



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2012년07월19일
(11) 등록번호 10-1167324
(24) 등록일자 2012년07월13일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
B23K 26/00 (2006.01)
(21) 출원번호 10-2006-7012238
(22) 출원일자(국제) 2004년11월12일
심사청구일자 2009년11월12일
(85) 번역문제출일자 2006년06월20일
(65) 공개번호 10-2006-0126666
(43) 공개일자 2006년12월08일
(86) 국제출원번호 PCT/US2004/037618
(87) 국제공개번호 WO 2005/053893
국제공개일자 2005년06월16일
(30) 우선권주장
10/722,992 2003년11월26일 미국(US)
(뒷면에 계속)
(56) 선행기술조사문헌
US6638800 A
US6440785 A
US6393042 A
US5891764 A

(73) 특허권자
티씨제트 엘엘씨
미국 캘리포니아주 92127 샌디에이고 슌민트 코
트 17075
(72) 발명자
파트로 윌리엄 엔
미국 캘리포니아주 92064 포웨이 페드리자 스트
리트 12634
다스 팔라쉬 피
미국 캘리포니아주 92084 비스타 파세오 드 안자
2029
(뒷면에 계속)
(74) 대리인
신정건, 김태홍

전체 청구항 수 : 총 13 항

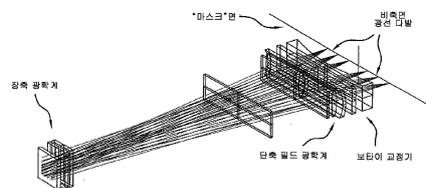
심사관 : 김기완

(54) 발명의 명칭 **레이저 박막 폴리실리콘 어닐링 광학 시스템**

(57) 요약

고 에너지, 고 반복율로 가공물 표면을 가열하는 방법 및 장치가 개시되며, 이 장치는, 4000 Hz 이상에서 동작하며 약 351 nm의 중심 파장에서 레이저 출력 광 펄스 빔을 생성하는 펄스형 XeF 레이저와, 상기 레이저 출력 광 펄스 빔을 그 레이저 출력 광 펄스 빔의 단축에서 20 μm 미만으로 폭을 감축시키고 상기 빔의 장축에서 그 장축의 범위를 커버하는 가공물을 형성하도록 상기 레이저 출력 광 펄스 빔을 확장시키며 상기 레이저와 가공물 사이에 필드 조리개를 포함하는 광학 시스템과, 가열 대상층을 포함하는 가공물을 포함하고, 상기 광학 시스템은 상기 레이저 출력 광 펄스 빔을, 충분히 경사가 가파른 측면을 갖는 세기 프로파일을 유지하도록 충분히 확대하여 필드 조리개에서 포커스 맞추어, 너무 높은 세기 레벨에서 빔 프로파일을 차단하는 일 없이 상기 빔 필드 조리개로 하여금 충분히 경사가 가파른 빔 프로파일을 상기 가공물에 유지하게 한다. 또한, 이 장치는 상기 가공물에 전달될 때 상기 레이저 출력 광 펄스 빔에서 높은 평균 전력을 포함하고, 단축 광학 어셈블리에서 라인 보타이 교정 기구를 구비한다. 라인 보타이 교정 기구는 복수의 약한 크로스 실린더를 포함할 수 있다. 광학 시스템은 반사 굴절 망원 투사 시스템(catadiotric projection system)을 포함할 수 있다. 레이저 회절과 발산으로 인한 선풍은 기하학적인 제한보다 적다. 광학 시스템은 공칭 XeF 스펙트럼의 인접한 피크를 투사하여, 가공물에서 서로 다른 포커스 면을 갖는 각각 인접하는 피크의 개별 중심 파장을 통해 전체 포커스 깊이를 강화하게 할 수 있다. 광학 시스템은 필드 조리개 면에서 라인 보타이를 교정하는 필드 조리개 광학 어셈블리 내에, 그리고 가공물 면에서 라인 보타이를 교정하는 가공물 투사 광학 어셈블리 내에 라인 보타이 교정 기구를 포함할 수 있다.

대표도



(72) 발명자

허다이마 러셀

미국 캘리포니아주 94583 산 라몬 이스트 릿지 드
라이브 218

토마스 마이클

미국 메사추세츠주 02478 벨몬트 바우 로드 23

(30) 우선권주장

10/781,251 2004년02월18일 미국(US)

10/884,101 2004년07월01일 미국(US)

특허청구의 범위

청구항 1

빔 전달 및 빔 처리 장치에 있어서,

4000 Hz 이상에서 동작하며 적어도 351 nm의 중심 파장에서 레이저 출력 광 펄스 빔을 생성하는 펄스형 XeF 레이저와;

상기 레이저 출력 광 펄스 빔을 그 레이저 출력 광 펄스 빔의 단축에서 20 μm 미만으로 폭을 감축시키고 상기 레이저 출력 광 펄스 빔을 그 빔의 장축에서 그 장축의 범위를 커버하는 가공물을 형성하도록 확장시키는 광학 시스템을 포함하고,

상기 광학 시스템은 상기 레이저와 가공물 사이에 필드 조리개를 포함하고;

상기 가공물은 가열 대상층을 포함하며,

상기 광학 시스템은 경사가 가파른 측벽을 갖는 세기 프로파일을 유지하도록 확대하여 필드 조리개에서 상기 레이저 출력 광 펄스 빔의 포커스 맞추어, 경사가 가파른 빔 프로파일의 제1 세기 부분을 차단하지 않고 상기 필드 조리개로 하여금 상기 경사가 가파른 빔 프로파일을 상기 가공물에서 유지하게 하는 것인 빔 전달 및 빔 처리 장치.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 가공물에 전달될 때 상기 레이저 출력 광 펄스 빔은 적어도 300 W의 평균 전력을 갖는 것인 빔 전달 및 빔 처리 장치.

청구항 3

제1항에 있어서, 단축 광학 어셈블리 내에 라인 보타이(linebowtie) 교정 기구를 더 포함하는 빔 전달 및 빔 처리 장치.

청구항 4

제3항에 있어서,

상기 라인 보타이 교정 기구는 복수의 약한 크로스 실린더 렌즈들(weak cross cylinder lenses)을 포함하는 것인 빔 전달 및 빔 처리 장치.

청구항 5

제1항에 있어서,

상기 광학 시스템은 반사 굴절 망원 투사 시스템(catadiotric projection system)을 포함하는 것인 빔 전달 및 빔 처리 장치.

청구항 6

제1항에 있어서,

레이저 회절과 발산으로 인한 선폭이 기하학적인 제한보다 작은 것인 빔 전달 및 빔 처리 장치.

청구항 7

제1항에 있어서,

상기 광학 시스템은 상기 가공물에서 서로 다른 포커스면을 갖는 각각의 인접 피크의 개별 중심 파장을 통해 전체 포커스 깊이를 향상시키도록 소정의 XeF 스펙트럼의 인접 피크들을 투사하는 것인 빔 전달 및 빔 처리 장치.

청구항 8

제1항에 있어서, 필드 조리개 면에서의 라인 보타이를 교정하는 필드 조리개 광학 어셈블리 내에 그리고 가공물 면에서의 라인 보타이를 교정하는 가공물 투사 광학 어셈블리 내에 라인 보타이 교정 기구를 더 포함하는 빔 전달 및 빔 처리 장치.

청구항 9

제1항에 있어서,

상기 필드 조리개 앞의 세기 프로파일은 측벽의 바닥 주변의 제1 위치 세트에서부터 상기 측벽의 맨 위 주변의 제2 위치 세트로 적어도 경사도 9를 형성하는 측벽을 갖는 것인 빔 전달 및 빔 처리 장치.

청구항 10

제9항에 있어서,

상기 제1 위치 세트는 상기 빔의 세기의 10 %를 나타내는 것인 빔 전달 및 빔 처리 장치.

청구항 11

제9항에 있어서,

상기 제1 위치 세트는 상기 빔의 세기의 90 %를 나타내는 것인 빔 전달 및 빔 처리 장치.

청구항 12

제1항에 있어서,

상기 필드 조리개 앞의 세기 프로파일은 상기 빔의 세기의 10 %를 나타내는 측벽의 위치 세트에서부터 상기 빔의 세기의 90 %를 나타내는 상기 측벽의 위치 세트로 경사도 0.02 μm 를 형성하는 측벽을 갖고, 상기 빔은 130 μm FWHM (Full Width Half Max)의 빔 선폭을 갖는 것인 빔 전달 및 빔 처리 장치.

