



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2018년04월04일
(11) 등록번호 10-1831376
(24) 등록일자 2018년02월14일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
H01L 21/268 (2006.01) B23K 26/03 (2014.01)
B23K 26/06 (2014.01) B23K 26/08 (2014.01)
G02B 27/09 (2006.01) G02B 27/10 (2006.01)
H01L 21/67 (2006.01)
(52) CPC특허분류
H01L 21/268 (2013.01)
B23K 26/034 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2016-7018454(분할)
(22) 출원일자(국제) 2012년10월12일
심사청구일자 2016년08월04일
(85) 번역문제출일자 2016년07월08일
(65) 공개번호 10-2016-0085924
(43) 공개일자 2016년07월18일
(62) 원출원 특허 10-2014-7013682
원출원일자(국제) 2012년10월12일
심사청구일자 2015년10월06일
(86) 국제출원번호 PCT/US2012/059991
(87) 국제공개번호 WO 2013/066600
국제공개일자 2013년05월10일
(30) 우선권주장
61/555,938 2011년11월04일 미국(US)
13/649,028 2012년10월10일 미국(US)
(56) 선행기술조사문헌
JP2006309207 A
(뒷면에 계속)

(73) 특허권자
애플라이드 머티어리얼스, 인코포레이티드
미국 95054 캘리포니아 산타 클라라 바우어스 애
브뉴 3050
(72) 발명자
홀름그렌, 더글라스 이.
미국 97219 오리건 포틀랜드 사우스웨스트 오치드
스트리트 5031
호웰스, 사무엘 씨.
미국 97206 오리건 포틀랜드 사우스웨스트 43
3327
(74) 대리인
특허법인 남앤드남

전체 청구항 수 : 총 20 항

심사관 : 김중희

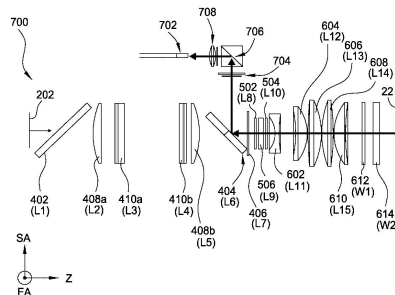
(54) 발명의 명칭 마이크로렌즈 어레이를 이용하여 라인을 생성하기 위한 광학적 설계

(57) 요약

본 발명의 실시예들은, 기관 지지부와, 광학 경로를 따라 레이저 방사선을 방출하는 레이저 방사선 소오스와, 상
기 광학 경로를 따라 배치된 조명 광학계를 포함한 장치를 제공한다. 상기 조명 광학계는 저속축 및 고속축 렌
즈들의 세트를 포함한다. 상기 장치는 상기 광학 경로를 따라 상기 기관 지지부와 상기 조명 광학계 사이에 배

(뒷면에 계속)

대표도 - 도7



치된 균질화기를 더 포함한다. 상기 균질화기는 원통형 렌즈들의 제 1 및 제 2 마이크로 광학 렌즈렛 어레이들을 포함하며, 상기 원통형 렌즈들의 제 2 마이크로 광학 렌즈렛 어레이는 상기 원통형 렌즈들의 제 1 마이크로 광학 렌즈렛 어레이의 렌즈렛 피치보다 상대적으로 더 큰 렌즈렛 피치를 갖고, 상기 제 1 마이크로 광학 렌즈렛 어레이의 렌즈렛 축들과 상기 제 2 마이크로 광학 렌즈렛 어레이의 렌즈렛 축들은 상기 레이저 방사선 소오스의 고속축에 대해 평행한 축을 따라 배향된다.

(52) CPC특허분류

B23K 26/0626 (2013.01)
B23K 26/0648 (2013.01)
B23K 26/082 (2015.10)
B23K 26/0876 (2013.01)
G02B 27/0911 (2013.01)
G02B 27/0961 (2013.01)
G02B 27/0966 (2013.01)
G02B 27/10 (2013.01)
H01L 21/67115 (2013.01)

(56) 선행기술조사문헌

KR1020070085742 A
 KR1020080100128 A
 JP2009206531 A
 US20080280458 A1
 US0677168 B1
 US6639201 B2
 US6448568 B1

명세서

청구범위

청구항 1

반도체 기판을 처리하기 위한 처리 장치로서,

기판 수용 표면을 갖는 기판 지지부;

상기 기판 지지부의 상기 기판 수용 표면에 교차하는 광학 경로를 따라 빔(beam)을 방출하기 위한 고속축을 갖는 빔 소오스; 및

상기 빔 소오스 및 상기 기판 지지부 사이에서 상기 광학 경로를 따라 배치되는 균질화기를 포함하되,

상기 균질화기는,

원통형 렌즈들의 렌즈렛 어레이(lenslet array)를 갖는 제1 렌즈 어레이; 및

원통형 렌즈들의 렌즈렛 어레이를 갖는 제2 렌즈 어레이를 포함하고,

상기 제2 렌즈 어레이의 렌즈렛 어레이 중 두 개 이상의 인접하는 원통형 렌즈들은 상기 제1 렌즈 어레이의 렌즈렛 어레이 중 두 개 이상의 인접하는 렌즈들의 피치 보다 큰 피치를 갖는,

반도체 기판을 처리하기 위한 처리 장치.

청구항 2

제1 항에 있어서,

상기 광학 경로를 따라 상기 균질화기 및 상기 기판 지지부 사이에 배치되는 복수의 집광 렌즈를 더 포함하고, 상기 복수의 집광 렌즈는 다섯 개 이상의 구형 렌즈를 포함하는,

반도체 기판을 처리하기 위한 처리 장치.

청구항 3

제1 항에 있어서, 상기 빔 소오스는 190nm 내지 950nm의 파장의 빔을 방출하는,

반도체 기판을 처리하기 위한 처리 장치.

청구항 4

제1 항에 있어서, 상기 제2 렌즈 어레이의 렌즈렛 어레이의 각각의 원통형 렌즈 및 제1 렌즈 어레이의 렌즈렛 어레이의 각각의 원통형 렌즈는 상기 고속축에 평행한 축을 따라 지향되는,

반도체 기판을 처리하기 위한 처리 장치.

청구항 5

제1 항에 있어서, 상기 제2 렌즈 어레이의 렌즈렛 어레이의 각각의 원통형 렌즈 및 상기 제2 렌즈 어레이의 렌즈렛 어레이의 각각의 원통형 렌즈는 상기 고속축에 평행한 축을 따라 지향되는,

반도체 기판을 처리하기 위한 처리 장치.

청구항 6

반도체 기판을 처리하기 위한 열처리 장치로서,

기판 수용 표면을 갖는 기판 지지부;

상기 기판 지지부의 상기 기판 수용 표면에 교차하는 광학 경로를 따라 제1 파장인 레이저 방사선을 방출하는 레이저 다이오드 바들의 어레이로서, 상기 레이저 다이오드 바들의 어레이는 저속축을 따라 연장하는 복수의 평

행한 열(row)들로 배열되고, 상기 레이저 다이오드 바들의 열들은 고속축을 따라 스택(stack)으로 배열되고, 상기 저속축 및 상기 고속축은 상기 레이저 다이오드 바들 및 상기 기관 지지부 사이에서 광학 경로에 대해 직교하는, 레이저 다이오드 바들의 어레이;

상기 다이오드 바들 및 상기 기관 지지부 사이에서 상기 광학 경로를 따라 배치되는 조명 광학계로서,

서로로부터 이격되는 적어도 제1 원통형 렌즈 및 제2 원통형 렌즈를 가지는 저속축 렌즈들의 세트; 및

서로로부터 이격되는 적어도 제1 원통형 렌즈와 제2 원통형 렌즈를 가지는 고속축 렌즈들의 세트로서, 상기 고속축 렌즈들의 세트는 상기 저속축 렌즈들의 세트의 상기 제1 원통형 렌즈와 상기 제2 원통형 렌즈 사이에 배치되는, 고속축 렌즈들의 세트를 포함하는 조명 광학계; 및

상기 저속축을 따라 레이저 방사선을 균질화하기 위해 상기 광학 경로를 따라 상기 기관 지지부와 상기 조명 광학계 및 상기 기관 지지부 사이에 배치되는 균질화기로서,

원통형 렌즈들의 렌즈렛 어레이를 가지는 제1 렌즈 어레이; 및

원통형 렌즈들의 렌즈렛 어레이를 가지는 제2 렌즈 어레이로서, 상기 제2 렌즈 어레이의 렌즈렛 어레이 중 두 개 이상의 인접하는 원통형 렌즈들이 상기 제1 렌즈 어레이의 렌즈렛 어레이 중 두 개 이상의 인접하는 원통형 렌즈들의 피치 보다 큰 피치를 갖는 제2 렌즈 어레이를 포함하는 균질화기를 포함하는,

반도체 기관을 처리하기 위한 열처리 장치.

청구항 7

제6 항에 있어서, 상기 조명 광학계는,

상기 고속축 렌즈들의 세트의 하류에 배치되며 가열된 기관으로부터 반사된 제2 파장 및 제3 파장인 레이저 방사선을 고온계(pyrometer)로 재지향하도록 구성된 다이크로익(dichroic) 미러; 및

레이저 방사선의 선형 편광을 원형 편광으로 변환하도록 상기 다이크로익 미러의 하류에 배치되는 파장판을 더 포함하는,

반도체 기관을 처리하기 위한 열처리 장치.

청구항 8

제6 항에 있어서,

상기 기관의 표면에 라인 화상(line image)을 포커싱하기 위해 상기 광학 경로를 따라 상기 균질화기 및 상기 기관 지지부 사이에 배치되는 집광 렌즈 세트를 더 포함하는,

반도체 기관을 처리하기 위한 열처리 장치.

청구항 9

제8 항에 있어서, 상기 집광 렌즈 세트는 다섯 개 이상의 구형 렌즈들을 포함하는,

반도체 기관을 처리하기 위한 열처리 장치.

청구항 10

제6 항에 있어서, 상기 저속축 렌즈들의 세트의 제1 원통형 렌즈는 상기 다이오드 바들의 어레이를 향하고 있는 블록 렌즈 표면을 갖고, 상기 저속축 렌즈들의 세트의 제2 원통형 렌즈는 상기 기관의 표면을 향하고 있는 블록 렌즈를 갖는,

반도체 기관을 처리하기 위한 열처리 장치.

청구항 11

제6 항에 있어서, 상기 고속축 렌즈들의 세트의 제1 원통형 렌즈는 상기 레이저 다이오드 바들의 어레이를 향하고 있는 오목 렌즈 표면을 갖고, 상기 고속축 렌즈들의 세트의 제2 원통형 렌즈는 상기 기관의 표면을 향하고 있는 블록 렌즈 표면을 갖는,

반도체 기판을 처리하기 위한 열처리 장치.

청구항 12

제6 항에 있어서, 상기 제1 렌즈 어레이의 각각의 렌즈 및 상기 렌즈 어레이의 각각의 렌즈는 상기 고속축에 평행하게 지향되는,

반도체 기판을 처리하기 위한 열처리 장치.

