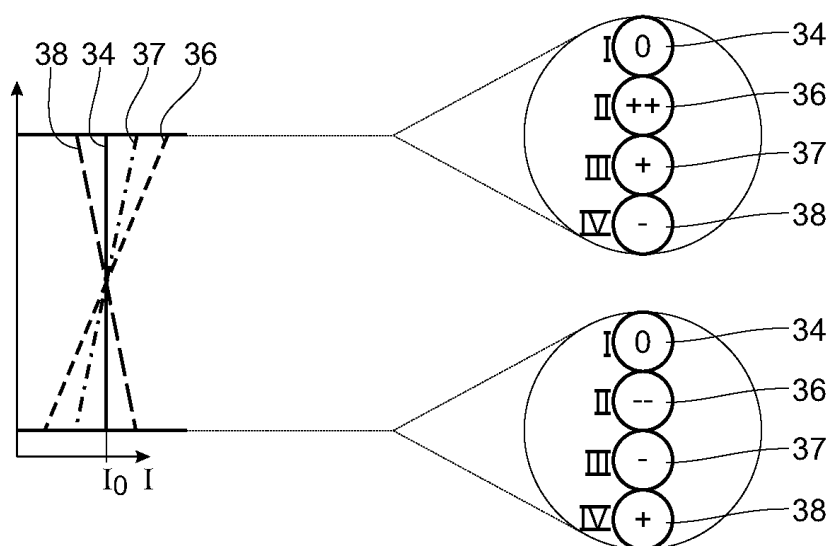
도면1



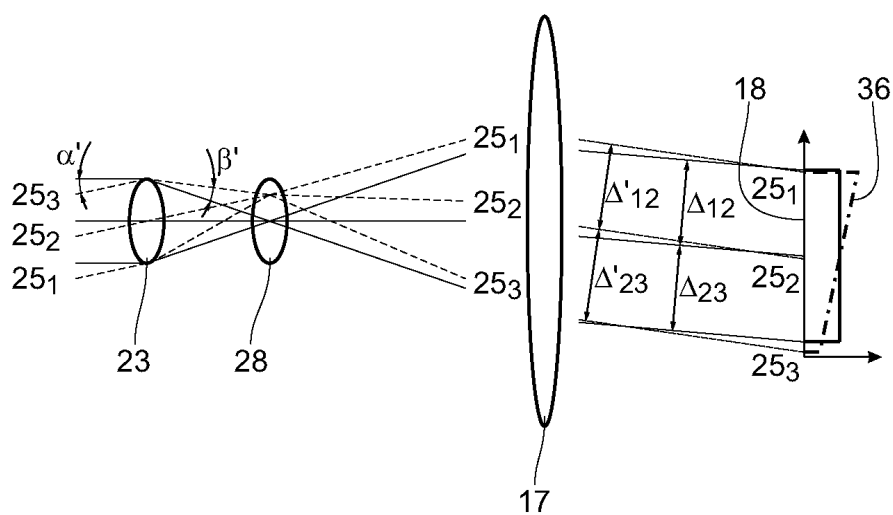
도면2



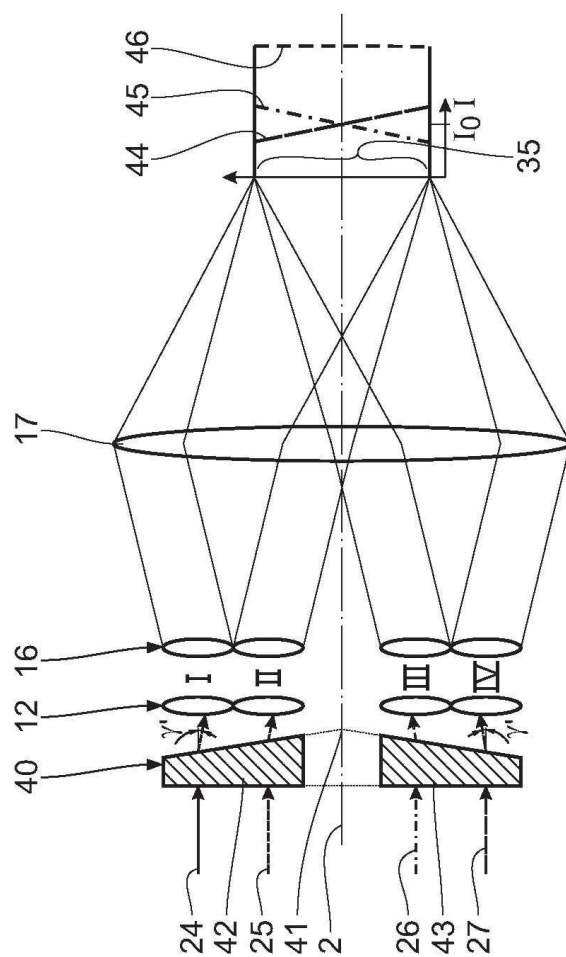
도면3



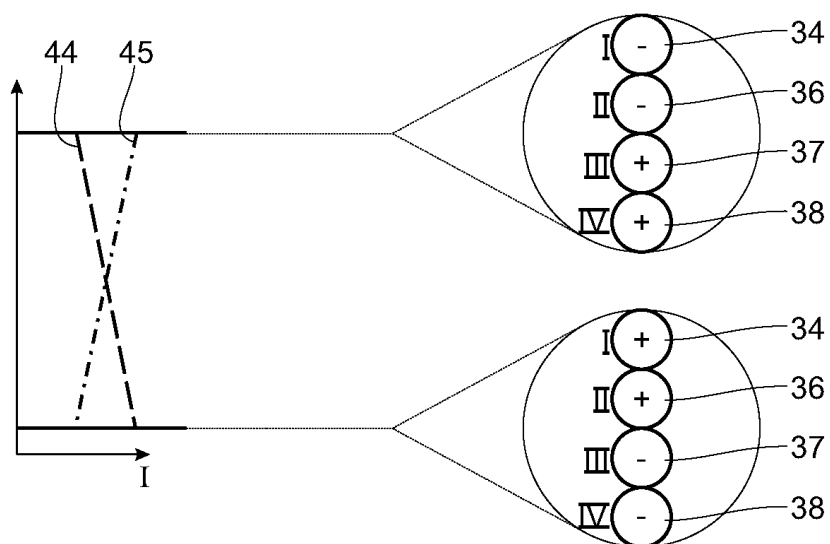