청구항 13

제12항에 있어서,

상기 필드 조리개 뒤의 세기 프로파일은 상기 빔의 세기의 10 %를 나타내는 측벽의 위치 세트에서부터 상기 빔의 세기의 90 %를 나타내는 상기 측벽의 위치 세트로 경사도 0.01 μm 를 형성하는 측벽을 갖고, 상기 빔은 100 μm FWHM의 빔 선폭을 갖는 것인 빔 전달 및 빔 처리 장치.

명세서

기술분야

[0001] 본 발명은 대형 면적 위에서 그리고 고 반복율, 고 전력 및 안정적인 펄스간 조사량(pulse-to-pulse dose)에서 레이저 광으로 표면 및 기관을 처리하는 제조 공정에 이용되는 펄스형 레이저 시스템에 관한 것이며, 보다 구체적으로 선폭이 좁은 광학 펄스 전달 시스템에 관한 것이다.

배경기술

[0002] **관련 출원**

[0003] 본 출원은 2004년 7월 1일자로 출원한 발명의 명칭이 "LASER THIN FILM POLY-SILICON ANNEALING OPTICAL SYSTEM"인 미국 출원 일련 번호 10/884,101를 우선권으로 주장하며, 이 우선권은 2004년 2월 18일자로 출원한 발명의 명칭이 "VERY HIGH ENERGY, HIGH STABILITY GAS DISCHARGE LASER SURFACE TREATMENT SYSTEM"인 미국 출원 일련 번호 10/781,251[대리인 문서 번호 2003-0105-02]의 계속 부분 출원이며, 이것은 2003년 11월 26일자로 출원한 발명의 명칭이 "VERY HIGH ENERGY, HIGH STABILITY GAS DISCHARGE LASER SURFACE TREATMENT SYSTEM"인 미국 특허 출원 일련 번호 10/722,992의 계속 부분 출원이며, 이것은 2003년 7월 30일자로 출원한 발명의 명칭이 "CONTROL SYSTEM FOR TWO CHAMBER GAS DISCHARGE LASER"인 미국 특허 출원 번호 10/631,349의 계속 부분 출원이었고, 이것은 2002년 8월 30일자로 출원한 발명의 명칭이 "LITHOGRAPHY LASER WITH BEAM

DELIVERY AND BEAM POINTING CONTROL"인 미국 특허 출원 번호 10/233,253의 계속 부분 출원이었으며, 이것은 2001년 11월 30일자로 출원한 발명의 명칭이 "VERY NARROW BAND, TWO CHAMBER, HIGH REP RATE GAS DISCHARGE LASER SYSTEM"인 미국 특허 출원 번호 10/012,002[현재 2003년 9월 23일자로 특허 허여된 미국 특허 번호 6,625,191]의 계속 부분 출원이었고, 이것은 2001년 8월 29일자로 출원된 발명의 명칭이 "VERY NARROW BAND, TWO CHAMBER, HIGH REP RATE GAS DISCHARGE LASER SYSTEM"인 미국 특허 출원 번호 09/943,343[현재 미국 특허 번호 6,567,450]의 계속 부분 출원이었으며, 이것은 2001년 7월 30일자로 출원된 발명의 명칭이 "HIGH REPETITION RATE GAS DISCHARGE LASER WITH PRECISE PULSE TIMING CONTROL"인 미국 특허 출원 번호 09/837,035[현재 미국 특허 번호 6,618,421]의 계속 부분 출원이었고, 이들 모든 문헌은 참조 문헌으로 본 명세서에 포함된다.

[0004] 본 출원은 2003년 6월 25일자로 출원된 발명의 명칭이 "METHOD AND APPARATUS FOR COOLING MAGNETIC CIRCUIT ELEMENTS"인 미국 출원 번호 10/607,407[대리인 문서 번호 2003-0051-01]와, 2003년 6월 25일자로 출원된 발명의 명칭이 "METHOD AND APPARATUS FOR ELECTRICALLY INTERCONNECTING HIGH VOLTAGE MODULES POSITIONED IN RELATIVELY CLOSE PROXIMITY"인 미국 출원 번호 10/606,412[대리인 문서 번호 2002-0042-01]와, 2001년 12월 21일자로 출원된 발명의 명칭이 "TIMING CONTROL FOR TWO-CHAMBER GAS DISCHARGE LASER SYSTEM"인 미국 출원 번호 10/036,727와, 2002년 5월 7일자로 출원한 발명의 명칭이 "GAS DISCHARGE ULTRAVIOLET LASER WITH ENCLOSED BEAM PATH WITH ADDED OXIDIZER"인 미국 출원 번호 10/141,201와, 2003년 1월 31일자로 출원한 발명의 명칭이 "AUTOMATIC GAS CONTROL SYSTEM FOR A GAS DISCHARGE LASER"인 미국 출원 번호 10/356,168와, 2001년 5월 3일자로 출원한 Ness 등이 발명자이고 발명의 명칭은 "INJECTION SEEDED LASER WITH PRECISE TIMING CONTROL"인 미국 출원 번호 09/848,043[2002년 7월 4자로 공개된 공개 번호 20020085606]와, 2002년 5월 7일자로 출원한 Pan 등이 발명자이고 발명의 명칭은 "GAS DISCHARGE ULTRAVIOLET LASER WITH ENCLOSED BEAM PATH WITH ADDED OXIDIZER"인 미국 특허 출원 번호 10/141,201[2002년 11월 14일자로 공개된 공개 번호 20020167986A1]와, 2001년 12월 21일자로 출원한 발명자가 Ershov 등이고 발명의 명칭은 "TIMING CONTROL FOR TWO-CHAMBER GAS DISCHARGE LASER SYSTEM"인 미국 출원 번호 10/036,727[2003년 5월 29일자로 공개된 공개 번호 20020099269A1]와, 2001년 11월 30일자로 출원한 발명의 명칭이 "VERY NARROW BAND, TWO CHAMBER, HIGH REP RATE GAS DISCHARGE LASER SYSTEM"인 미국 출원 번호 10/012,002[현재 미국 특허 번호 6,625,191]와, 2001년 4월 18일자로 출원한 발명의 명칭이 "HIGH REPETITION RATE GAS DISCHARGE LASER WITH PRECISE PULSE TIMING CONTROL"인 미국 출원 번호 09/837,035[현재 미국 특허 번호 6,619,421]와, 발명의 명칭이 "MAGNETIC MODULATOR VOLTAGE AND TEMPERATURE TIMING COMPENSATION CIRCUIT"인 미국 특허 번호 6,016,325와, 2000년 5월 23일자로 Sandstrom 등에게 허여된 발명의 명칭이 "LASER-ILLUMINATED STEPPER OR SCANNER WITH ENERGY SENSOR FEEDBACK"인 미국 특허 번호 6,067,306과, 1999년 11월 30일자로 출원한 발명의 명칭이 "LONG-PULSE PULSE POWER SYSTEM FOR GAS DISCHARGE LASER"인 미국 출원 번호 09/451,995와, 2003년 11월 13일자로 출원한 발명의 명칭이 "LONG DELAY AND HIGH TIS PULSE STRETCHER"인 대리인 문서 번호 2003-0109-01과, 2001년 5월 11일자로 출원한 발명의 명칭이 "FOUR KHZ GAS DISCHARGE LASER"인 미국 출원 번호 09/854,097과, 발명의 명칭이 "RELIABLE, MODULAR PRODUCTION QUALITY NARROW-BAND HIGH REP RATE EXCIMER LASER"인 미국 특허 번호 6,128,323과, 발명의 명칭이 "EXCIMER LASER WITH PULSE MULTIPLEXER"인 미국 특허 번호 6,067,311과, 2003년 12월 17일자로 출원한 발명의 명칭이 "GAS DISCHARGE LASER LIGHT SOURCE BEAM DELIVERY UNIT"인 미국 출원 번호 10/739,961[대리인 문서 번호 2003-0082-01]과, 2003년 11월 12일자로 출원한 발명의 명칭이 "LASER LITHOGRAPHY LIGHT SOURCE WITH BEAM DELIVERY"인 미국 출원 번호 10/712,688과, 2003년 4월 29일자로 출원한 발명의 명칭이 "LITHOGRAPHY LASER WITH BEAM DELIVERY AND BEAMPOINTING CONTROL"인 미국 출원 번호 10/425,361[대리인 문서 번호 2003-0040-01]과, 2002년 5월 7일자로 출원한 발명의 명칭이 "LASER LITHOGRAPHY LIGHT SOURCE WITH BEAM DELIVERY"인 미국 출원 번호 10/141,216[대리인 문서 번호 2002-0039-01]과, 2002년 9월 25일자로 출원한 발명의 명칭이 "LITHOGRAPHY LASER SYSTEM WITH IN-PLACE ALIGNMENT TOOL"인 미국 출원 번호 10/255,806[현재 미국 특허 번호 6,704,340]과, 발명의 명칭이 "LITHOGRAPHY LASER WITH BEAM DELIVERY AND BEAM POINTING"인 미국 출원 번호 10/233,253[현재 미국 특허 번호 6,704,339]과 관련되며, 이들 문헌들은 참조 문헌으로서 본 명세서에 포함된다.