청구항 13

제6 항에 있어서, 제1 파장은 808nm이고, 제2 파장은 940nm이고, 제3 파장은 1550nm인,

반도체 기판을 처리하기 위한 열처리 장치.

청구항 14

반도체 기판을 처리하기 위한 열처리 장치로서,

기판 수용 표면을 갖는 기판 지지부;

상기 기판 지지부의 상기 기판 수용 표면에 교차하는 광학 경로를 따라 레이저 방사선을 방출하는 레이저 다이오드 바들의 어레이로서, 상기 레이저 다이오드 바들의 어레이는 저속축을 따라 연장하는 복수의 평행한 열(row)들로 배열되고, 상기 다이오드 바들의 열들은 고속축을 따라 스택으로 배열되며, 상기 저속축은 상기 고속축에 대해 전체적으로 수직하고, 상기 저속축 및 상기 고속축은 상기 광학 경로에 직교하는, 레이저 바들의 어레이;

상기 레이저 다이오드 바들의 어레이 및 상기 기판 지지부 사이에서 상기 광학 경로를 따라 배치되는 조명 광학계;

상기 조명 광학계 및 상기 기판 지지부 사이에 배치되는 균질화기로서,

원통형 렌즈들의 제1 렌즈 어레이; 및

상기 원통형 렌즈들의 제1 렌즈 어레이로부터 이격되어 평행하게 배치되는 원통형 렌즈들의 제2 렌즈 어레이로서, 상기 제2 렌즈 어레이의 두 개 이상의 인접하는 원통형 렌즈들이 상기 제1 렌즈 어레이의 두 개 이상의 인접하는 원통형 렌즈들의 피치 보다 큰 피치를 갖고, 상기 제1 렌즈 어레이의 각각의 렌즈의 축 및 상기 제2 렌즈 어레이의 각각의 렌즈의 축이 상기 고속축에 평행하게 지향되는, 제2 렌즈 어레이를 포함하는 균질화기;

상기 광학 경로를 따라 상기 균질화기 및 상기 기판 지지부 사이에 배치되는 집광 렌즈로서, 다섯 개 이상의 구형 렌즈들을 포함하는, 집광 렌즈를 포함하는,

반도체 기판을 처리하기 위한 열처리 장치.

청구항 15

제14 항에 있어서, 상기 조명 광학계는,

서로로부터 이격된 적어도 제1 원통형 렌즈 및 제2 원통형 렌즈를 가지며 상기 저속축에 레이저 빔 방사선을 시준하는(collimate) 저속축 렌즈들의 세트; 및

서로로부터 이격된 적어도 제1 원통형 렌즈 및 제2 원통형 렌즈를 가지며 상기 고속축에 레이저 빔 방사선을 시준하도록 상기 저속축 렌즈들의 세트의 제1 및 제2 원통형 렌즈 사이에 배치되는 고속축 렌즈들의 세트를 포함하는,

반도체 기판을 처리하기 위한 열처리 장치.

청구항 16

제15 항에 있어서, 상기 저속축 렌즈들의 세트의 제1 원통형 렌즈는 상기 레이저 다이오드 바들의 어레이를 향하고 있는 볼록 렌즈 표면을 갖고, 상기 저속축 렌즈들의 세트의 제2 원통형 렌즈는 상기 기판의 표면을 향하고

있는 볼록 렌즈 표면을 갖는,
반도체 기판을 처리하기 위한 열처리 장치.

청구항 17

제15 항에 있어서, 상기 고속축 렌즈들의 세트의 제1 원통형 렌즈는 상기 다이오드 바들의 어레이를 향하고 있는 오목 렌즈 표면을 갖고 상기 고속축 렌즈들의 세트의 제2 원통형 렌즈는 상기 기판의 표면을 향하고 있는 볼록 렌즈 표면을 갖는,
반도체 기판을 처리하기 위한 열처리 장치.

청구항 18

제15 항에 있어서, 상기 저속축 렌즈들의 세트 및 상기 고속축 렌즈들의 세트는 발명의 상세한 설명의 표 1(L2-L5)에 기술된 광학 처방(optical prescription)을 갖는,
반도체 기판을 처리하기 위한 열처리 장치.

청구항 19

제14 항에 있어서, 상기 원통형 렌즈들의 제1 렌즈 어레이 및 원통형 렌즈들의 제2 렌즈 어레이는 발명의 상세한 설명의 표 2에 기술된 광학 처방을 갖는,
반도체 기판을 처리하기 위한 열처리 장치.

청구항 20

제14 항에 있어서, 상기 집광 렌즈 세트는 발명의 상세한 설명의 표 3(L1-L5) 및 표 4에 기술된 광학 처방을 갖는,
반도체 기판을 처리하기 위한 열처리 장치.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명의 실시예들은 일반적으로 반도체 기판들의 열처리에 관한 것이다. 특히, 본 발명은 반도체 기판들의 레이저 열처리에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 실리콘 웨이퍼들 또는 디스플레이들을 위한 유리판들과 같은 다른 기판들에 형성되는 실리콘 및 다른 반도체 집적 회로들의 제조시에 열처리가 필요하다. 필요한 온도들은 250℃ 미만의 비교적 저온들에서부터 1000℃, 1200℃ 또는 심지어 1400℃ 초과의 범위일 수 있으며, 특히, 도펀트 주입 어닐링, 결정화, 산화, 질화, 실리사이드화(silicidation) 및 화학 기상 증착뿐만 아니라 다른 프로세스들과 같은 다양한 프로세스들을 위해 사용될 수 있다.

[0003] 진보한 집적 회로들에 필요한 매우 얇은 회로 피쳐들을 위하여, 필요한 열처리를 달성함에 있어서 전체 열 소모 비용(thermal budget)을 감소시키는 것이 바람직하다. 열 소모비용은 원하는 처리 온도를 달성하기 위해 필요한 고온들에서의 전체 시간으로 간주될 수 있다. 웨이퍼가 최고 온도에 머물러야 하는 시간은 매우 짧을 수 있다. 예컨대, 급속 열처리(RTP)는 챔버의 나머지 부분은 제외하고 웨이퍼만을 가열하기 위해 매우 신속하게 턴 온 및 턴 오프될 수 있는 방사 램프들을 이용한다. 매우 짧은(약 20ns) 레이저 펄스들을 사용하는 펄스(pulsed) 레이저 어닐링은 하부에 놓은 웨이퍼를 제외하고 표면층만을 가열하는데 효과적이며, 이에 따라, 매우 짧은 램프 업 및 램프 다운 속도들을 허용한다.

[0004] 때때로 열 플럭스 레이저 어닐링 또는 동적 표면 어닐링(DSA)이라고도 호칭되는, 다양한 형태들의 보다 최근에 개발된 접근법은, 웨이퍼를 타격하는 매우 강한 광 빔들을 얇고 긴 방사 라인으로서 생성하기 위해 테이퍼진 광 파이프와 굴상 활상 광학계(anamorphic imaging optics)를 사용한다. 그리고, 상기 라인은 라인 빔의 긴 치수

에 대해 수직한 방향으로 웨이퍼의 표면 위를 주사하게 된다. 그러나, 저속축(즉, 라인 길이 방향)을 따라 화상을 균질화하고 스케일링하기 위해 사용되는 광 파이프가 취약하고, 제조하기가 곤란하며, 시스템 내의 다른 광학계에 대해 오정렬된다는 것이 보고되었다.

[0005] 따라서, 정렬 에러들에 대해 덜 민감하고 덜 취약한 레이저 라인 화상을 투사하기 위해 보다 효율적이고 경제적인 광학 시스템이 필요하다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0006] 본 발명은 일반적으로 반도체 기관들의 열처리에 관한 것이다. 일 실시예에서, 반도체 기관을 처리하기 위한 열처리 장치가 제공된다. 상기 장치는 기관 지지부와, 상기 기관 지지부와 레이저 방사선 소오스 사이의 광학 경로를 따라 레이저 방사선을 방출하는 레이저 방사선 소오스와, 상기 광학 경로를 따라 배치된 조명 광학계로서, 서로로부터 이격된 적어도 제 1 원통형 렌즈와 제 2 원통형 렌즈를 가진 저속축 렌즈들의 세트와, 서로로부터 이격된 적어도 제 1 원통형 렌즈와 제 2 원통형 렌즈를 가진 고속축 렌즈들의 세트를 포함하며, 상기 고속축 렌즈들의 세트는 상기 저속축 렌즈들의 세트의 상기 제 1 원통형 렌즈와 상기 제 2 원통형 렌즈 사이에 배치되는, 상기 조명 광학계와, 상기 레이저 방사선 소오스로부터의 레이저 방사선을 균질화하기 위해 상기 광학 경로를 따라 상기 기관 지지부와 상기 조명 광학계 사이에 배치된 균질화기로서, 원통형 렌즈들의 제 1 마이크로 광학 렌즈렛(lenslet) 어레이와, 원통형 렌즈들의 제 2 마이크로 광학 렌즈렛 어레이를 포함하며, 상기 원통형 렌즈들의 제 2 마이크로 광학 렌즈렛 어레이는 상기 원통형 렌즈들의 제 1 마이크로 광학 렌즈렛 어레이의 렌즈렛 피치보다 상대적으로 더 큰 렌즈렛 피치를 가진, 상기 균질화기를 포함한다. 일례에서, 상기 제 1 마이크로 광학 렌즈렛 어레이의 렌즈렛 축들과 상기 제 2 마이크로 광학 렌즈렛 어레이의 렌즈렛 축들은 상기 레이저 방사선 소오스의 고속축에 대해 평행한 축을 따라 배향된다. 상기 장치는 상기 기관의 표면에 라인 화상을 포커싱하기 위해 상기 광학 경로를 따라 상기 기관 지지부와 상기 균질화기 사이에 배치된 복수의 집광 렌즈들을 더 포함하며, 상기 복수의 집광 렌즈들은 구면(球面)들을 모두 구비한 적어도 5개의 렌즈들을 갖는다.