도면4



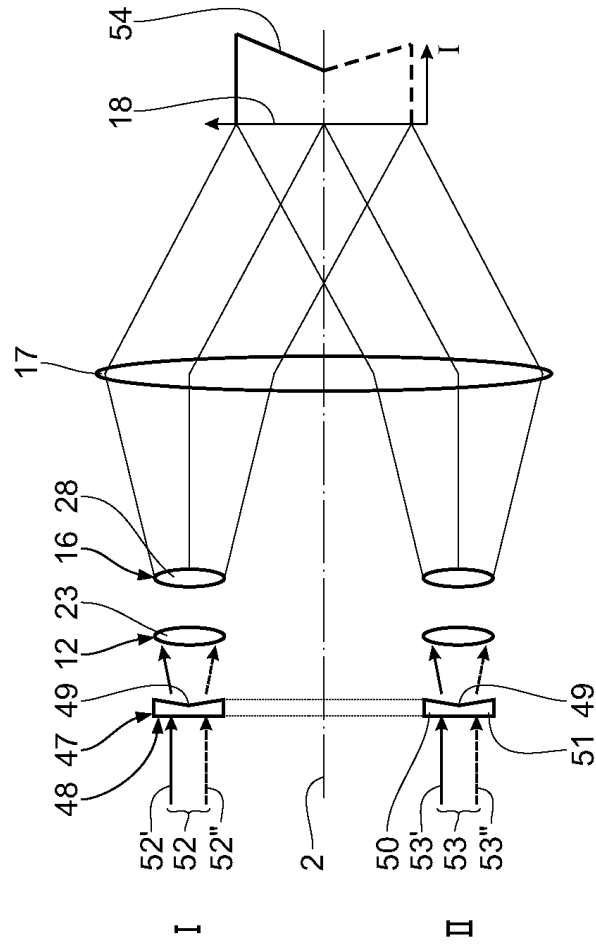
도면5



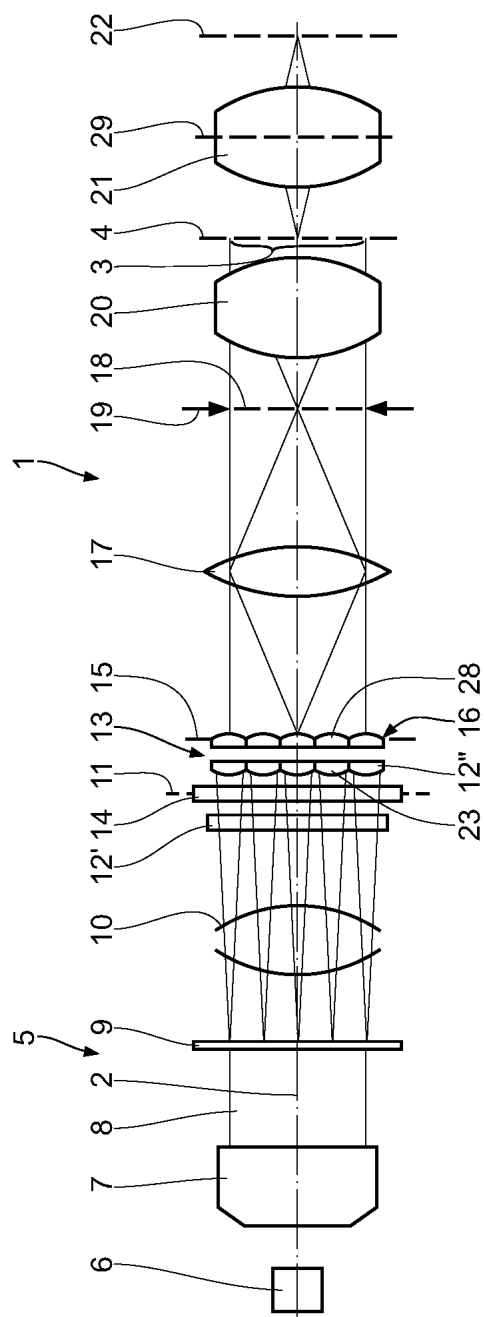
도면6



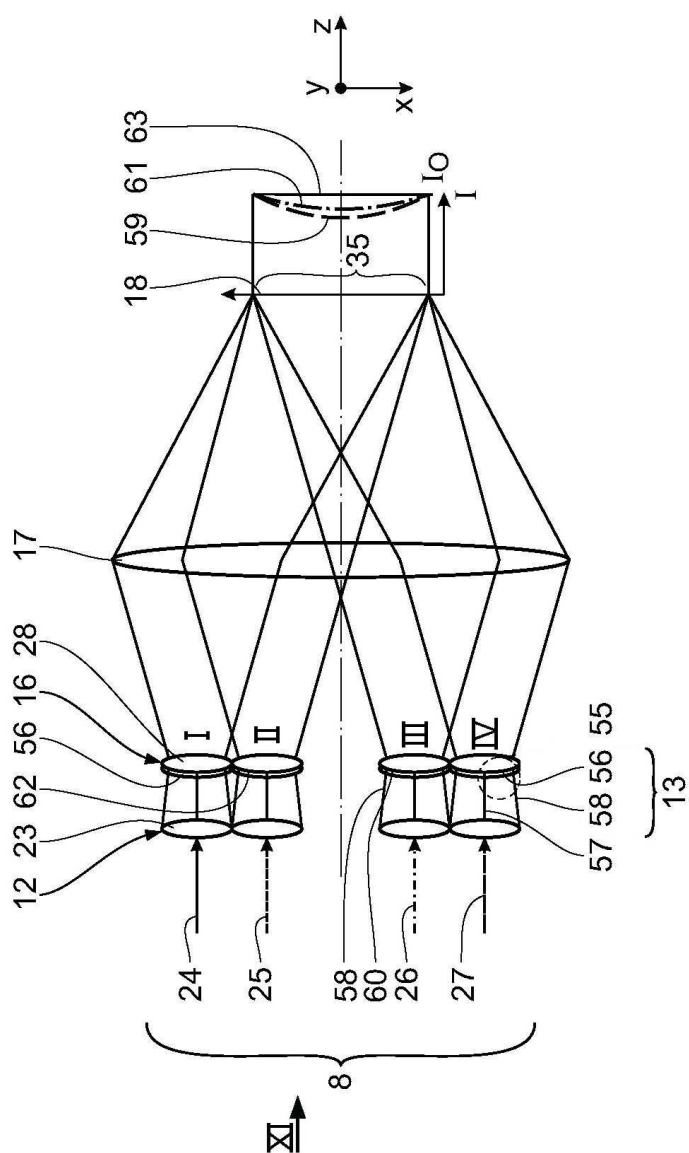
도면7