[0005] 또한, 본 출원은 2004년 7월 1일자로 출원한 발명의 명칭이 "Laser Thin Film Poly-Silicon Annealing System"인 미국 출원 번호 10/884,547[대리인 문서 번호 2004-0062-01]에 관련되며, 이 문헌은 참조 문헌으로서 본 명세서에 포함된다.

[0006] **발명의 배경**

[0007] 원통형 렌즈 열을 제조하는 방법에 있어서, 예컨대 오목형 원통 막대로 연삭하고 연마한 다음, 라스터를 90°

로 회전함으로써 교차 원통 렌즈를 형성하는 것이 알려져 있으며, 이 렌즈는 극도로 약한 렌즈인, 예컨대 1 mm 평방 개구와 80 mm 초점 거리를 가진 전형적인 축 대칭 렌즈보다 회절 한계가 낮다는 점에서 축 대칭 렌즈와 다를 수 있다. ([http://www.eso.org/gen-fac/pubs/messenger/archive/no.114-dec03/mess-wilson .pdf](http://www.eso.org/gen-fac/pubs/messenger/archive/no.114-dec03/mess-wilson.pdf))

[0008] JSW사는 기관, 예컨대 평면 디스플레이를 위한, 예컨대 박막 트랜지스터를 제조하기 위한 목적에서 비정질 실리콘 박막을 다결정 실리콘("폴리실리콘" 또는 "폴리")으로의 재결정화를 위해 비정질 실리콘 박막의 결정화를 수행하는 장치를 제공하는 것으로 알려져 있다. 이것은 엑시머, 예컨대 광에너지원으로서는 XeCl 레이저를 이용하기 때문에 엑시머 레이저 어닐링("ELA" : Excimer Laser Annealing)으로 알려져 있으며, 결과로서 생긴 비정질 실리콘의 용융 및 재결정화와 함께 ELA 어닐링을 수행하여 박막의 폴리층, 예컨대 박막의 트랜지스터 게이트가 형성된다.

[0009] JSW사는 예컨대 표면적 370x470 mm의 기관과 표면적 730x920 mm의 기관으로 가공한 특성을 실험하여 증명하였는데, 전자의 기관은 빔 사이즈 365x0.4 mm, 엑시머 레이저 반복율 300, 오버랩 95 %, 주사 피치 0.02, 주사 길이 470, 주사수 1인 톨로 가공하고, 시트당 총 23500회의 결정화 샷, 스크린당 21390회의 소모성 샷을 이용한 시트 당 78초의 결정화 시간으로 수행하여, 시간 당 스크린 처리율 24.06에 대해 스크린 당 총 샷이 44,890회, 스크린 당 작동 시간이 150초가 되었으며, 더 폭이 넓은(920 mm) 시트의 제2 경우인 후자 기관에 있어서, 같은 수치를 이용하고, 시트를 커버하기 위해 2회 주사를 행하여, 시트 결정화 시간 당 157초, 시트 당 16698회의 소모성 샷, 229초의 작동 시간, 시간 당 시트 처리율 15.70가 되었다. Lambda Physik사는 대략 유사한 특성을 가진 머신을 제공한다.

[0010] H.Kahlert 등의 "High-resolution optics for thin Si-film crystallization using excimer lasers: present status and future development," Proc. 또는 SPIE-IS & T, Electronic Imaging, SPIE Vol. 5004 (2003), pp.20-27 ("Kahlert")에는 "SLG(Super-Lateral-Growth)" 결정화를 위해 가공물에서 370 mm의 장 범으로 수백 μ m의 폭을 형성하는 방법이 기재되어 있다. 또한, Im에게 허여된 다수의 특허들, 즉 2001년 11월 27일자로 허여된 발명의 명칭이 "CRYSTALLIZATION PROCESSING OF SEMICONDUCTOR FILM REGIONS ON A SUBSTRATE, AND DEVICES MADE THEREWITH"인 미국 특허 번호 6,322,625[1998년 11월 27일자로 출원한 미국 출원 일련 번호 09/200,533에 기초], 2002년 4월 9일자로 허여된 발명의 명칭이 "METHOD AND SYSTEM FOR PROVIDING A CONTINUOUS MOTION SEQUENTIAL LATERAL SOLIDIFICATION"인 미국 특허 번호 6,573,53[2000년 3월 16일자로 출원한 미국 출원 일련 번호 09/526,585에 기초], Im 등에게 2003년 4월 29일자로 허여된 발명의 명칭이 "METHODS FOR PRODUCING UNIFORM LARGE-GRAINED AND GRAIN BOUNDARY LOCATION MANIPULATED POLYCRYSTALLINE THIN FILM SEMICONDUCTORS USING SEQUENTIAL LATERAL SOLIDIFICATION"인 미국 특허 번호 6,555,449[1999년 9월 3일자로 출원한 미국 출원 일련 번호 09/390,535호에 기초], 2003년 5월 13일자로 허여된 발명의 명칭이 "SYSTEM FOR PROVIDING A CONTINUOUS MOTION SEQUENTIAL LATERAL SOLIDIFICATION"인 미국 특허 번호 6,563,077호[2001년 3월 30일자로 출원한 미국 출원 번호 09/823,547에 기초], 2003년 6월 3일자로 Im 등에게 허여된 발명의 명칭이, "SYSTEMS AND METHODS USING SEQUENTIAL LATERAL SOLIDIFICATION FOR PRODUCING SINGLE OR POLYCRYSTALLINE SILICON THIN FILMS AT LOW TEMPERATURES"인 미국 특허 번호 6,563,077[1999년 9월 3일자로 출원한 미국 출원 일련 번호 09/390,537에 기초], 2003년 6월 24일자로 허여된 발명의 명칭이 "SPECIALIZED SUBSTRATES FOR USE IN SEQUENTIAL LATERAL SOLIDIFICATION PROCESSING"인 미국 특허 번호 6,582,827[2000년 11월 27일에 출원한 미국 출원 일련 번호 09/722,778에 기초]에는 연속 측면 소결이 개시되어 있고, 또한, 발명자가 Im 등이며 2003년 5월 22일자로 공개된 발명의 명칭이 "METHODS FOR PRODUCING UNIFORM LARGE-GRAINED AND GRAIN BOUNDARY LOCATION MANIPULATED POLYCRYSTALLINE THIN FILM SEMICONDUCTORS USING SEQUENTIAL LATERAL SOLIDIFICATION"인 미국 공개 특허 출원 번호 2003/0096489A1[2002년 11월 13일자로 출원한 미국 출원 일련 번호 10/294,001], 발명자가 Im 등이며, 2003년 6월 26일자로 공개된 발명의 명칭이 "METHOD FOR PRODUCING UNIFORM LARGE-GRAINED AND GRAIN BOUNDARY LOCATION MANIPULATED POLYCRYSTALLINE THIN FILM SEMICONDUCTORS USING SEQUENTIAL LATERAL SOLIDIFICATION"인 미국 공개 특허 출원 번호 2003/0119286A1[2002년 12월 3일자로 출원한 미국 출원 일련 번호 10/308,958에 기초]에도 개시되어 있다.