[0007] 다른 실시예에서, 반도체 기관을 처리하기 위한 열처리 장치가 제공된다. 상기 장치는 기관 지지부와, 제 1 파장의 레이저 방사선을 방출하는 레이저 다이오드 바(bar)들의 어레이로서, 상기 레이저 다이오드 바들의 어레이는 저속축을 따라 연장하는 복수의 평행한 열들로 배열되고, 상기 레이저 다이오드 바들의 열들은 고속축을 따라 스택으로 배열되며, 상기 저속축과 상기 고속축은 상기 기관 지지부와 레이저 다이오드 바들의 어레이 사이의 광학 경로에 대해 직교하는, 상기 레이저 다이오드 바들의 어레이와, 상기 광학 경로를 따라 상기 기관 지지부와 상기 레이저 다이오드 바들의 어레이 사이에 배치된 조명 광학계로서, 편광 빔스플리터와, 서로로부터 이격된 적어도 제 1 원통형 렌즈와 제 2 원통형 렌즈를 가진 저속축 렌즈들의 세트와, 서로로부터 이격된 적어도 제 1 원통형 렌즈와 제 2 원통형 렌즈를 가진 고속축 렌즈들의 세트로서, 상기 고속축 렌즈들의 세트는 상기 저속축 렌즈들의 세트의 상기 제 1 원통형 렌즈와 상기 제 2 원통형 렌즈 사이에 배치되는, 상기 고속축 렌즈들의 세트와, 상기 고속축 렌즈들의 세트의 하류에 배치되고, 가열된 기관으로부터 반사된 제 2 파장 및 제 3 파장의 레이저 방사선을 고온계로 재지향시키도록 구성된 다이크로익 미러(dichroic mirror)와, 레이저 방사선의 편광을 90° 만큼 회전시키기 위해 상기 다이크로익 미러의 하류에 배치된 파장판을 포함하는, 상기 조명 광학계와, 상기 저속축을 따라 레이저 방사선을 균질화하기 위해 상기 광학 경로를 따라 상기 기관 지지부와 상기 조명 광학계 사이에 배치된 균질화기로서, 원통형 렌즈들의 제 1 마이크로 광학 렌즈렛 어레이와, 원통형 렌즈들의 제 2 마이크로 광학 렌즈렛 어레이를 포함하며, 상기 원통형 렌즈들의 제 2 마이크로 광학 렌즈렛 어레이는 상기 원통형 렌즈들의 제 1 마이크로 광학 렌즈렛 어레이의 렌즈렛 피치보다 상대적으로 더 큰 렌즈렛 피치를 가진, 상기 균질화기와, 상기 기관의 표면에 라인 화상을 포커싱하기 위해 상기 광학 경로를 따라 상기 기관 지지부와 상기 균질화기 사이에 배치된 집광 렌즈 세트로서, 구면들을 모두 구비한 적어도 5개의 렌즈들을 갖는, 상기 집광 렌즈 세트를 포함한다.

[0008] 또 다른 실시예에서, 반도체 기관을 처리하기 위한 열처리 장치가 제공된다. 상기 장치는 기관 지지부와, 저속축을 따라 연장하는 복수의 평행한 열들로 배열된 레이저 다이오드 바들의 어레이로서, 상기 레이저 다이오드 바들의 열들은 고속축을 따라 스택으로 배열되며, 상기 저속축은 상기 고속축에 대해 대체로 수직한, 상기 레이저 다이오드 바들의 어레이와, 상기 기관 지지부와 상기 레이저 다이오드 바들의 어레이 사이에 배치된 조명 광학계로서, 서로로부터 이격된 적어도 제 1 원통형 렌즈와 제 2 원통형 렌즈를 가지며, 상기 저속축에 레이저 빔 방사선을 시준(collimate)하는 저속축 렌즈들의 세트와, 서로로부터 이격된 적어도 제 1 원통형 렌즈와 제 2 원통형 렌즈를 가지며, 상기 고속축에 레이저 빔 방사선을 시준하기 위해 상기 저속축 렌즈들의 세트의 상기 제 1

원통형 렌즈와 상기 제 2 원통형 렌즈 사이에 배치된 고속축 렌즈들의 세트를 포함하는, 상기 조명 광학계와, 상기 저속축을 따라 상기 조명 광학계에 의해 시준된 레이저 빔 방사선을 균질화하기 위해 상기 기관 지지부와 상기 조명 광학계 사이에 배치된 균질화기로서, 원통형 렌즈들의 제 1 마이크로 광학 렌즈렛 어레이와, 상기 원통형 렌즈들의 제 1 마이크로 광학 렌즈렛 어레이로부터 이격되고 평행하게 배치된 원통형 렌즈들의 제 2 마이크로 광학 렌즈렛 어레이를 포함하며, 상기 원통형 렌즈들의 제 2 마이크로 광학 렌즈렛 어레이는 상기 원통형 렌즈들의 제 1 마이크로 광학 렌즈렛 어레이의 렌즈렛 피치보다 상대적으로 더 큰 렌즈렛 피치를 가진, 상기 균질화기와, 상기 기관의 표면에 라인 화상을 포커싱하기 위해 상기 광학 경로를 따라 상기 기관 지지부와 상기 균질화기 사이에 배치된 집광 렌즈 세트로서, 구면들을 모두 구비한 적어도 5개의 렌즈들을 갖는, 상기 집광 렌즈 세트를 포함한다.

과제의 해결 수단

[0009] 본 발명의 상기 열거된 특징들이 상세히 이해될 수 있는 방식으로, 앞서 간략히 요약된 본 발명의 보다 구체적인 설명이 실시예들을 참조로 하여 이루어질 수 있는데, 이러한 실시예들의 일부는 첨부된 도면들에 예시되어 있다. 그러나, 첨부된 도면들은 본 발명의 단지 전형적인 실시예들을 도시하는 것이므로 본 발명의 범위를 제한하는 것으로 간주되지 않아야 한다는 것이 주목되어야 하는데, 이는 본 발명이 다른 균등하게 유효한 실시예들을 허용할 수 있기 때문이다.

도면의 간단한 설명

[0010] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 열 플럭스 레이저 어닐링 장치의 예시적인 사시도이다.

도 2는 웨이퍼 상으로 지향될 레이저 광의 균일한 분포를 생성하고 포커싱하기 위해 함께 작용하는 레이저 다이오드 바 어레이와 광학계를 가진 광학 시스템을 개념적으로 도시하고 있다.

도 3은 레이저 다이오드 바 어레이의 단부 평면도를 도시한다.

도 4a 및 도 4b는 예시적인 조명 광학계를 통해 전파되는 출력 빔들의 저속축 도면과 고속축 도면을 도시한다.

도 5a는 마이크로렌즈 어레이 균질화기의 저속축 도면을 도시한다.

도 5b는 예비 균질화 렌즈 어레이의 렌즈렛 어레이의 일부분을 확대한 저속축 도면을 도시한다.

도 6a는 예시적인 푸리에 변환 렌즈를 통해 전파되는 레이저 빔들의 저속축 도면을 도시한다.

도 6b는 푸리에 변환 렌즈에 대한 조도 함수($H(y)$)와 아울러 정규화된 방사 강도($I(\theta)$)와 왜곡 함수의 관계를 도시하고 있다.

도 7은 본 발명의 일 실시예에 따른 레이저 다이오드 바 어레이, 조명 광학계, 마이크로렌즈 어레이 균질화기, 푸리에 변환 렌즈 및 고온계 수집 광학계를 포함하는 광학 시스템의 렌즈 배열체의 저속축 도면을 도시한다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0011] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 열 플럭스 레이저 어닐링 장치의 예시적인 사시도이다. 장치(2)는 일반적으로 2차원 주사를 위한 갠트리 구조물(10)을 포함한다. 갠트리 구조물(10)은 한 쌍의 고정된 평행 레일(12, 14)들을 포함할 수 있다. 2개의 평행한 갠트리 빔(16, 18)들은 설정된 거리만큼 이격되어 함께 고정되며, 고정된 레일(12, 14)들 상에 지지되고, 모터(미도시)와 구동 기구(미도시)에 의해 고정된 레일(12, 14)들을 따라 롤러들 또는 볼 베어링들(미도시) 위에서 함께 활주하도록 제어된다. 빔 소오스(20)가 갠트리 빔(16, 18)들 상에서 활주가 가능하게 지지되며, 도시되지 않은 모터들과 구동 기구들에 의해 제어되는 빔(16, 18)들 아래에서 이 빔들을 따라 활주하도록 매달릴 수 있다. 기관, 예컨대, 실리콘 웨이퍼(22)는 갠트리 구조물(10) 아래에 정지한 상태로 지지될 수 있다. 일반적으로, 빔 소오스(20)는, 이하에서 보다 상세하게 설명하는 바와 같이, 이하, 저속 방향(즉, 라인 길이 방향)이라 호칭하는, 고정된 레일(12, 14)들에 대해 대체로 평행한 방향으로 연장하는 라인 빔(26)으로서 웨이퍼(22)를 타격하는 빔(24)을 생산하기 위한 레이저 광 소오스와 광학계를 포함한다.

[0012] 여기에 도시되어 있지는 않지만, 갠트리 구조물(10)은, 팬(fan) 형상의 빔(24)에 대해 대체로 평행한 방향으로 레이저 광 소오스와 광학계를 이동시키기 위한 Z축 스테이지를 더 포함할 수 있으며, 그에 따라 빔 소오스(20)와 웨이퍼(22) 사이의 거리를 제어가능하게 변화시키고, 이에 따라, 웨이퍼(22)에 대한 라인 빔(26)의 포커싱을 제어한다. 라인 빔(26)의 예시적인 치수들은, 약 5mm 내지 약 1cm, 예컨대, 약 12mm의 길이와, 약 50 μ m 내지

약 $90\mu\text{m}$, 예컨대, 약 $75\mu\text{m}$ 의 폭과, $220\text{kW}/\text{cm}^2$ 의 예시적인 출력 밀도를 포함한다. 대안적으로, 웨이퍼를 2차원으로 주사하는 스테이지(예컨대, X-Y 스테이지) 상에 웨이퍼가 지지되는 동안, 빔 소오스 및 연관된 광학계가 정지될 수 있다.

[0013] 일 실시예에서, 갠트리 빔(16, 18)들은 고정된 레일(12, 14)들을 따라 특정 위치에 설정될 수 있으며, 빔 소오스(20)는 고속 방향(즉, 라인 폭 방향)이라 지칭되는 방향으로 라인 빔의 긴 치수에 대해 수직하게 라인 빔(26)을 주사하기 위해 갠트리 빔(16, 18)들을 따라 일정한 속도로 이동하게 된다. 대안적으로, 빔 소오스(20)에 대하여 웨이퍼(22)를 이동시킴으로써, 웨이퍼(22)의 일측으로부터 타측까지 라인 빔(26)을 주사하여 웨이퍼(22)의 1cm의 스와스(swath)를 조사하는 동안, 빔 소오스(20)는 정지될 수 있다. 웨이퍼의 특정 영역이 라인 빔(26)의 광학 방사선에 순간적으로만 노출되도록, 라인 빔(26)이 충분히 좁고 고속 방향으로의 주사 속도가 충분히 빠르지만, 라인 빔의 피크에서의 강도는 표면 영역을 매우 높은 온도들로 가열하기에 충분하다. 그러나, 웨이퍼(22)의 보다 깊은 부분들은 상당히 가열되지 않으며, 이에 따라, 표면 영역을 빠르게 냉각시키는 히트 싱크로서 작용한다. 고속 주사가 완료되면, X-Y 스테이지에 의해 움직여지는 웨이퍼(22) 또는 갠트리 빔(16, 18)들이 새로운 위치로 이동하게 되고, 이에 따라, 라인 빔(26)은 저속축을 따라 연장하는 자신의 긴 치수를 따라 이동하게 된다. 그리고, 웨이퍼(22)의 인접한 스와스를 조사하기 위해 고속 주사가 다시 실시된다. 웨이퍼(22) 전체가 열처리될 때까지, 아마도, 빔 소오스(20)의 구불구불한 경로에서, 교호하는 고속 및 저속 주사가 반복된다.