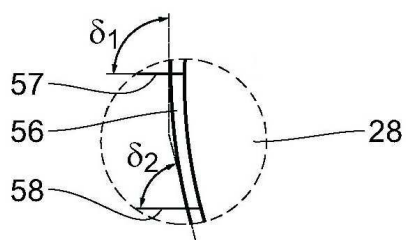
도면8



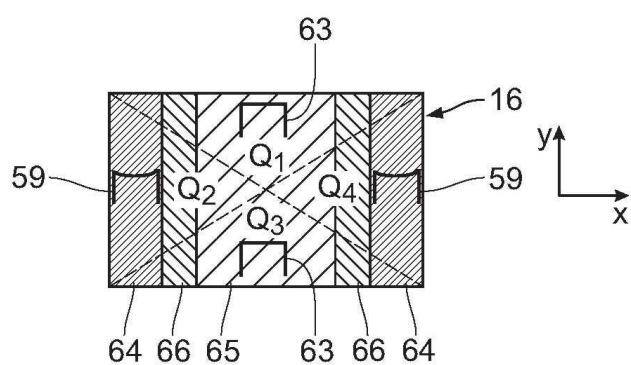
도면9



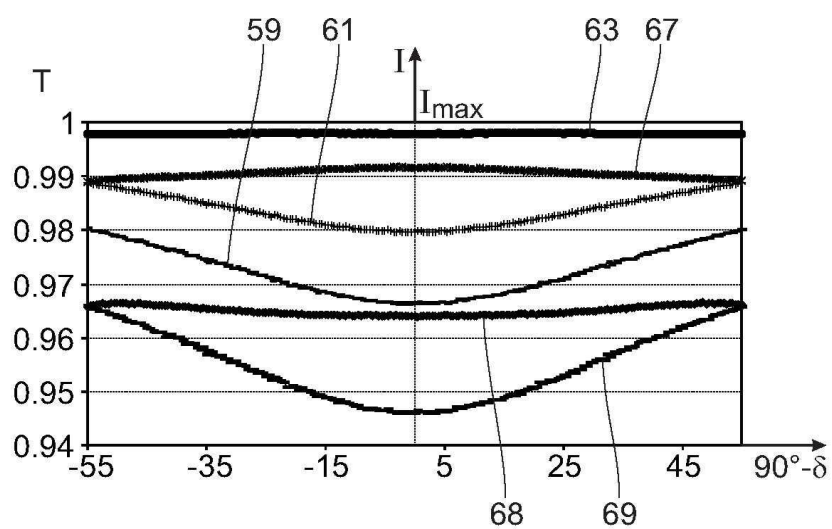
도면10



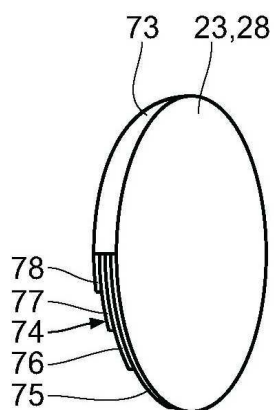
도면11