[0011] 그러한 박막 결정화의 양상들이 개시되어 있는 추가 특허 문헌들로는, Chae에게 1995년 7월 11일자로 허여된 발명의 명칭이 "METHOD OF MAKING A THIN FILM TRANSISTOR BY OVERLAPPING ANNEALING USING LASERS"인 미국 특허 번호 5,432,122[1993년 11월 3일자로 출원한 미국 출원 일련 번호 147635에 기초], Jung에게 2001년 1월 23일자로 허여된 발명의 명칭이 "METHOD OF FABRICATING THIN FILM TRANSISTORS FOR A LIQUID CRYSTAL DISPLAY"인 미국 특허 번호 6,177,301[1999년 5월 13일자로 출원한 미국 출원 일련 번호 09/311,702에 기초], Jung에게 2001년 11월 13일자로 허여된 발명의 명칭이 "LASER ANNEALING METHOD"인 미국 특허 번호 6,316,338[2000년 6월 28일자로 출원한 미국 출원 일련 번호 09/605,409], Yamazaki 등에게 2001년 4월 10일

자로 허여된 발명의 명칭이 "APPARATUS AND METHOD FOR LASER RADIATION"인 미국 특허 번호 6,215,595[2000년 5월 30일자로 출원한 미국 출원 일련 번호 09/583,450에 기초], Zhang 등에게 2001년 10월 9일자로 허여된 발명의 명칭이 "LASER PROCESSING METHOD"인 미국 특허 번호 6,300,176[1995년 7월 19일자로 출원한 미국 출원 번호 504087에 기초], Noguchi 등에게 2002년 5월 28일자로 허여된 발명의 명칭이 "METHOD OF PRODUCING LIQUID CRYSTAL DISPLAY PANEL"인 미국 특허 번호 6,396,560[2000년 9월 21일자로 출원한 미국 출원 일련 번호 09/667,758에 기초], 발명자가 Takeda 등이며 2004년 4월 1일자로 공개된 발명의 명칭이 "SEMICONDUCTOR THIN FILM AND PROCESS FOR PRODUCTION THEREOF"인 미국 공개 특허 출원 번호 2004/0060504A1[2003년 6월 17일자로 출원한 미국 출원 번호 10/462,792에 기초]가 있다.

[0012] Kahlert는 종래 기술은 400 μm 의 가공물에서의 레이저 펄스 치수, 라인폭에 제한되어 있다고 강조한다.

[0013] 도 1은 Lambda Physik ELA 머신에 있어서 Lahlert에 개시되어 있는 광학 레이아웃을 도시하고 있다. 도 1에는 어셈블리(20)가 도시되어 있다. 이 어셈블리(20)는 레이저 출력 빔(22), 예컨대 Lambda Physik가 제조한 XeCl LS 1000 엑시머 레이저의 출력을 포함한다. 레이저 빔(22)은 한 쌍의 감쇠판(26)을 포함하는 감쇠기(24)를 통과한다. 그리고 빔(22)은, 빔(22)의 장축에서 함께 확장 망원경 요소를 구성하는 제1 망원경 렌즈(32)와 제2 망원경 렌즈(34)를 포함하는 장축 확장 광학계(30)에 의해 장축으로 확장된다. 그리고 빔은 제1 원통형 렌즈열(42)과, 제2 평행한 원통형 렌즈열(44)로 구성된 장축 균질기(40)를 통과하는데, 제1 원통형 렌즈열(42)의 원통형 렌즈들은 각각 장축에 있어서 서로 간의 결정된 거리에서 초점 거리를 갖고, 이어서 빔은 빔의 장축을 촬상하는 촬상 렌즈(46)를 통과한다. 그리고 빔은 제1 원통형 렌즈열(52)과, 제2 원통형 렌즈열(54)를 포함하는 단축 균질 장치(50)를 통과하는데, 제1 원통형 렌즈열(52)의 각 렌즈는 서로 간의 결정된 거리에서 초점 거리를 갖고, 이어서 빔은, 필드 렌즈(64)를 또한 포함하는 필드 조리개(60)에 형성된 슬릿(62)에서 단축으로 빔을 촬상하는 촬상 렌즈(56)를 통과한다. 이 때, 폭이 넓어진 빔(80)은 90%의 반사율을 가진 미러(90)에 의해 90° 회전된 후, 제1 렌즈(102)와 제2 렌즈(104)를 갖는 5X 배율 원통형 더블릿으로 이루어진 빔 단축 확대경(100)을 통과하여, 기관(130) 상에 또는 주위에 최종 ELA 빔(120)이 형성된다. 또한, 종래의 어셈블리(20)는 제1 CCD 카메라(112)와 제2 CCD 카메라(112)를 포함하는 빔 품질 모니터링 시스템(110)을 구비할 수도 있다.

[0014] 도 2는 도 1의 어셈블리의 단축 광학 어셈블리 구성요소만 도시하고 있으며, 2개의 단일 챔버 Lambda Physik 단일 오실레이터 엑시머 레이저, 예컨대 XeCl 레이저 또는 KrF 엑시머 레이저로부터 발생하는 2개의 레이저 빔(22, 22')을 종래 기술의 Lambda Physik 또는 JSW ELA 머신에서 이용하는 예를 나타내고 있다. 필드 조리개(60)에서의 빔의 단축 촬상이 오버랩되어 결합 오버랩된 빔 프로파일의 에너지의 일부만이 슬릿(62)을 통과하는 것도 도시되어 있다.

[0015] 도 3은 빔을 단축으로 확대하고 장축으로 확장할 수 있는 렌즈 조합부(30)를 도시하고 있으며, 이 조합부는 예컨대 원통형 오목 렌즈(32)와 그 옆에 원통형 오목 렌즈를 포함하여 주사 방향 축으로 가늘어지고 주사 방향의 수직으로 길어진 선형의 빔(120)이 형성된다.

[0016] 도 4는 본 발명의 실시예의 일 양상에 따른, 장축의 빔 균질기(40)와 단축의 빔 균질기(50)에서 이루어진 빔 균질화의 효과를 나타내는 렌즈 어셈블리의 일례를 도시하고 있으며, 이 렌즈 어셈블리에 포함되는 기관(140)은 요구 세기 레벨에서 DUV 광을 광학적으로 견딜 수 있는 적합한 재료, 예컨대 MgF_2 또는 CaF_2 로 구성될 수 있으며, 두께가 예컨대 약 1.2 mm이고, 원통형 굴절율의 손상층 어레이 상에서, 예컨대 어레이의 렌즈 피치가 예컨대 300 미크론인 평 볼록(plano-convex) 원통형 마이크로렌즈가 있으며, 이로 인해 발산각이 약 1°가 되며, 원거리 편평 정점 세기 분포가 있게 된다. 그러한 렌즈 어셈블리는 예컨대 Suss Microoptics로부터 판매되는 CC-Q-300 10, 5 mm x 10 mm, High Power Beam Homogenizer라는 명칭으로 입수할 수 있다.

[0017] 참조 문헌으로 본 명세서에 포함되는 Jour. of Appld. Phys., Vol. 94, No.12(2003년 12월 15일)에 게재된 A. Voutsas 등의 논문 "Effect of process parameters on the structural characteristics of laterally grown, laser-annealed polycrystalline silicon films"(이하 "Voutsas")에서 저자는 빔 프로파일의 파라미터, 구체적으로 측면 결정 성장에 대하여 빔의 단축에서의 빔 프로파일의 파라미터의 중요성을 강조하였다. 즉, Voutsas가 강조한 바와 같이, 빔 성형 패턴의 결정적인 사이즈, 즉 대략적으로, 종횡비가 큰 직사각형의 경우 폭과, 투사계의 해상력, 즉 대략적으로, 투사 렌즈의 개구수 간의 관계에 의해 주로 결정된다. 이 관계는 빔 프로파일의 옛지 "날카로움"을 결정하여 세기를 전체 세기의 예컨대 약 10% 내지 약 90%로부터 상승할 수 있는 공간 요건을 결정한다. 효율적인 SLS 공정은 Voutsas에서 보다 상세하게 설명하는 바와 같이, 가파른 빔-옛지 프로파일이 레이저 에너지의 비효율적인 이용을 최소화하게 하는 것을 필요로 한다. 실제, 이 프로파일