[0014] 예시적인 빔 소오스(20)가 도 2에 개념적으로 도시되어 있으며, 도 2는 웨이퍼(22) 상에 포커싱되는 레이저 광의 균일한 분포를 생성하기 위해 함께 작용하는 레이저 다이오드 바 어레이와 광학계를 포함한 광학 시스템(200)을 나타내고 있다. 일 실시예에서, 광학 시스템(200)은 일반적으로 레이저 다이오드 바 어레이(202), 조명 광학계(204), 마이크로렌즈 어레이일 수 있는 균질화기(206), 푸리에 변환 렌즈(또는 필드 렌즈)(208), 및 고온계 수집 광학계(210)를 포함한다. 화살표("A")는 레이저 다이오드 바 어레이(202)로부터 생성되어 조명 광학계(204), 마이크로렌즈 어레이 균질화기(206) 및 푸리에 변환 렌즈(208)를 순서대로 통과하여 웨이퍼로 전송되는 약 808nm 의 레이저 방사선을 나타낸다. 가열된 웨이퍼로부터 방출되는 열 방사선의 일부는 푸리에 변환 렌즈(208)에 의해 수집되며, 레이저 다이오드 바 어레이(202)를 향하여 마이크로렌즈 어레이 균질화기(206)와 조명 광학계(204)를 다시 통과한다. 가열된 웨이퍼로부터 고온계 파장들(940nm , 1550nm , 화살표("B"))로 방출된 열 방사선의 일부를 고온계 수집 광학계(210)로 지향시킴으로써, 열처리되고 있는 웨이퍼의 온도를 모니터링하기 위해, 마이크로렌즈 어레이 균질화기(206)와 조명 광학계(204) 사이에 빔 반사기(미도시)가 배열될 수 있다. 레이저 다이오드 바 어레이(202)에 대한 열 충격을 피하거나 최소화하기 위해, 조명 광학계(204)는 가열된 웨이퍼로부터 반사되는 열 방사선을 수집하는 하나 또는 둘 이상의 빔 덤프들(미도시)을 포함할 수 있다. 이하에서는, 광학 시스템(200)을 보다 상세하게 설명할 것이다.

[0015] 도 3은 레이저 다이오드 바 어레이(202)의 단위 평면도를 도시하고 있다. 레이저 다이오드 바 어레이(202)는 다이오드 바(302) 상에 $400\mu\text{m}$ 의 피치로 분리되어 장착된 원하는 개수의 레이저 다이오드들(미도시), 예컨대, 약 25개의 레이저 다이오드들을 각각 포함하는 다수의 다이오드 바(302)들을 가질 수 있다. 다이오드 바(302)들은 레이저 바 스택(304)을 형성하며 서로로부터 평행하게 배열될 수 있다. 다이오드 바(302)들과 스택(304)의 개수는 처리에 필요한 출력 전력에 따라 달라질 수 있다. 출력 요건이 전체 다이오드 바 어레이로부터 적어도 1600W 를 얻을 수 있는 경우, 레이저 다이오드의 가용 수명을 연장하기 위해 주어진 다이오드 바로부터의 총 전력을 제한하는 것이 유리할 수 있다. 예컨대, 각각의 다이오드 바(302)의 총 출력 전력을 약 60W 로 제한할 수 있다. 피치(높이)가 약 1.8mm 이고 다이오드 바 길이가 약 10mm 인 일 실시예에서, 전력 밀도/바는 약 $330\text{W}/\text{cm}^2$ 이다. 보다 낮은 광 출력을 보상하기 위해서는, 전체 전력 요건을 충족시키기 위해 (고속축 방향으로) 9개의 다이오드 바(302)들로 이루어진 (저속축 방향으로) 총 3개의 스택(304)들이 필요할 수 있다고 결정되었다. 따라서, 레이저 다이오드 바 어레이(202)는 도시된 바와 같이 3×9 어레이로 그룹화된 총 27개의 다이오드 바(302)들을 갖는다.

[0016] 일반적으로, 각각의 다이오드 바(302)는 열처리 응용예들에 적합할 수 있는 파장, 예컨대, 808nm 의 조명을 사용하는 특수한 응용예의 경우, 약 190nm 내지 약 950nm 의 파장의 빔을 방출하도록 구성된, p-n 접합에 대응한다. 다이오드 바(302)의 기하학적 구조로 인하여, 각각의 개별 다이오드 바(302)로부터의 원(raw) 출력 빔들은 (빔 방향에 대해 모두 수직한) 고속축과 저속축 모두에서 비대칭적이며 크게 발산한다. 전형적인 고속축 발산은 약 40° FWHM(Full Width Half Maximum; 반치폭)이며, 저속축 발산은 약 10° FWHM이다. 대부분의 응용예들에서, 상기 출력 빔을 하나 또는 둘 이상의 광학 요소들을 사용하여 직사각형 단면을 가진 출력 빔으로 재성형하는 것이 유리할 수 있다. 고속축 방향에서 관찰되는 보다 큰 발산으로 인하여, 고속축 방향을 따라 발산각(ϕ)(출력

빔 발산(ϕ)의 저속축 도면이 도 4에 도시됨)만큼 출력 빔들을 시준하도록 원통형 렌즈(미도시)와 같은 광학 요소가 각각의 레이저 다이오드를 덮을 수 있다. 일 실시예에서, 저속축을 따라 광학 시스템(200)을 통과하는 출력 빔의 발산들은 7.5° FWHM(반치폭) 미만이며, 모든 작동 전류들에 대해 고속축을 따라 0.2° FWHM 미만이다.

[0017] 일 실시예에서, 다이오드 바(302)는 저속축 방향으로 약 2mm 내지 약 20mm, 예컨대, 약 10mm의 길이를 가질 수 있으며, 고속축 방향으로 약 0.5mm 내지 약 3mm, 예컨대, 약 1.8mm 또는 그 미만의 바 피치("p")만큼 인접한 다이오드 바로부터 분리되어 있다. (스택 중심에서 스택 중심까지의) 스택 간격("d")은 약 5mm 내지 약 25mm, 예컨대, 약 12mm 또는 그 미만일 수 있다. 레이저 다이오드 바 어레이(202)는 약 5mm 내지 약 30mm, 예컨대, 약 14.4mm의 (바들의 개수와 바 간격에 의해 설정되는) 높이("H")와, 약 15mm 내지 약 50mm, 예컨대, 약 34mm의 (마찬가지로, 바들의 개수와 바 간격에 의해 설정되는) 폭("W")을 가질 수 있다. 다이오드 바(302)의 간격, 피치 및/또는 크기를 포함한 구성은 출력 전력 요건에 따라 달라질 수 있을 것으로 생각된다. 이러한 특수한 기하학적 구조를 가진 레이저 다이오드 바 어레이(202)는, 이하에서 보다 상세하게 설명하는 바와 같이, 마이크로 원통형 렌즈들의 어레이 또는 어레이들에 의한 균질화와, 구면들을 구비한 렌즈들을 사용한 빔 라인의 촬상에 유리한 중첩비를 가진 광학 빔을 제공하는 것으로 생각된다.

[0018] 도 4a 및 도 4b는 예시적인 조명 광학계(400)를 통해 전파되는 출력 빔들의 저속축 도면과 고속축 도면을 도시한다. 조명 광학계(400)는 레이저 다이오드 바 어레이(202)로부터의 출력 빔들을 시준하고, 출력 빔들이 마이크로렌즈 어레이 균질화기(206)에 도달할 때, 정확한 저속축 발산과 개구수(NA)를 구비하도록 집광한다. 또한, 조명 광학계(400)는 레이저 다이오드 전류에 대한 균질화기 조명의 의존성 제거를 돕고, 마이크로렌즈 어레이 균질화기(206)의 일정한 각도의 저속축 조명을 제공하는 것을 돕는다. 일 실시예에서, 조명 광학계(400)는 (도면에 "L1"로 표시된) 편광 빔스플리터(402), ("L6"으로 표시된) 고온계 다이크로익 미러(404), ("L7"로 표시된) 파장판(406), ("L2" 및 "L5"로 표시된) 저속축 렌즈(408)들의 세트, 및 ("L3" 및 "L4"로 표시된) 고속축 렌즈(410)들의 세트를 포함할 수 있다. 편광 빔스플리터(402)는 레이저 다이오드 바 어레이(202)의 하류에 배치될 수 있으며, 직교하는 편광 방향들을 가진, 1개 또는 2개(both)의 성분들을 발생시키도록 구성될 수 있다. 편광 빔스플리터(402)는, 레이저 다이오드 바 어레이(202)로부터의 출력 빔들이 광학 축(Z)(광학 경로)을 따라 출력 빔을 전송하게 될 특정 선형 편광으로 편광 빔스플리터(402)에 도달하는 것을 보장하도록 구성되고, 특정 선형 편광이 아닌 광을 광학 경로로부터 빔 덤프(미도시)까지 재지향시키도록 구성된다. 일례에서, 편광 빔스플리터(402)는 저속축에 대해 약 45° 의 각도로 배치된다. 파장판(406)을 통과하는 선형으로 편광된 빔이 원형으로 편광되도록, 쿼터($\lambda/4$) 파장판과 같은 파장판(406)이 편광 빔스플리터(402)와 마이크로렌즈 어레이 균질화기(206) 사이의 위치와 같은 빔 경로에 배치될 수 있다. 일례에서, 고온계 다이크로익 미러(404)와 마이크로렌즈 어레이 균질화기(206) 사이에 편광판(406)이 배치된다.

[0019] 편광된 빔이 저속축 렌즈(408)들의 세트, 고속축 렌즈(410)들의 세트, 고온계 다이크로익 미러(404), 파장판(406) 및 광학 시스템(200)의 나머지(즉, 도 2에 도시된 바와 같은 마이크로렌즈 어레이 균질화기(206)와 프리에 변환 렌즈(208))를 통과한 후, 빔의 일부가 웨이퍼(22)의 표면으로부터 광학 시스템(200)을 통해 역반사될 수 있다. 이러한 역전송 중에, 빔이 파장판(406)과 두 번째로 만나면, 빔은 90° 만큼 회전되지 않고 다시 선형으로 편광되게 된다. 빔이 편광 빔스플리터(402)와 두 번째 만나면, 레이저 방사선이 빔 덤프로 전송됨으로써, 잠재적인 손상으로부터 레이저 다이오드 바 어레이(202)를 보호한다.

[0020] 가열된 웨이퍼(22)로부터 방출된 950nm 또는 그 초과 파장을 가진 열 방사선은 고온계 다이크로익 미러(404)에 의해 고온계로 재지향된다(도 7). 고온계의 출력은 제어기(미도시)로 공급되며, 상기 제어기는 검출된 광전류를 웨이퍼 온도로 변환하고, 이 웨이퍼 온도를 원하는 온도에 비교함으로써, (이하에서 상세하게 설명할) 레이저 다이오드 바 어레이(202)로 공급되는 전력을 조정한다.