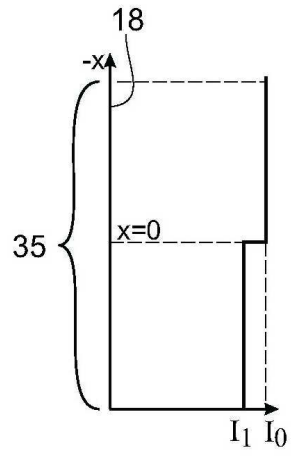
도면12



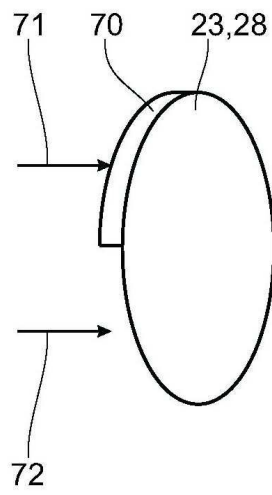
도면13



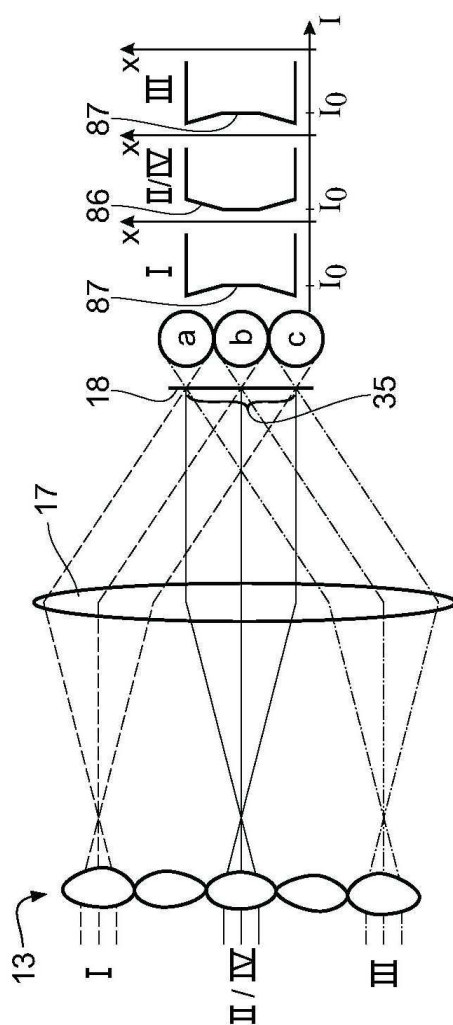
도면14



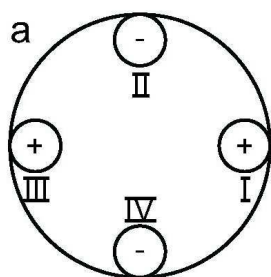