은 개구수와 포커스 깊이 요건 간의 타협으로 인해 투사계의 회절 한계에 의해 결정될 수 있다. 도 4는 빔의 단축으로, 그리고 예컨대 약 50.05의 개구수를 갖는 5:1 투사 렌즈로부터 발생하는 8-9 mm 넓은 빔렛을 제공하기 위해 전술한 광학계에 의해 선택된 부분으로 기관 상에서의 통상의 종래의 공간 세기 분포를 나타내고 있다. SLS 공정 윈도우에 대응하는 세기 범위는 Voutsas에도 도시되어 있다. 이 범위 밖의 세기 값에 있어서, 막의 부분적 용융은 그 세기가 매우 낮은 미립자 폴리 Si 재료의 연속 형성과 함께 일어날 수 있다. 그렇기 때문에, 빔 프로파일의 날카로움은 빔의 각각의 엷지에서 이 영역의 범위를 정의할 수 있다(de). 또한, 이 빔렛(beamlet)의 폭에 따라, 빔 조사 조건 하의 LGL이 빔 폭의 약 절반보다 작다면, 랜덤한 핵형성이 빔의 중심에서 이루어질 수 있다. 또한, Voutsas는 dL이 측면 성장 길이이고 dc가 중심폭이라면, 핵형성된 영역은,

[0018]

$$\omega 52de12dL1dc$$

[0019]

이라고 강조하였다(여기서, ω 는 빔 폭이다). 또한, Voutsas는 최적의 빔렛 사용을 위해서는, $de \rightarrow 0$ 과 $dc \rightarrow 0$ 이어야 한다고 했다. 또한, Voutsas에 따르면, 핵형성된 "중심" 영역은, 예컨대 빔렛 폭을 필수적으로 삭감함으로써 효과적으로 제거할 수 있지만, 빔 엷지 영역은 제한될 수도 실제로 제거될 수도 없다. 또한, Voutsas는 투사계의 한계 외에도, 빔 프로파일 왜곡의 다른 원인이 포커스라고 지적하고 있다. 투사계의 소정의 개구수에 있어서, 렌즈의 활상 능력, 즉 그것의 해상력에 있어서 거의 무시할 만한 변화를 일으키는 피조사 샘플의 표면과 투사 렌즈 간의 거리의 변화 정도를 정의하는 포커스의 깊이가 결정될 수 있다. 예컨대, 소정의 투사 렌즈에 있어서, 샘플면의 위치가 포커스의 깊이 안에 제한되면, 활상된 빔 프로파일의 왜곡이 일어날 수 있는데, 예컨대 "흐릿하게" 보이며, 즉 활상된 빔은 언더포커스 또는 오버포커스 중 하나에 의해 완전히 해상될 수 없다. Voutsas에 따른 그러한 상태 하에서, 최대 빔 강도는 저하되고, 엷지는 더욱 퍼져서, 예컨대 덜 가파르거나 덜 급격한 경사를 갖게 된다. 다시 말해, de가 상승하고 빔렛의 중심에서의 핵형성 가능성도 높아진다. 또한, Voutsas는 최상의 포커스 면으로부터의 디포커스 정도의 함수에 따른 mm 단위의 LGL의 변화를 강조하였으며, 측면 성장 길이는 예컨대 빔 프로파일에서의 엷지 퍼짐이 심해짐으로 인해, 디포커스에 의해 감소되게 되어 측면 성장에 비효율적인 빔의 증가 부분이 될 수 있다고 지적한다. 또한, 디포커스의 함수에 따른 엷지 길이 변화를 강조하였는데, 강화된 디포커스에서는 측면 성장 길이의 감소가 엷지 길이의 동시 상승에 의해 수반될 수 있다고 하였다. Voutsas는 레이저 영향의 상승이 LGL 상에서의 디포커스의 손실을 다소 보상할 수 있지만, 응집이 그러한 보상의 정도에 대하여 제한할 수 있으며, 예컨대 디포커스로 인한 빔 프로파일의 왜곡은 대면적 전역에서의 측면 성장 연속성을 유지하기 위해 최적의 기관 피치를 결정할 때 고려되어야 한다고 지적하고 있다.

[0020]

ELA를 이용한 AMLCD 제조에 필요한 유리 기관은, Corning사의 MIE 101(2002년 8월)에 기재되어 있는 Corning(등록상표) 1737 AMLCD 유리 기관, Corning사의 PEI 101(2002년 12월)에 기재되어 있는 1737 디스플레이 그레이드 유리 기관, Corning사의 PIE 201(2002년 12월)과, "Glass substrates for AMLCD Applications: Properties and Implications" TIP 101(2002년 2월)과, "Support Designs for Reducing the Sag of Horizontally Supported Sheets" TIP 303(2003년 2월)에 기재되어 있는 Eagle^{2000TM} 디스플레이 그레이드 유리 기관을 포함하는 것이 공지되어 있으며, 이들 문헌은 모두 참조문헌으로 본 명세서에 포함된다.

[0021]

도 4는 종래 기술에 따른 엑시머 레이저 어닐링된("ELA") 폴리-Si 막의 제조 공정 흐름을 개략적으로 나타내고 있다. [K. Lee의 A Study on Laser Annealed Polycrystalline Silicon Thin Film Transistors (TFTs) with SiNx Gate Insulator, Chapter 5, Electrical and Structural Properties of ELA Poly-Si Films(<http://tftlcd.khu.ac.kr/research/poly-Si/chapter5.html>)] 도 4에 도시하는 바와 같이, 예컨대 JSW사에서 제공하는 어닐링 장치에서, 사각형 빔을 갖는 XeCl 엑시머 레이저 시스템(도시 생략)을 사용하였다. SiO₂의 완충층(134)이 APCVD에 의해 청정 유리 기관 상에 증착된다. 70 nm 두께의 비정질 실리콘:수산화물("a-Si:H") 막(136)이 PECVD에 의해 ELA의 개시 재료로서 증착된다. a-Si:H 막은 엑시머 레이저에 의해, 150 mJ/cm²에서 94 % 오버랩 주사로 탈수소화되어 비정질 실리콘층(138)이 형성된다. 마지막으로, 탈수소화된 a-Si층(138)은 300 °C에서의 94 % 오버랩 주사로 ELA에 의해 결정화되어 폴리실리콘층(138)이 형성된다. 레이저 에너지 밀도는 높은 품질의 폴리-Si 막(138)을 달성하기 위한 최적의 레이저 세기를 찾기 위해 240~330 mJ/cm²로 변할 수 있다.

[0022]

JSW ELA 시스템은 결정화 및 활성화를 위한 비교적 단순한 광학계이지만, 소립자인 마이크로구조를 생성하고, 단지 약 100의 TFT 이동도와, 시간 당 단지 25개 시트의 처리율과, 비교적 높은 시트 당 유지보수비와, 포커스 집중적이지만 에너지에 민감한 공정 마진을 갖는다. JWS 2 샷 SLS 시스템은 결정화를 위한 비교적 복잡한 광학계를 구비하며, 2-3 μm 입자를 생성하며, 이동도는 약 150과 200 사이에 있고, 처리율은 시간당 35개 시

트이다. 이 시스템은 시트 당 유지보수비가 JWS ELA보다 약 32 % 더 저렴하며, 공정 마진은 에너지 집중적이지만 포커스 민감형이다.

[0023] 도 5는 빔 라인폭이 약 9 μm 인 종래의 빔 프로파일을 나타내는 도면이다.

[0024] 또한, 관련 적용예에서는 엑시머 레이저, 예컨대 활성 가스 할로겐화물 레이저를, 활성 가스 원자와 할로겐화물 원자로 구성되어 있는 레이저 활성 재료(Cl, I, F 등)와 함께 이용하는 것이 공지되어 있다. 또한, XeCl, XeF, KrF 및 ArF 등의 희박한 가스 할로겐화물 레이저는 J. J. Ewing 등의 Phys. Rev. A12,129(1975)와 M.Hoffinan, 등의 Appl. Phys. Lett. 9,538 (1976)에 개시되어 있는 바와 같이, Si 막의 재결정화에 효과적으로 실험 및 증명되어 이용되었으며, 이 레이저는 XeF를 포함하는, 이들 참조 문헌에 목록화되어 있는 그러한 레이저의 공통 타입을 포함한다. 또한 이들 참조 문헌은 a-Si:H를 결정화하기 위해, 다수의 엑시머 레이저가 ArF(193 nm), KrF(248 nm), XeCl(308nm), XeF(351nm) 등에 이용되고 있음을 강조한다. 이들 가운데, XeCl 엑시머 레이저는 308 nm에 가까운 파장수에서 a-Si:H 막에 대하여 우수한 가스 안정성과 높은 흡수 계수라는 장점을 갖는다. 그렇기 때문에, 많은 회사에서는 a-Si:H($\sim 10^{16} \text{ cm}^{-3}$)를 위한 308 nm에서의 안정한 동작 및 높은 흡수 계수 때문에, XeCl 레이저를 제조를 위해 채택하고 있다. [K. Lee 등의 A Study on Laser Annealed Polycrystalline Silicon Thin Film Transistors (TFTs) with SiNx Gate Insulator, Chapter 4, Experimental Details(<http://tftlcd.kyunghee.ac.kr/research/poly-Si/chapter4.html>)]