[0021] 저속축 렌즈(408)들의 세트는, 약 120mm의 유효 초점 거리(f)로 서로로부터 이격된 원통형 렌즈(408a)와 원통형 렌즈(408b)를 물체측(A)으로부터 화상측(B)까지 순서대로 포함할 수 있다. 고속축 렌즈(410)들의 세트가 원통형 렌즈(408a, 408b)들 사이에 배치되며, 고속축 방향으로 $1.1.8 \times$ 배율을 가진 초점 망원경 또는 빔 확장기를 포함하도록 이격된 원통형 렌즈(410a)와 원통형 렌즈(410b)를 물체측(A)으로부터 화상측(B)까지 순서대로 포함할 수 있다. 일 실시예에서, 원통형 렌즈(408a)들은 물체측(A)을 향하고 있는 볼록 렌즈 표면(420)을 갖는 반면, 원통형 렌즈(408b)들은 화상측(B)을 향하고 있는 볼록 렌즈 표면(422)을 갖는다. 원통형 렌즈(410a)는 물체측(A)을 향하고 있는 오목 렌즈 표면(426)을 갖는 반면, 원통형 렌즈(410b)는 화상측(B)을 향하고 있는 볼록 렌즈 표면(428)을 갖는다(도 4b). 본 발명의 일 실시예에 따른 저속축 렌즈(408)들(즉, 원통형 렌즈(408a)와 원통형 렌즈(408b))과 고속축 렌즈(410)들(즉, 원통형 렌즈(410a)와 원통형 렌즈(410b))에 대한 상세한 처방

(prescription)이 이하의 표 1에 제공되어 있다.

표 1

[0022]

표면	유형	반경 SA (mm)	반경 FA(mm)	두께 (mm)	유리	코멘트
L2(물체측)	환형	75.14	무한대	8	실리카	L2 저속축 실린더(408a)
L2(화상측)		무한대	무한대	15.514		
L3(물체측)	환형	무한대	-154.87	6.4	실리카	L3 고속축 실린더(410a)
L3(화상측)		무한대	무한대	52.518		
L4(물체측)		무한대	무한대	6.4	실리카	L4 고속축 실린더(410b)
L4(화상측)	환형	무한대	-182.75	5		
L5(물체측)		무한대	무한대	8	실리카	L5 저속축 실린더(408b)
L5(화상측)	환형	-86.43	무한대	23		

[0023]

레이저 다이오드 바 어레이(202)는 초점 길이(f)를 가진 저속축 렌즈(408)들의 세트의 전방 초점 평면에 배치되는 반면, 마이크로렌즈 어레이 균질화기(206)는 후방 초점 평면에 배치된다. 작동시, 저속축 렌즈(408)들은 저속축을 따라 일정한 발산각을 가진 빔을 생성한다. 빔들은 집광되며, 마이크로렌즈 어레이 균질화기(206)의 입력 단부로, 즉, 도 4a에 도시된 바와 같이, 광학 축(Z)의 방향으로 예비 균질화 렌즈 어레이(502)로 수렴하게 된다. 내측 고속축 렌즈(410)들은 원통형 렌즈로부터 레이저 다이오드 상에 남은 임의의 잔여 발산을 제거하거나 감소시킨다. 빔들은, 도 4b(편광 빔스플리터(402), 고온계 다이크로익 미러(404) 및 파장판(406)은 명료함을 위해 생략되었음)에 도시된 바와 같이, 확장되며, 고속축 방향으로 마이크로렌즈 어레이 균질화기(206)로 시준된다. 저속축 및 고속축 렌즈(408, 410)들의 세트는 레이저 다이오드 바 어레이(202)의 빔 출력을 변형함으로써, 고속축 방향을 따라 발산각(ϕ)을 더 작게 만들면서, (다음의 문단에서 설명하는 바와 같이) 저속축 방향으로 발산을 더 크고 일정하게 한다. 고속축에서 마이크로렌즈 어레이 균질화기(206)로 이동하는 보다 작은 발산각들은 웨이퍼(22)에서 라인 초점이 더 타이트하다는 것을 의미한다.

[0024]

조명 광학계(400)는 마이크로렌즈 어레이 균질화기(206)에 정확한 저속축 발산을 갖는 레이저 빔을 전달하는데 도움을 주며, 이 경우 예비 균질화 렌즈 어레이(502)는 약 0.15의 개구수(NA)를 갖는다. 마이크로렌즈 어레이 균질화기(206)로부터 양호한 균일성을 얻기 위해서는, 입사되는 저속축 발산이 마이크로렌즈 어레이 균질화기(206)의 개구수(NA)를 초과하지 않는 것이 중요하다. 마이크로렌즈 어레이 균질화기(206)에 입사되는 저속축 발산을 제어하기 위해(레이저 다이오드 바 어레이(202)로부터의 SA 발산은 전기 전류/파워 아웃(power out)의 함수임이 주의된다), 다이오드 어레이의 방출면은 약 120mm의 유효 초점 거리(f)를 구비한 원통형 렌즈(408A, 408B)들의 쌍에 의해 저속축 방향으로 광학적으로 푸리에 변환된다. (후술될) 광학 푸리에 변환의 특성들 때문에, 후방 초점 평면에서의 광의 각도들은 레이저 다이오드 바 어레이(202)에서 광의 공간적 위치들에 의해 결정된다. 레이저 다이오드 바 어레이(202)의 공간적 방출 패턴이 균일하고 다이오드 전력과 독립적이며 기하학적으로 대칭이기 때문에, 마이크로렌즈 어레이 균질화기(206)에 입사되는 발산도 마찬가지로 균일하고 다이오드 전력과 독립적일 것이다. 한편, 마이크로렌즈 어레이 균질화기(206)에서 빔들의 저속축 공간 범위는 레이저 다이오드 바 어레이(202)로부터의 저속축 발산에 의해 설정되며, 처리 방식에 따라 달라질 수 있다. 조명 광학계(400)는 고속축 발산을 약 1.18배만큼 감소시키며, 이는 웨이퍼(22)의 화상 평면에서 최종 라인 폭이 0.135° 의 다이오드 어레이 고속축 발산을 구비한 $< 80\mu\text{m}$ FWHM 요건을 충족시키도록 보장하기 위해 특정 실시예들에서 필요하다. 다이오드 어레이 고속축 발산이 $< 0.12^\circ$ 의 목표를 충족시키면, 고속축 렌즈(410)들이 생략될 수도 있음에 유의한다.

[0025]

도 5a는 도 2와 관련하여 전술한 마이크로렌즈 어레이 균질화기(206)와 같은 마이크로렌즈 어레이 균질화기(500)의 저속축 도면을 도시한다. 일반적으로, 마이크로렌즈 어레이 균질화기(500)는, 저속축을 따라 레이저 빔을 균질화하기 위해, (도면에 "L8"로 표시된) 예비 균질화 렌즈 어레이(502)와 렌즈들의 초점 길이만큼 예비 균질화 렌즈 어레이(502)로부터 이격되어 평행하게 배치된 ("L10"으로 표시된) 최종 균질화 렌즈 어레이(504)를 채용한다. 예비 균질화 렌즈 어레이(502)와 최종 균질화 렌즈 어레이(504)가 원통형 렌즈렛 어레이들인 경우, 예비 균질화 렌즈 어레이(502) 및 최종 균질화 렌즈 어레이(504)의 원통형 렌즈렛 축들은 레이저 다이오드 바 어레이(202)의 고속축에 대해 평행한 축을 따라 배향될 수 있다. 마이크로렌즈 어레이 균질화기(500)는 모든 구면 푸리에 변환 렌즈(208)를 허용하도록 특별히 선택된 개구수(NA)를 가질 수 있다. 2개의 마이크로렌즈 어레이(즉, 502, 504)들이 도시되어 있으나, 마이크로렌즈 어레이 균질화기(500)는 웨이퍼의 최종 라인 화상에서

스펙클을 감소시키기 위해 보다 많은 마이크로렌즈 어레이들을 포함할 수 있다.

[0026] 작동시, 광 소오스, 즉, 레이저 다이오드 바 어레이(202)로부터의 출력 빔들이 전술한 바와 같이 조명 광학계(204)의 원통형 렌즈들에 의해 포커싱되며, 저속축을 따라 유한한 수렴각으로 마이크로렌즈 어레이 균질화기(500)에 유입되지만, 실질적으로는 고속축을 따라 시준된다. 마이크로렌즈 어레이 균질화기(500)는 저속축 상에서 이격된 레이저 바 스택(304)(도 3) 내의 다수의 레이저 다이오드들에 의해 유도되는 빔 구조를 저속축을 따라 감소시키고, 광 소오스에서 가능한 불균일성들을 완화한다. 예비 균질화 렌즈 어레이(502)와 최종 균질화 렌즈 어레이(504)는 원통형 렌즈들이거나, 복수의 곡면들을 가진 렌즈들일 수 있다. 도 5a에 도시된 일 실시예에서, 예비 균질화 렌즈 어레이(502)와 최종 균질화 렌즈 어레이(504)는 일반적으로 원통형 렌즈(503, 505)들의 마이크로 광학 렌즈렛 어레이를 각각 포함한다. 도 5b는, 예컨대, 예비 균질화 렌즈 어레이(502)의 렌즈렛 어레이의 일부분을 확대한 저속축 도면을 도시한다. 도시된 바와 같은 렌즈렛 어레이는 원통형 렌즈(503a, 503b)들 사이에 전이 영역(510)이 배치된 2개의 인접한 원통형 렌즈(503a, 503b)들을 포함한다. 전이 영역(510)에서의 표면 프로파일은 볼록 원통형 렌즈(503a, 503b)들에 매끄럽게 연결되는 오목 원통형 렌즈에 가깝다. 이러한 전이 영역(510)의 폭은 라인 화상의 단부에서의 라인 길이와 에지 기울기에 영향을 미친다. 일례에서, 전이 영역(510)은 약 20 μ m 내지 약 60 μ m, 예컨대 약 40 μ m의 길이이고, 각각의 원통형 렌즈(503a, 503b)들은 약 180 μ m 내지 약 300 μ m의 길이, 예컨대, 약 250 μ m의 길이이다.