도면15



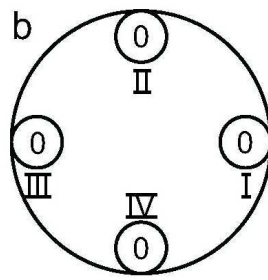
도면16



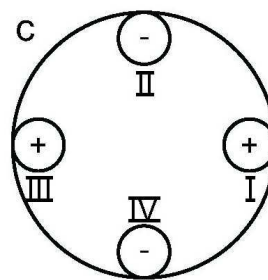
도면17



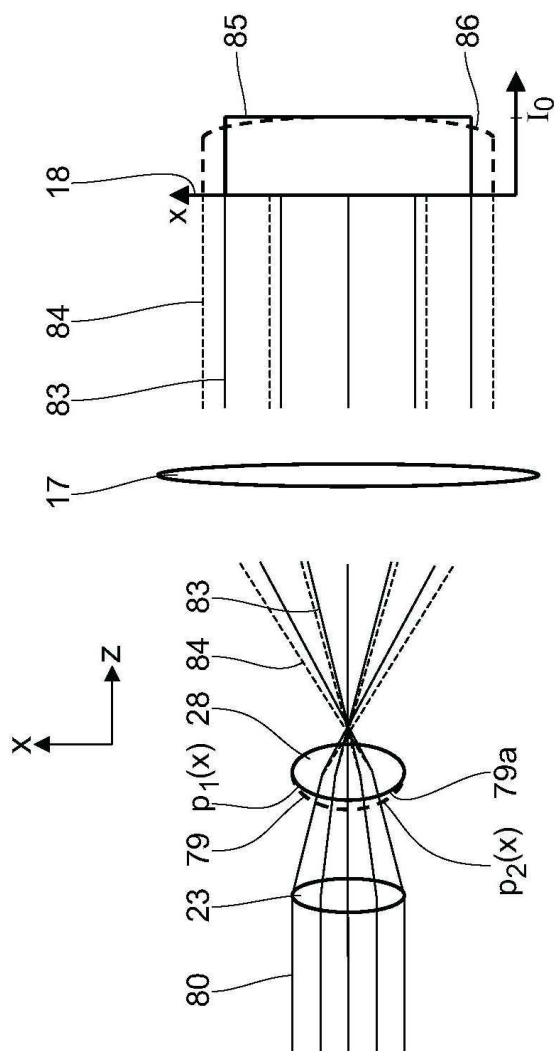
도면18