[0025] C. Kim 등은 "Excimer-Laser Crystallized Poly-Si TFT's with Transparent Gate, IEEE Transactions on Electron Devices, Vol.43, No.4 (April 1996), p. 576-579 ("Kim")에서 유리 합성물 상에서 비정질 실리콘 박막의 유리 기판측에 XeF 레이저 광을 조사하여 유리 기판 비정질 실리콘 계면에 인접한 비정질 실리콘에 폴리실리콘 투명 게이트 전극을 형성하는 방법을 개시하고 있다. 또한, 여기에는 이 기술을 이용하여 드라이버 모노리식 "AM-LCD"(Active Matrix-Liquid Crystal Display)용의 그러한 트랜지스터를 형성하는 방법이 개시되어 있다. Kim은 K. Sera 등의 "High-performance TFT's fabricated byXeCl excimer laser annealing of hydrogenatedamorphous-silicon film," IEEE Transactions on Electron Devices, Vol.36, No.12, (1989), pp.2868-72와, Y. Morita 등의 "UV pulsed laser annealing of Si-implanted silicon film and low-temperature super thin-film transistors," Jpn. J. Appl. Phys., Vol.28, No.2(1989) pp.L309-L311과, K. Shimizu, 등의 "On-Chip bottom gate polysilicon and amorphous silicon thin-film transistors using excimer laser annealed silicon nitride gate," Jpn. J. Appl. Phys., Vol.29, No.10 (1990)pp.L1775-L1777과, K. Shimizu 등의 "high-performance poly-si thin-film transistors with excimer laser annealed silicon nitride gate," Jpn. J. Appl. Phys., Vol.32, No.1B (1993), pp.452-57; M.Furuta 등의 "Bottom-gate poly-si thin film transistors using XeCl excimer laser annealing and ion dopingtechniques," IEEE Trans. Electron Devices, Vol. 40, No.14 (1993) pp.1964-69, 및 Y. Sun 등의 "Excimer laser annealing process for polysilicon TFT AMLCD application," Record of 1994 Int. Disp. Res. Conf. (1994), pp.134-47을 인용하면서, XeCl와 그외 것들을 비롯한 엑시머 레이저를 이용한 비정질 실리콘의 상면 어닐링을 지적하고 있으며, 이들 각 문헌들은 참조 문헌으로서 본 명세서에 포함된다. 그러나, Kim은 투명한 바닥 게이트를 형성하기 위한 기판 조사에 있어서 XeF만 이용하는 것을 개시하고 제안하고 있다.

[0026] 각각의 채널이 제한된 각도 부분을 촬상하는 중간 화상을 갖는 렌즈열에 의해 형성된 화상 채널을, 화상면에서의 공간 중첩에 의해 이루어지는 부분 화상의 중첩과 함께 이용하는 것이 공지되어 있으며, 이 방법은 정립 촬상을 필요로 하며, 오프축 수차를 피하기 위해 바로 옆 이웃만이 중첩해야 한다. [mstnews 2/03, <http://www.suss-microoptics.com/downloads/Publications/Miniaturizationof ImagingSystems.pdf>.]

[0027] 엑시머 레이저 빔의 세기 재분배를 위해 파리눈 렌즈(fly's eyes lens)를 이용하는 방법이 공지되어 있으며, 이것은 Y. Ozaki 등의 "Cylindrical fly's eye lens for intensity redistribution of an excimer laser beam, Applied Optics, Vol. 28, Issue 1 (January 1989) p. 106와 B. Crowther 등의 "A fly's eye condenser system for uniform illumination," Proc. of SPIE, International Optical Design Conference 2002, Vol.4832 (2002), pp.4832-35에 개시되어 있다.

발명의 상세한 설명

[0028] 고 에너지, 고 반복율로 가공물 표면을 가열하는 방법 및 장치가 개시되며, 이 장치는, 4000 Hz 이상에서 동작하며 약 351 nm의 중심 파장에서 레이저 출력 광 펄스 빔을 생성하는 펄스형 XeF 레이저와, 상기 레이저 출력 광 펄스 빔을 그 레이저 출력 광 펄스 빔의 단축에서 20 μm 미만으로 폭을 감축시키고 상기 빔의 장축에서 그 장축의 범위를 커버하는 가공물을 형성하도록 상기 레이저 출력 광 펄스 빔을 확장시키며 상기 레이저와

가공물 사이에 필드 조리개를 포함하는 광학 시스템과, 가열 대상층을 포함하는 가공물을 포함하고, 상기 광학 시스템은 상기 레이저 출력 광 펄스 빔을, 충분히 경사가 가파른 측벽을 갖는 세기 프로파일을 유지하도록 충분히 확대하여 필드 조리개에서 포커스 맞추어, 너무 높은 세기 레벨에서 빔 프로파일을 차단하는 일 없이 상기 빔 필드 조리개로 하여금 충분히 경사가 가파른 빔 프로파일을 상기 가공물에 유지하게 한다. 또한, 이 장치에 있어서, 상기 가공물에 전달될 때 상기 레이저 출력 광 펄스 빔의 평균 전력이 높고, 단축 광학 어셈블리에서 라인 보타이 교정 기구를 구비한다. 라인 보타이 교정 기구는 복수의 약한 크로스 실린더를 포함할 수 있다. 광학 시스템은 반사 굴절 망원 투사 시스템(catadiotric projection system)을 포함할 수 있다. 레이저 회절과 발산으로 인한 선폭은 기하학적인 제한보다 작다. 광학 시스템은 공칭적인 XeF 스펙트럼의 인접한 피크들을 투사하여, 가공물에서 서로 다른 포커스 면을 갖는 각각 인접하는 피크의 개별 중심 파장을 통해 전체 포커스 깊이를 개선강화하게 할 수 있다. 광학 시스템은 필드 조리개 면에서 라인 보타이를 교정하는 필드 조리개 광학 어셈블리 내에, 그리고 가공물 면에서 라인 보타이를 교정하는 가공물 투사 광학 어셈블리 내에 라인 보타이 교정 기구를 포함할 수 있다.

실시예

[0042] 본 출원인은, 결정화 및 활성화를 위한 간단한 광학계를 구비하고 가공물의 길이를 확장하는 입자를 필수적으로 생성하거나 생성할 수 있으며, 이동도가 200-400이고 처리율이 시간 당 35개 시트를 갖는 지향성 SLS 시스템을 제안하고 있다. 출원인이 제안하는 시스템에서의 시트 당 유지보수비는 JWS ELA 시스템보다 약 37 % 저렴하고, JWS 시스템에 비교해서 에너지 또는 포커스에 집중하는 공정 마진을 갖는다.

[0043] 출원인은 370x470 사이즈의 시트에 대하여, 1 주사 시에 365x0.02 mm 이하의 가늘고 긴 빔으로 기관을 포함하는 시트를 커버하는 경우와, 레이저 반복율이 적어도 4000 Hz, 오버랩이 예컨대 90 %, 주사 피치가 예컨대 0.002 mm, 주사 길이가 470 mm인 730x0.02 mm의 가늘고 긴 빔의 단일 주사로 730x920 시트를 커버하는 경우의 빔의 부분을 이용하는 능력을 제시하였는데, 전자의 경우 시트 당 235,000회의 결정화 샷, 결정화 시간 59초, 시트 당 43초의 소모 시간 동안 173,200회의 소모성 샷, 총 408,200회의 샷 및 102초의 작동 시간에서 이루어져, 시간 당 처리율이 35.38개 시트이고, 예컨대 80% 오버랩이란 점을 제외하고 유사한 수치로 시트의 전체 730mm 폭을 커버하는 단일 주사를 이용하는 후자의 경우, 총 469,959회 샷에 대해, 결정화 샷 460,000회, 결정화 시간 115초, 소모성 샷 9,959회, 시간 당 22.74개 시트의 처리율을 얻게 되었다. 각각의 경우에 있어서, 본 발명의 실시예의 양상에 따라 달성 가능한 처리율은 비교적 낮은 반복률인 4000Hz에서도 종래 기술보다 45% 향상되었다.