[0027] 마이크로렌즈 어레이에 입사되는 광에는 충분한 공간적 간섭성이 있어서 최종 라인 화상에서의 바람직하지 않은 간섭 결함들로 이어질 수 있기 때문에, 이러한 간섭 불균일성들을 줄이는데 도움을 주기 위해, 추가적인 렌즈, 예컨대, (도면에 "L9"로 표시된) 약한 원통형 렌즈(506)가 예비 균질화 렌즈 어레이(502)와 최종 균질화 렌즈 어레이(504) 사이에 배치될 수 있다. 약한 원통형 렌즈(506)는 약 500mm의 초점 길이를 가질 수 있다. 후속하는 푸리에 변환 렌즈(208)에 구면 광학계를 사용하여 화상 라인 길이 요건을 충족시키기 위해, 마이크로렌즈 어레이 균질화기(206)는 저속축에서 약 0.16의 개구수(NA)를 가진 마이크로렌즈 어레이(즉, 렌즈 어레이(502, 504)들)를 필요로 할 수 있음이 상기에 제시되었다. 렌즈 어레이의 개구수는 다음과 같이 표현될 수 있다:

$$NA = \frac{pitch \times FillFactor}{2 \times f} = \frac{pitch \times FillFactor \times (n-1)}{2 \times r},$$

[0028]

[0029] 여기서, "pitch(피치)"는 (예컨대, 원통형 렌즈(503a)의 중심으로부터 인접한 원통형 렌즈(503b)의 중심까지의) 렌즈렛 어레이 간격이고, "FillFactor(충전율)"은 피치에 대한 렌즈렛 폭의 비율이며, "f"는 렌즈렛의 초점 길이이고, "r"은 렌즈렛의 전면과 배면의 곡률 반경이며, "n"은 설계 파장에서 어레이 물질의 굴절률이다. 렌즈렛 어레이가 용융 실리콘을 사용하는 경우들에서, 굴절률(n)은 약 808nm의 λ 에서 약 1.453이다. 렌즈렛 어레이의 충전율은 제조 방법에 의해 주로 결정된다. 예비 균질화 렌즈 어레이(502)와 최종 균질화 렌즈 어레이(504)에 사용되는 렌즈렛 어레이가 (독일 도르트문트에 소재한 LIMO GmbH로부터 입수할 수 있는) LIMO 렌즈 어레이들인 일 실시예에서, 충전율이 > 90% 보다 큰 것으로 측정되었다. 아래의 표 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 마이크로렌즈 어레이 균질화기(500)에 사용되는 예비 균질화 렌즈 어레이(502)와 최종 균질화 렌즈 어레이(504)에 대한 광학 처방을 제공한다. 마이크로렌즈 어레이 #1은 화상 라인에서 간섭 불균일성을 줄이는 역할을 하는 예비 균질화 렌즈 어레이(502)를 나타낸다. 예비 균질화 렌즈 어레이(502)는 마이크로렌즈 어레이 #2보다 약간 작은 약 275 μ m의 피치와 약 0.155의 NA를 갖는데, 이는, 피치가 약 290 μ m로 더 크고 이로 인해 NA가 약 0.164로 더 크다는 것을 제외하고, 어레이 #1과 동일한 광학 처방을 가진 최종 균질화 렌즈 어레이(504)를 나타낸다. 마이크로렌즈 어레이 균질화기(206)의 렌즈렛 어레이 NA에 가깝지만 이를 초과하지 않는 저속축 NA를 가진 입사광에 의해 조명될 때, 마이크로렌즈 어레이 균질화기(500)가 가장 잘 작동한다는 것이 실험적으로 관찰되었다. 특히, 레이저 다이오드 바 어레이(202)의 공간적 간섭성에 기인하는 간섭 효과들은 렌즈렛 어레이 NA에 가까운 입사광 NA를 가짐으로써 감소된다. 따라서, 예비 균질화 렌즈 어레이(502)와 최종 균질화 렌즈 어레이(504) 간의 피치 차이가, 동일한 피치들을 가질 경우 발생하게 되는 2개의 렌즈 어레이(502, 504)들 간의 주 파수 간섭을 줄이는데 유리할 수 있다.

[0030] 충분한 개수의 렌즈렛들, 즉, 원통형 렌즈(503, 505)들의 마이크로 광학 렌즈렛 어레이가 레이저 다이오드 바 어레이(202)와 조명 광학계(204)에 의해 조명되도록 충분히 작은 피치를 제공하기 위해 광학 파라미터들이 선택되었다. 일례에서, 마이크로렌즈 어레이 균질화기(206)에서 약 15mm 빔 폭을 덮는 최종 균질화 렌즈 어레이(504)와 예비 균질화 렌즈 어레이(502) 각각에 대략 50개의 원통형 렌즈(503, 505)들이 있을 수 있다.

표 2

[0031]

사항	어레이 #1	어레이 #2
재료	용융 실리카	용융 실리카
(FA를 따른) 폭	$30.0 \pm 0.05 \text{mm}$	$30.0 \pm 0.05 \text{mm}$
(SA를 따른) 높이	$30.0 \pm 0.05 \text{mm}$	$30.0 \pm 0.05 \text{mm}$
두께	$1.207 \pm 0.05 \text{mm}$	$1.207 \pm 0.05 \text{mm}$
투명한 개구	$28 \times 28 \text{mm}^2$	$28 \times 28 \text{mm}^2$
피치	$0.275 \pm 0.001 \text{mm}$	$0.290 \pm 0.001 \text{mm}$
반경	$0.3764 \pm 0.0075 \text{mm}$	$0.3764 \pm 0.0075 \text{mm}$
충전율	>90%	>90%
개구수(NA)	~0.155	~0.164
표면 품질	원통으로부터 <50nm p-v 편차	원통으로부터 <50nm p-v 편차
투과율	808nm 및 1020nm에 대해 >99%, 0 내지 30°	808nm 및 1020nm에 대해 >99%, 0 내지 30°
기관 에지 정렬*	0.2mR	0.2mR

[0032]

* 기관의 기계적 에지와 렌즈 어레이 축 간의 최대 각도

[0033]

도 6a는 도 2a와 관련하여 전술한 푸리에 변환 렌즈(208)와 같은 예시적인 집광 렌즈 세트(600)를 통해 전파되는 레이저 빔들의 저속축 도면을 도시한다. 집광 렌즈 세트(600)는 임의의 적당한 푸리에 변환 렌즈이거나, 도 6a와 관련하여 후술하는 바와 같이 특수한 렌즈 배열체를 구비한 집광 렌즈 세트(600)일 수 있다. 푸리에 변환 렌즈는 최종 마이크로렌즈 어레이에 의해 생성되는 방사선 강도 분포와 일치하는 특정 광학 왜곡을 가진 라인 화상을 웨이퍼(22)에 포커싱하도록 설계된다. 렌즈 디자인은 의도적으로 비점수차적이며, 이는 더 적은 개수의 개별 렌즈 요소들의 보다 간단한 설계를 허용하지만, 라인 균일성에 부정적인 영향을 미치지 않고 라인 화상의 품질 활상을 여전히 허용한다. 일 실시예에서, 일반적으로, 집광 렌즈 세트(600)는 광학 축(Z축)을 따라 배열되고 구면들을 모두 구비한 5개의 개별 렌즈들, 예컨대, (도면에 "L11", "L12", "L13", "L14" 및 "L15"로 각각 표시된) 제 1 렌즈(602), 제 2 렌즈(604), 제 3 렌즈(606), 제 4 렌즈(608) 및 제 5 렌즈(610)를 물체측(A)으로부터 화상측(B)까지 순서대로 포함한 렌즈 어레이를 포함한다. 구면 렌즈들을 모두 구비한 집광 렌즈 세트(600)는 원통형 광학계와 구면 광학계를 모두 사용하는 굴상 디자인에 비해 보다 경제적인 제조와 보다 용이한 정렬을 허용한다. 본 발명의 일 실시예에 따른 각각의 개별 렌즈(602, 604, 606, 608 및 610)들에 대한 상세한 치방이 아래의 표 3에 제공되어 있다.

표 3

[0034]

표면 유형	반경	두께	재료	직경	에지 두께 (X-에지/Y-에지)
물체	무한대	무한대		0	
구경 조리개	무한대	6.880859		8.248815	2.739422/2.739422
L1(물체측)	-25.73401	4	실리카	28	9.320045/9.320045
L1(화상측)	109.192	10.87737		32	8.249291/8.249291
L2(물체측)	-131.8937	11.5001	실리카	39	4.117087/4.117087
L2(화상측)	-39.79702	7.80948		50	17.799024/17.799024
L3(물체측)	315.5999	12.99995	실리카	54	5.968442/5.968442
L3(화상측)	-64.98561	0.5000262		54	10.493407/10.493407
L4(물체측)	90.55326	10.52833	실리카	54	4.774647/4.774647
L4(화상측)	-223.7871	0.4999986		54	10.532183/10.532183
L5(물체측)	47.60484	10.00019	실리카	54	3.615662/3.615662
L5(화상측)	156.2545	15.6		50	13.587088/13.587088
W1(물체측)	무한대	3	실리카	37.16273	3.000000/3.000000
W1(화상측)	무한대	8		35.74045	8.000000/8.000000
W2(물체측)	무한대	6	실리카	30.04821	6.000000/6.000000
W2(화상측)	무한대	20.5		27.20364	20.500000/20.500000
화상	무한대			12.61728	0.000000/0.000000

[0035] 도 6a는 (도면에 "W1"로 표시된) 교체가능한 출력 윈도우(612)와 (도면에 "W2"로 표시된) 챔버 윈도우(614)를 또한 포함할 수 있다. 교체가능한 출력 윈도우(612)는 광학 시스템(200)의 내부를 보호한다. 챔버 윈도우(614)를 통해 시준된 레이저 빔이 챔버로 유입될 수 있다. 열처리 응용예들에서, 챔버 윈도우(614)는 처리되는 웨이퍼(22)보다 더 클 수 있다. 그 이유는 광 액세스가 처리의 일부로서 웨이퍼의 모든 영역들에 필요할 수 있기 때문이다. 본 발명은 이러한 특정 개수의 렌즈들에 한정되지 않으며, 대안적인 실시예들은 상이한 개수의 렌즈들을 포함할 수 있음에 유의한다. 각각의 렌즈들의 특수한 광학적 특성들과 이들이 조합되는 방식은 웨이퍼(22)의 표면에 제공되어 중첩된 화상들의 형상을 정의할 수 있다.