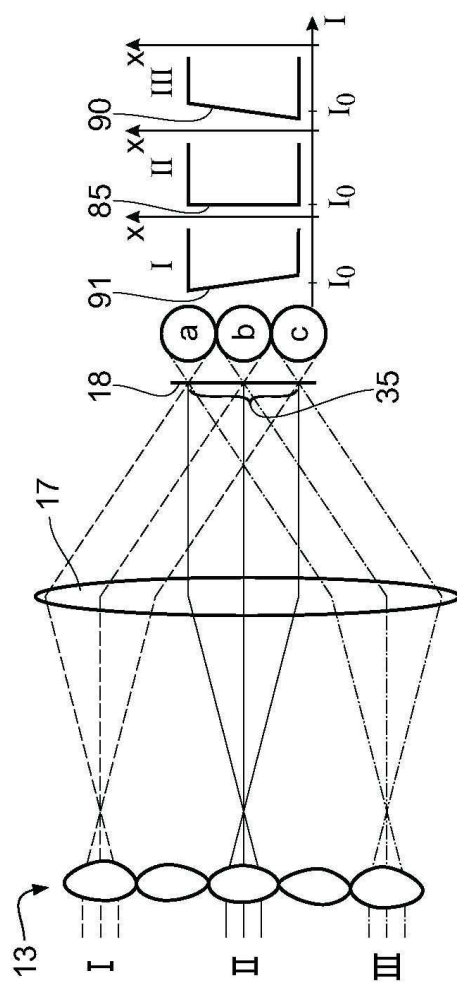
도면19



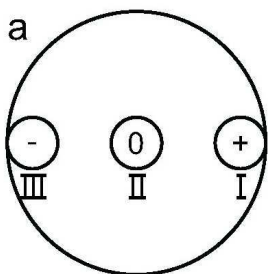
도면20



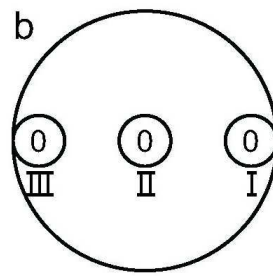
도면21



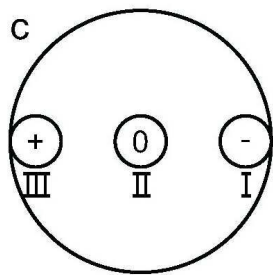