[0044] 이제 도 6을 참조하면, 본 발명의 실시예의 양상에 따른 예시적인 펄스형 레이저 출력 광 빔 생성 시스템(160)을 개략적으로 도시하고 있다. 이 시스템(160)은 오실레이터 레이저 시스템(162)과 증폭기 레이저 시스템(164)을 포함할 수 있다. 펄스형 레이저 출력 광 빔 생성 시스템(160)은 마스터 오실레이터로서 그리고 전력 증폭기 시스템으로서 구성될 수 있으며, 전력 증폭기 시스템에서는, 즉 오실레이터 시스템의 출력 펄스(180)의 선폭을, 예컨대 종래 기술에서 공지되어 있는 선폭 감소 모듈 또는 선폭 감소 패키지를 이용하여 감축하며, 또한 펄스형 레이저 출력 광 빔 생성 시스템(160)은 선폭 감축을 이용하지 않는 전력 증폭기일 수도 있다. 본 명세서에서는 발명의 목적상, 양쪽 형태의 오실레이터 레이저는 마스터 오실레이터(MP)이든 전력 증폭기(PO)이든지 관계없이 마스터 오실레이터(MO)로서 사용되어 그렇게 칭해질 것이다. 도 6에 도시하는 바와 같이, MO는, 오프축 오실레이션이 오실레이터 레이저 시스템(162)의 가스 방전실에서 캐소드(174)와 애노드(176) 간의 방전에 의해 출력 빔(180)을 생성하게 정렬되도록 도시되어 있는 오목 거울(170)과 볼록 거울(172)를 포함하는 불안정 공진기를 포함할 수 있다.

[0045] 약 50 mJ일 수 있는 출력 빔(180)은 오실레이터 챔버(162)의 불안정 공진기 구성으로 인해, 적어도 하나의 축, 예컨대 수평축에서 발산도가 비교적 낮을 수 있다. 이 빔(180)은 텔레미 광학 시스템(182) 내에 있는 인접한 전체 반사 미러에 의해 증폭기 레이저 시스템(164)의 가스 방전실로 반사되며, 이 증폭기 레이저 시스템은 본 출원인이 XLA 시리즈의 모델명으로 판매하는 MOPA 레이저 시스템과 같이 종래에 알려진 멀티패스 전력 증폭기를 포함할 수 있다. 빔(180)은 그 빔(180)의 도착에 맞추어 증폭기 레이저 시스템(164)의 가스 방전실 내의 캐소드(174)와 애노드(176) 간의 방전을 통해 증폭기 레이저 시스템(164)에서 세기가 증폭되어 펄스형 레이저 출력 광 빔(190)이 생성된다.

[0046] 레이저 시스템(164)이, 예컨대 하나의 패스 오프축을 갖는 멀티패스 증폭기 시스템일 수 있음을 이해할 것이다. 또한, 증폭기 레이저 시스템(164)은, 전력 증폭기로서 공진기 레이저 캐비티에서 입력 빔(180)을 증폭시키기 위한, 오실레이터 예컨대 불안정 공진기 캐비티로서 또는 안정한 공진기 캐비티로서 구성될 수도 있다.

- [0047] 이제 도 7을 참조하면, 본 발명의 실시예의 양상에 따른 시스템을 부분적으로 개략 도시되어 있다. 가공물(130)은 도 7의 예에서 도시하는 바와 같이, 주사 방향에 수직하는 방향에서 약 365-730 mm 길이로, 즉 가공물(130)의 원하는 길이를, 예컨대 처리 대상이 아닌 일부 경계를 갖는 그 치수에서 커버할 수 있는 충분히 긴 길이에서 가늘고 긴 빔에 의해 주사될 수 있는 a-Si의 박막층(140)을 포함할 수 있다. 주사 방향에서의 주사는 빔(120)의 치수에 따라 결정화 존을 커버하는 펄스 출력 레이저 광 빔의 각 펄스와 함께 이루어질 수 있으며, 빔의 치수는, 예컨대 어떤 원하는 길이에서 의도적으로 결정을 구속하여 프레시한 결정 성장이 연속 펄스에 의해 개시되게 하기 위해서, 펄스를 스킵할 수 있는 후술하는 경우를 제외하고는 각 펄스에서 빔이 조사하는 연속 결정화 존의 오버랩을 보장할 수 있는 피치를 갖는 365 mm x 5-20 μm 이다.
- [0048] 예컨대, 주사 방향에서 펄스의 선폭이 5 μm 인 경우, 3 μm 피치가 선택될 수 있어, 펄스마다 주사 방향의 펄스의 선폭에서 약 40 %의 오버랩이 있게 된다.
- [0049] SLS용 가공물에서 필요로 하는 에너지 밀도가 1 J/cm²이고 빔이 730 mm x 0.01 mm이라면, 73 nJ이 필요하고, 레이저로부터 가공 스테이지로의 투과율이 705 이라고 할 때, 레이저로부터 적어도 100 mJ이 필요하게 된다. 빔 반복율이 4 KHz이고 주사 피치가 예컨대 2 μm /펄스라면 2 μm * 4 KHz = 8 mm/s의 스테이지 주사 속도가 필요하게 된다.
- [0050] 본 발명의 실시예의 양상에 따르면, 공간 빔 세기 프로파일은, 가능한 한 날카롭게 유지되어야 하는데, 즉 프로파일의 측벽의 경사도는 10 μm 펄스폭(FWHM)의 약 .2 μm 미만의 세기의 약 10 %로부터 그 세기의 90 %이어야 하는데, 즉 경사도가 약 >9이어야 한다. 빔 프로파일의 충분히 가파르지 않는 경우에, 결정화 영역(존)에 변동을 일으키는 에너지 밀도 변동으로 인해, 주사 방향의 결정화 영역의 총 폭에는 변화가 있을 수 있고 측면 성장 길이가 더 짧을 수 있다.
- [0051] 도 7은 가공물의 전체 길이 또는 폭이 처리될 수 없는 경우가 있을 수 있음을 도시하고 있는데, 예컨대 경계(142)는 최초 전후에 또는 최후 주사된 결정화 존 다음에 가공물의 단부에, 즉 주사 방향과 거의 수직하는 빔의 종축 범위를 넘는 엷지를 따라 의도적으로 남겨질 수 있다. 본 명세서에 사용되는 가공물의 전체 범위란 의미는 가공물 그 자체가 전부 실제로 처리되는 지에 관계없이, 예컨대 결정화를 위해, 예컨대 본 발명의 양상에 따른 가늘고 긴 빔에 의한 1회 주사 시에 가공물의 원하는 부분 상에서 길이 및 폭으로의 원하는 결정화를 형성하려는 가공물의 원하는 커버리지 범위를 나타낸다.
- [0052] 이제 도 8과 도 9를 참조하면, 본 발명에 따른 유용한 빔 전달 및 빔 처리 시스템(200)을 본 발명의 실시예의 양상에 따라 도시하고 있다. 이 시스템은 펄스형 레이저 출력 광 빔(190)을 취하여 그것을 빔 전달 유닛(208)과 빔 처리 유닛(220)을 통해 가공 스테이지, 예컨대 가공 스테이지(204)에 전달할 수 있다. 빔 전달 유닛(208)은 빔 위치 및 지향, 그리고 빔 에너지를 측정하고 유효 피드백 제어를 BDU(208) 내의 회전 미러(210)에 제공할 수 있는 빔 안정 계측 모듈(206)(SMM)을 구비할 수 있다.
- [0053] 이 시스템은 피드백 제어 시에 빔(190)을 가공 스테이지(205) 상의 가공물(130)에서의 조사량 제어를 위해 예컨대 약 5 %-50 %만큼 감쇠시킬 수 있는 감쇠기(202)를 포함할 수 있다. 감쇠기(202)는 냉각 유닛(204)을 포함할 수 있다. 또한, 시스템(200)은 빔 안정 제어 모듈("BSC")(210)과 함께 빔 안정 계측 모듈("SMM")(206)을 구비할 수도 있다. BDU(208)의 출력은 빔 처리 모듈(220)에 수신된다.
- [0054] 또한, 빔(190)의 경로에는 작동 솔레노이드(232)에 의해 BDU(208) 내에서 빔(190)의 경로에 삽입되거나 그 경로로부터 추출될 수 있는 빔 감쇠기(230)가 있을 수 있다. 이것은 빔을, 예컨대 저 레벨의 빔 세기에서의 다운스트림 계측을 위해 최대 약 99 %까지 감쇠시키는데 이용될 수 있다. 처리전(raw) 빔 프로파일러(240)는 빔 분리를 작동시키는 솔레노이드(244)를 이용하여 빔 분리기(242)를 빔(190)의 경로에 삽입함으로써 빔을 레이저 시스템(160) 근처에서 프로파일하는데 이용될 수 있다.
- [0055] 빔 분리기(246)는 빔(190)의 소부분을 SMM(206)으로 방향을 돌리는데 이용될 수 있으며, 이 SMM은 빔 처리 모듈(220)로의 입사 직전에 빔(190)을 계측할 수 있다. SMM은 빔 위치, (각도) 지향 및 에너지를 모니터링할 수 있으며, 이들 파라미터에 관한 정보를, 예컨대 프로그래밍된 컴퓨터 프로세서를 포함하는 메인 컨트롤러(280) 및/또는 BSC에 제공할 수 있으며, 이 컴퓨터 프로세서는 예컨대 RS-422를 통해 레이저 시스템(160), BSC(210), 그리고 가공물 프로파일 및 에너지 검출기/제어기(270)와도 통신할 수 있다. BSC는 외부 레이저 출력 에너지 제어를 위해 그리고 감쇠 제어를 위해 레이저 및 감쇠기와 직접 통신할 수 있으며, 펄스폭 모니터(260)로의 출력부를 구비할 수도 있다.
- [0056] 빔을, 예컨대 전력 측정기의 카메라로 측정하기 위한 서비스 튜브, 수동으로 동작될 수 있는 작동 솔레노이드