[0036] 푸리에 변환 렌즈(208)와 같은 집광 렌즈 세트(600)는 웨이퍼(22)에 최종 라인 화상을 형성한다(도 2). 집광 렌즈 세트(600)는 화상이 그 후방 초점 평면에 형성되기 때문에, 푸리에 변환 렌즈라 호칭한다. 따라서, 상기 렌즈는 웨이퍼(22)의 화상 평면 내의 하나의 위치로 주어진 입사각으로 입력 빔들을 맵핑하는 무한 공액(infinite conjugate)으로 작동한다. 렌즈의 일반화된 왜곡 함수($g(\theta)$)는 $y = fg(\theta)$ 로 정의되는 바와 같이 화상 위치(y)로 입력각(θ)의 맵핑을 결정한다. 최종 균질화 렌즈 어레이(504) 직후에 생성되는 정규화된 방사 강도($I(\theta)$)는 라디안당 광학 전력의 측정값이며, 즉, $I(\theta)d\theta$ 는 빔 각도(θ)들과 $\theta+d\theta$ 사이에 포함된 전력이다(편의를 위해, $I(0)=1$ 이라 가정한다). NA가 적당히 높은 마이크로렌즈 어레이에서 고유한 수차들로 인하여, 함수($I(\theta)$)는 탑 햇(top hat)이 아니지만(도 6b의 (a) 참조), 2차 함수($I(\theta) = 1+c_2\theta^2$)로 잘 표현되어 있다(도 6b의 (b) 참조). 웨이퍼(22)의 화상 평면에서 정규화된 조도 함수($H(y)$)는 $H(y)dy$ 가 영역(y 내지 $y+dy$) 내부의 전력이 되도록 정의된다. 매우 균일한 조사를 위하여, $H(y)$ 는 편의상 1(unity)로 간주되는 상수이며, 왜곡 맵핑($Y = g(\theta)$)은 $H(y) = 1$ 이 되도록 하는 맵핑이다. 에너지 보존 법칙에 의해, 우리는 각도(θ)를 위치(y)로 변환하는 맵핑($g(\theta)$) 하에서 다음의 식을 얻을 수 있으며, 균일한 탑 햇 조도의 경우 $H(y) = 1$ 이

$$g'(\theta) = \frac{dy}{d\theta} = \frac{I(\theta)}{H(y)} = I(\theta)$$

기 때문에, $I(\theta)d\theta = H(y)dy$ 또는 이다.

[0037] 최종 균질화 렌즈 어레이(504)에 의해 생성되는 정규화된 방사 강도가 2차 함수($I(\theta) = 1+c_2\theta^2$)로 표현될 수

$$\frac{dy}{d\theta} = 1 + c_2\theta^2$$

있기 때문에, 방정식()이 얻어진다. 이 방정식으로부터 원하는 일반화된 왜곡 맵핑

$$y = g(\theta) = \theta + \frac{c_2\theta^3}{3}$$

()에 대한 최종 결과가 쉽게 얻어진다. 이는 웨이퍼(22)의 화상 평면에 상부 평탄형 조도($H(y)$)를 발생시킬 일반화된 왜곡 맵핑이다. 유일한 파라미터는 방사 강도 2차 계수(c_2)이다. $\tan(\theta)$ 는 유한한 물체/화상 거리들에서 왜곡 없이 웨이퍼(22)의 $x'-y'$ 화상 평면으로 $x-y$ 물체 평면을 사상하는 맵핑이기 때문에, 광학 디자인에서의 왜곡은 관례상 $\tan(\theta)$ 에 대해 특정된다. $\tan(\theta)$ 는 약 $\theta + \theta^3/3 + \dots$ 이기 때문에, 우리는 이 규칙에 의해 "제로" 왜곡을 가진 렌즈에 대해 $C_2=1$ 이라 가정할 수 있다. 보다 구체적으로, 일반적인 광학 설계 소프트웨어에 사용되는 정의에 의해, 위에서 정의된 일반화된 맵핑($g(\theta)$)에 의해 특징지어지는 렌즈

$$design_distortion = \frac{g(\theta) - \tan(\theta)}{\tan(\theta)} = \frac{\theta + \frac{1}{3}c_2\theta^3 - \tan(\theta)}{\tan(\theta)}$$

의 왜곡은 로서 정의될 수 있다. 따라서, C_2 를 알면, 우리는 집광 렌즈 세트(600)의 각각의 개별 렌즈에 필요한 왜곡을 특정할 수 있다. 집광 렌즈 세트(600)가 푸리에 변환 렌즈이고 방사 강도에 맞는 2차 곡선이 $C_2=-1.35$ 를 산출하는 일례에서, ($\tan(\theta)$ 왜곡에서 출발한) 원하는 푸리에 변환 렌즈 왜곡은 1.66 라디안 또는 9.5° 의 시야각(field angle)에서 -2.14%이다. 푸리에 변환 렌즈를 설계하기 위해 사용되는 메리트 함수는 고속측 방향으로 화상 스팟 크기를 최소화하도록 정의된다. 다양한 실시예들에서, 집광 렌즈 세트(600)는, (1) 전술한 바와 같이 80mm FWHM 라인폭을 만족시키도록 고속측 발산에 의해 설정된 약 38mm의 유효 초점 길이, (2) 마이크로렌즈 어레이 균질화기(206)의 NA(약 0.164)에 의해 설정된 $\pm 9.5^\circ$ 의 입력 시야각(저속측), (3) 약 20.5mm의 후방 초점(즉, 챔버 윈도우(614)에서 웨이퍼(22)의 화상까지의) 길이, 및 (4) 최대 시야각(9.5°)에서 ($\tan(\theta)$ 에 대한) 약 -2.14%의 왜곡을 제공하도록 구성된다. 본 발명 중 하나에 따른 집광 렌즈 세트(600)의 다른 처방을 위의 표 3과 아래의 표 4에서 볼 수 있다.

표 4

[0038]

시스템 개구	입사 동공 직경=22.63
온도(℃)	2.00000E+001
압력(ATM)	1.00000E+000
유효 초점 길이	(시스템 온도/압력에서 공기 중에서)38.00002
유효 초점 길이	(화상 공간에서)38.00002
후방 초점 길이	20.55506
총 트랙	128.6963
화상 공간 F/#	1.679188
근축 작동 F/#	1.679188
작동 F/#	1.679959
화상 공간 NA	0.2853803
물체 공간 NA	1.1315e-009
조리개 반경	11.315
근축 화상 높이	6.359023
근축 배율	0
입사 동공 직경	22.63
입사 동공 위치	0
출사 동공 직경	132.5966
출사 동공 위치	222.7096
필드 유형	각도(°)
최대 반경 방향 필드	9.5
1차 파장	0.808 μ m
렌즈 단위들	mm
각배율	-0.1706681

[0039]

집광 렌즈 세트(600)가 고속축 방향으로 화상 스팟 크기를 최소화하도록 구성될 수 있으나, 모든 구면 렌즈들의 사용은 렌즈가 비점수차를 나타내도록 허용할 수 있다. 저속축 방향으로의 화상 스팟의 성장은 라인 단부들에서 미소한 라인의 길이 연장과 연화를 야기한다. 그러나, 그러한 렌즈 디자인은 고속축 방향으로 라인 폭을 손상시키지 않지만, 오히려 라인 균일성에 대해 부정적인 영향을 미치지 않고 라인 화상의 품질 활상으로 더 적은 개수의 개별 렌즈 요소들의 보다 간단한 설계를 허용한다는 것이 밝혀졌다. 집광 렌즈 세트(600)에 사용되는 렌즈의 개수는 전술한 바와 같이 5개의 구형 요소들로 한정되지 않을 것으로 생각된다. 당업자는 집광 렌즈 세트(600)의 각각의 개별 렌즈에 필요한 왜곡을 최적화하기 위해 위의 방정식을 사용하여 필요에 따라 렌즈를 추가하거나 제거할 수 있다.

[0040]

도 7은 레이저 다이오드 바 어레이(202), 조명 광학계(402, 408a, 408b, 410a, 410b, 404 및 406), 마이크로렌즈 어레이 균질화기(502, 504 및 506), 전술한 바와 같은 집광 렌즈 세트(602, 604, 606, 608, 610, 612 및 614), 및 본 발명의 일 실시예에 따른 고온계 수집 광학계(702, 704, 706 및 708)를 포함한 광학 시스템(700)의 렌즈 배열체의 저속축 도면을 도시한다. 도 7에서는, 하나 또는 둘 이상의 전자기 소오스들(즉, 레이저 다이오드 바 어레이(202))로부터 웨이퍼(22)의 표면까지의 광학 축이 Z축으로 표시되어 있다. 이 도면에는 광학 시스템(700)의 저속축("SA")이 표시되어 있으며, 고속축("FA")은 도시된 바와 같이 지면에 대해 직교한다. 도 4a와 관련하여 간단히 전술한 바와 같이, 웨이퍼 온도를 조절하거나 제어하기 위해, 웨이퍼(22)의 조명된 부분의 온도를 고온계 수집 광학계에 의해 지속적으로 모니터링한다. 웨이퍼(22)에 레이저 소오스 빔을 시준하고 포커싱하기 위해 사용된 동일한 광학계를 채용하여, 가열된 웨이퍼(22)로부터 방출된 열 방사선을 고온계(702)로 역방향으로 지향시킨다. 집광 렌즈 세트(602, 604, 606, 608, 610, 612 및 614)와 마이크로렌즈 어레이 균질화기(502, 504 및 506)를 통해, 고온계 파장들(예컨대, 940nm 및 1550nm)에서 높은 반사율과 주요 레이저 파장(808nm)에서 높은 투과율을 동시에 가진 코팅(예컨대, SiO₂ 및/또는 Ta₂O₅)을 구비한 고온계 다이크로익 미러(404)로 열 방사선이 역전파될 수 있다. 고온계 다이크로익 미러(404)와 두 번째로 만나면, 가열된 웨이퍼(22)로부터 방출된 940 $\pm$ 5nm 또는 1550 $\pm$ 5nm의 파장을 가진 열 방사선은 레이저 방사선의 파장, 예컨대, 808nm를 차단하는 광학 필터(704)로 고온계 다이크로익 미러(404)에 의해 재지향된다. 고온계 파장들을 가진 레이저 방사선은 선택적인 프리즘(706)에 의해 렌즈(708)로 반사되며, 상기 렌즈는 레이저 방사선을 고온계(702)의 표면 상으로 포

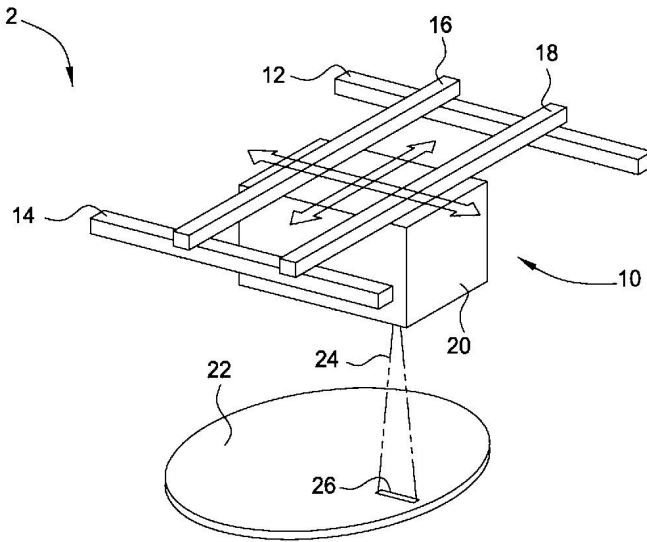
커싱한다. 고온계의 출력은 제어기(미도시)로 공급되며, 상기 제어기는 검출된 광전류를 웨이퍼 온도로 변환하고, 이를 원하는 온도와 비교함으로써, 레이저 다이오드 바 어레이(202)에 공급되는 전력을 조절한다.