도면22



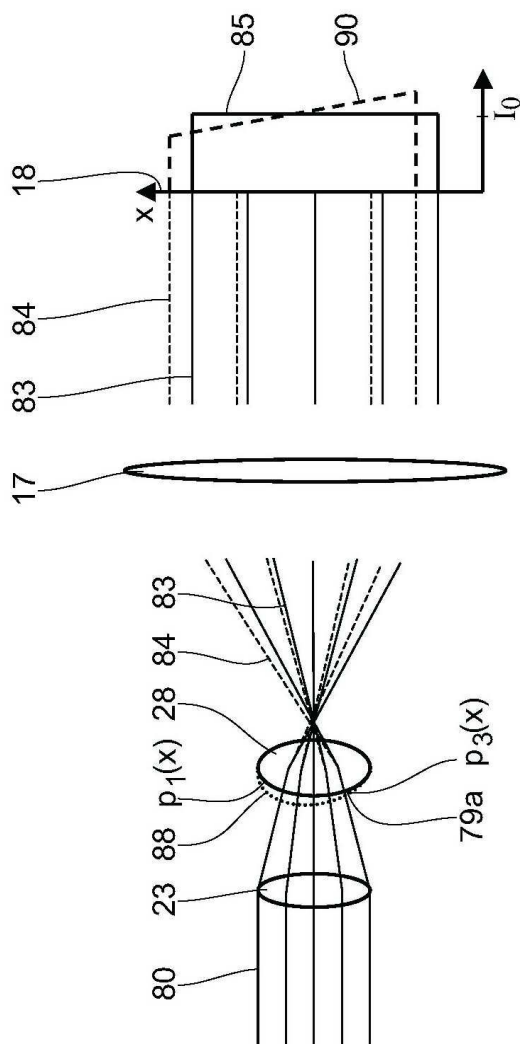
도면23



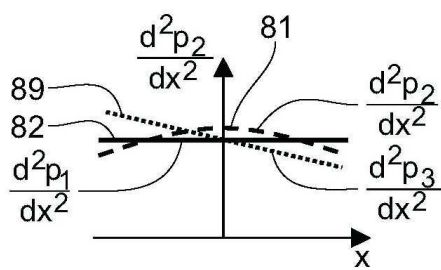
도면24



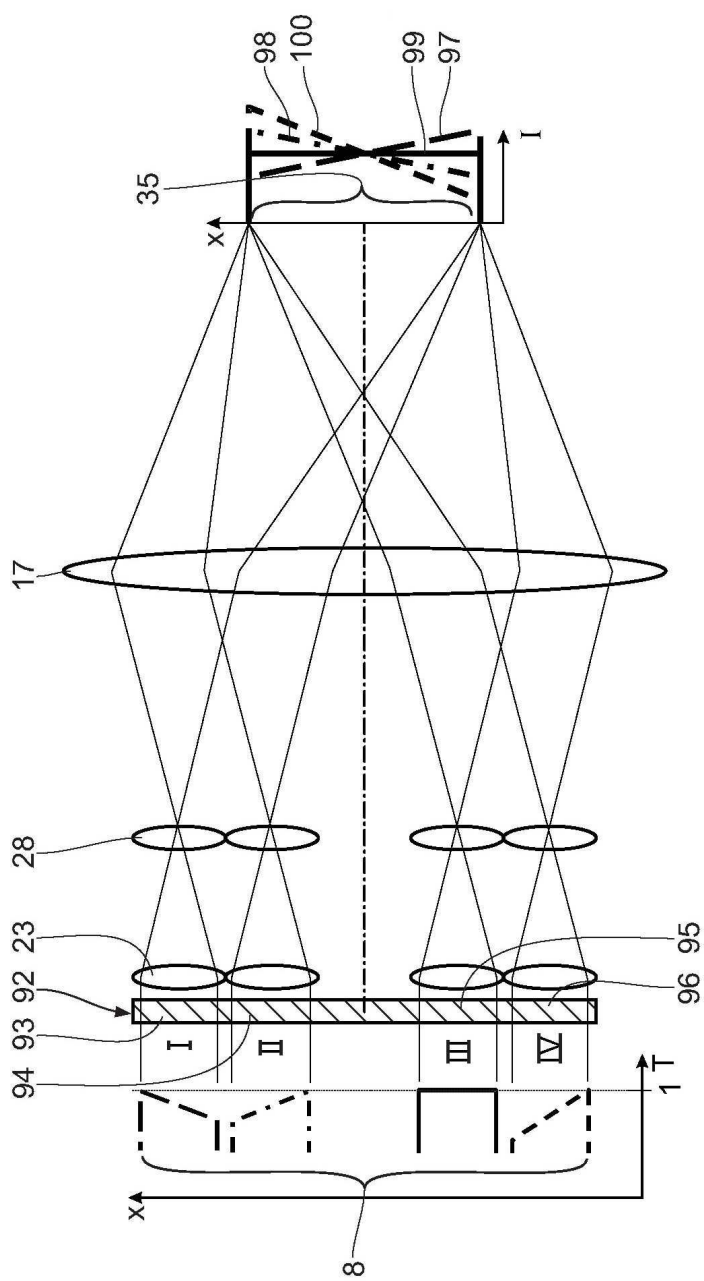
도면25



도면26



도면27



도면28