[0041]

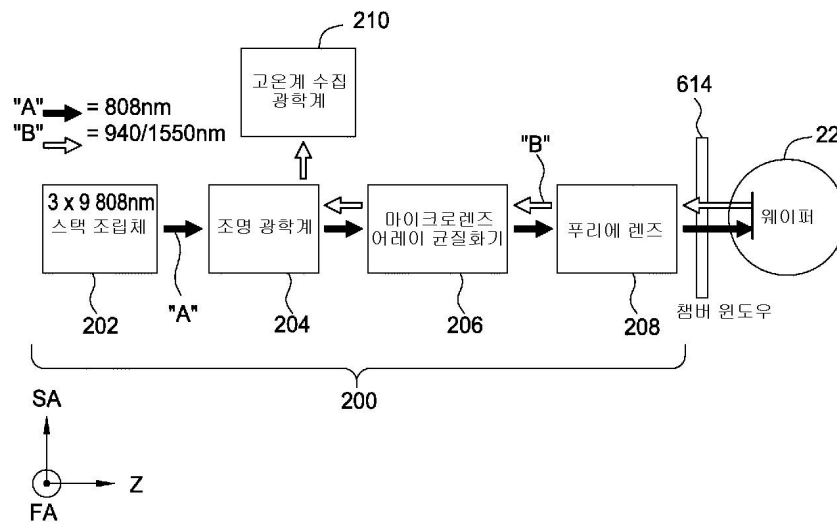
이상의 설명은 본 발명의 실시예들에 관한 것이나, 본 발명의 기본적인 범위를 벗어나지 않고 다른 그리고 추가적인 실시예들이 안출될 수 있으며, 그 범위는 하기된 청구항들에 의해 결정된다.

도면

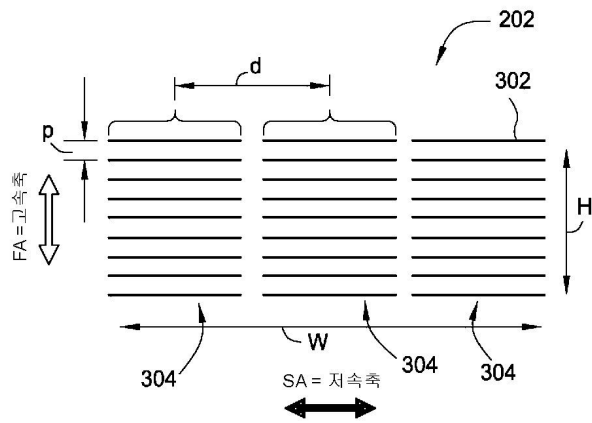
도면1



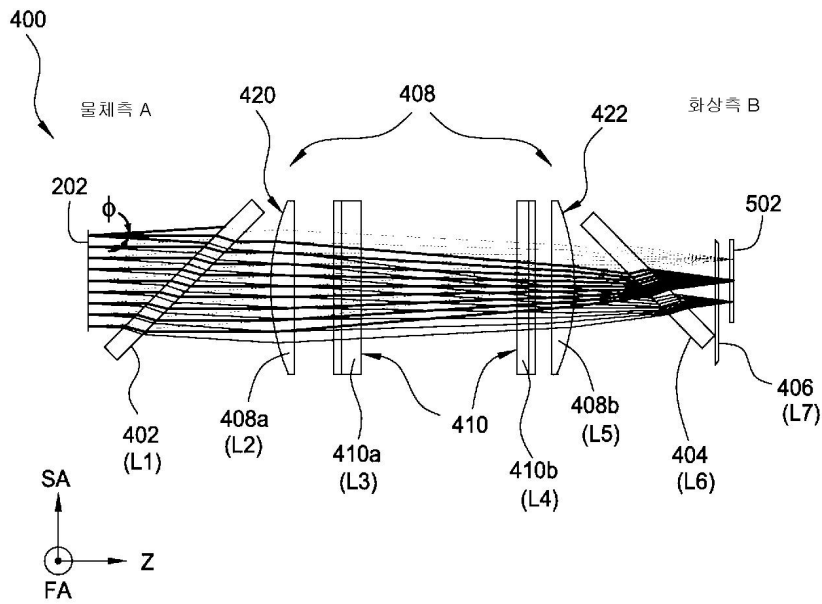
도면2



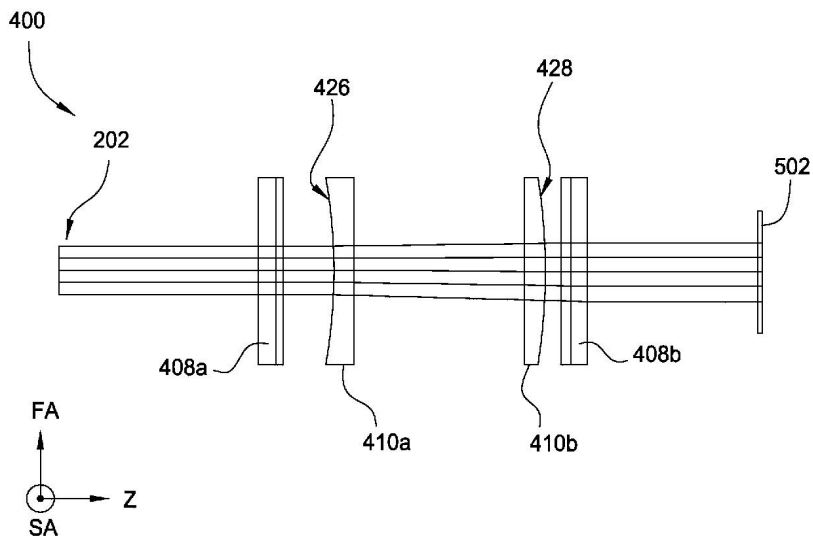
도면3



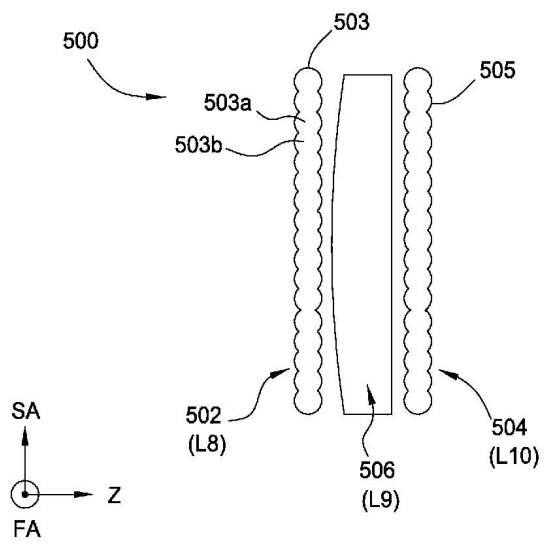
도면4a



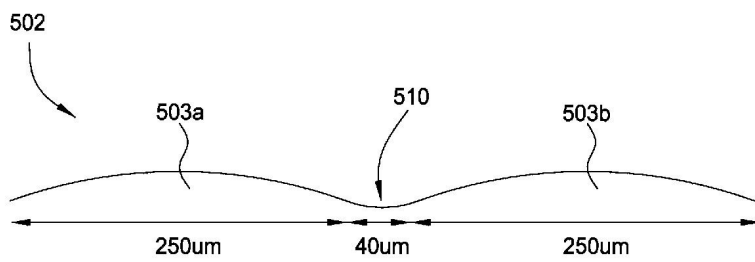
도면4b



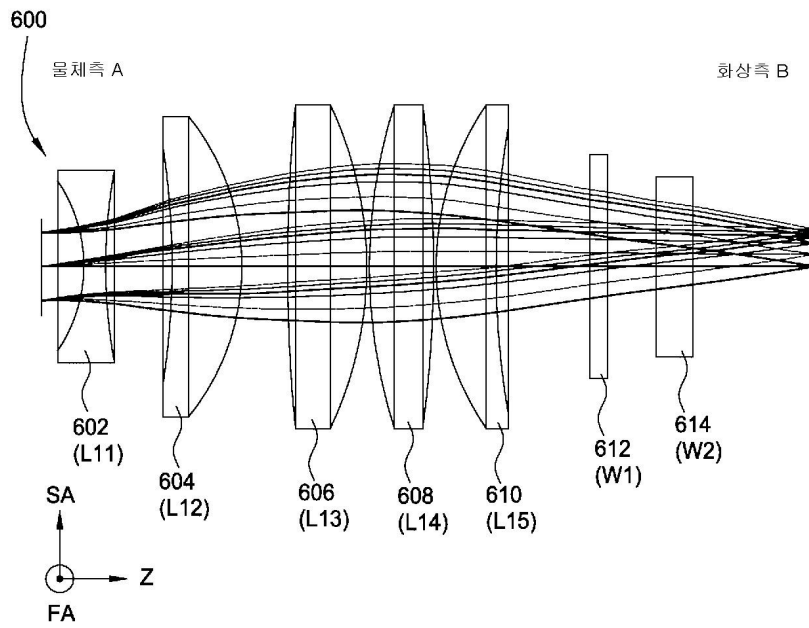
도면5a



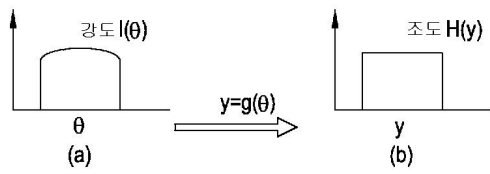
도면5b



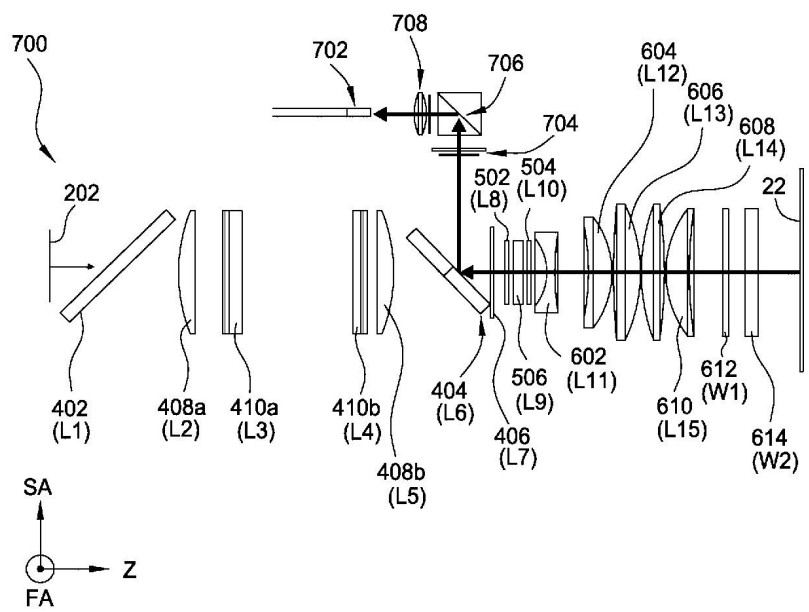
도면6a



도면6b



도면7



【심사관 직권보정사항】

【직권보정 1】

【보정항목】 청구범위

【보정세부항목】 청구항6,14

【변경전】

상기 레이저 바들

【변경후】

상기 레이저 다이오드 바들