(254)에 의해 빔(190)의 경로에 삽입된 빔 분리기(190)를 이용하여 빔 처리 모듈(220)의 입사 전에 빔(190)의 경로에 수동 삽입될 수 있다.

- [0057] 또한 시스템은 하나 이상의 BDU(208) 빔 경로를 퍼지(purge)하도록 기능할 수 있는 질소 퍼지 모듈(272), 빔 처리 모듈(220) 및 가공 스테이지(205)를 구비할 수도 있다.
- [0058] 안전 센서(274)는 빔 처리 모듈 및/또는 가공 스테이지(205)를 퍼지하기 위한 N₂ 솔레노이드 밸브와 함께 동작할 수 있다.
- [0059] 빔(190)의 경로에 배치될 수 있는 셔터(248)는 빔(190)이 빔 처리 모듈(220)에 입사하는 것을 막는다.
- [0060] 유효 빔 안정화, 예컨대 BDU(208)에서의 회전 미러(210)의 피드백 제어가 없다면, 예컨대 100 내지 200 μrad 만큼이나 빔 지향 드리프트가 과도하게 커질 수 있다. 그러나, 안정화 제어로, 임의의 타겟의 약 ±25 μrad로 일탈이 유지될 수 있으며, 이 정도는 레이저 듀티 사이클과 무관하게 이루어질 수 있는 것이다. 예컨대 지향 및 각도 등의 빔 파라미터의 유효 피드백 제어가 없으며, 지향 일탈 등의 비교적 고속의 일탈은 듀티 사이클 변화로 인해 적어도 부분적으로, 즉 최대 약 200 μrad 부근까지 발생할 수 있으며, 버스트간 변화가 예컨대 ±50 μrad이다. 동작에 있어서 시스템(200)은 레이저 출구에서 빔 프로파일 및 전력 형태로 계측 및 제어를, SMM(Stabilization Metrology Module)을 이용한 유효 빔 드리프트(각도 및 위치)를, 빔 전달, 빔 처리 및 빔 이용을 통해 에너지 안정성을 유지하기 위한 에너지 센서 피드백을, 가공 스테이지 상의 기관에서의 프로파일 모니터링을, 가공 스테이지 상의 기관에서 빔을 최적화하기 위해 빔 전달 광학계에 프로파일 모니터 피드백을, 그리고 가공 스테이지에서 또 SMM에서 에너지 모니터로부터 레이저에 대한 전력 모니터 피드백을 제공할 수 있다.
- [0061] 시스템은, 예컨대 적어도 920 mm의 가공 길이, 필요하다면 선폭 해상도 < 0.05 μm, 단방향 반복율 < ± 0.25 μm, 정확도 < ± 1 μm, ~ 20 μm에 대한 자동포커스 시스템의 파라미터로 동작할 수 있다.
- [0062] 본 발명의 실시예의 양상에 따르면, SMM은 빔 지향 및 위치와 프로그래밍된 컨트롤러(도시 생략)를 BSC 컴퓨터 각각의 에러 신호로 측정하도록 기능하고, 이 에러 신호는 레이저 에너지 출력, 레이저 트리거 및 감쇠기 (202)와 같은 것들을 제어하는 메인 컨트롤러(280)에 의해 이용된다. 다음의 표 1에는 가공물에서의 고정된 N.A에 대하여 등가의 시스템에서의 감축 결과의 변화를 나타내고 있다.

표 1

[0063]

파라미터	감축		
	5x	10x	20x
NA 가공물	0.170	0.170	0.170
백 포커스	100 mm	100 mm	100 mm
NA 마스크	0.034	0.0170	0.0085
단축 efl	100 mm	200 mm	400 mm
단축 피치	700 μm	700 μm	700 μm
라인폭 마스크	110 μm	220 μm	440 μm
라인폭	22 μm	22 μm	22 μm
라인폭	24 μm	24 μm	24 μm
셀 수	~ 10	~ 10	~ 10
길이	~ 1700 mm	~ 2200 mm	~ 3200 mm
마스크 치수 (에너지 밀도)	150 mm x 100 μm (700 mJ/cm ²)	150 mm x 200 μm (350 mJ/cm ²)	150 mm x 400 μm (175 mJ/cm ²)

- [0064] 본 발명의 양상에 따르면, 보타이 효과(bowtie effect), 즉 빔의 장축에서 빔의 길이 방향의 단부를 향하여 빔의 단축으로 빔의 확장이 일어난다. 단축에서의 5-20 μm 빔의 경우, 빔의 단부에서, 예컨대 ± 182.5 mm에서 예컨대 20 μm이 약 40 μm과 60 μm 사이에서 성장한다. 이러한 빔의 단축에서의 400 μm 라인폭에 대한 빔의 확장은 무시해도 좋다. 그러나, 본 발명의 실시예의 양상에 따르면, 빔의 장축의 중심에서의 빔 라인폭에 따라, 이 빔의 약 2X와 12X 사이의 성장은 용납될 수 없다. 분리 LSF는 더 적은 라인 보타이 효과로 이루어질 수 있다. 빔 종축 단부에서의 성능은, 장축 상에서의 라인폭 성장, 장축 균일성 손실 및 마스크 면을 통한 통

합 효율의 손실을 비롯해 여러면에서 악화된다. 이것은 장축 균일성, 라인 단부에서의 조사량 및 안정성을 평가할 것이며, 또한 본 발명의 실시예에 양상에 따른 가늘고 긴 빔 ELA 시스템에서의 사양으로부터의 처리율을 평가할 것이다.

[0065] 이 라인 보타이는 빔의 장축과 단축 사이의 비측면 광선 상호작용, 즉 마스크면에서 포커싱하는 단축과 장축 발생의 상호 작용 및 기하학적 길이를 포함하는 적어도 2가지 요인에 의해 생성된다. 출원인은 장축의 중심으로부터의 거리에 따라 빔을 차이나게 굴절하는 합성 "포테이토 칩" 렌즈, 예컨대 단축 필드 광학계의 출력에 위치하는 한 쌍의 약한(저전력), 교차된 원통형 렌즈를 이용하여 라인 보타이 효과의 원하지 않은 충격을 줄이는 방법을 제안한다. 라인 보타이에 대한 다른 요인은 단축 감축 렌즈에서의 기울기와 단축 어레이의 셀 내에서의 기울기인 것으로 간주되며, 이들은 단축의 포커스에서의 비넛(vignet)을 통한 부작용에 있어서 교정 가능한 것으로 또는 적어도 감소 가능한 것으로 간주된다.

[0066] 또한, 비균일성은 빔 코히어런트로 인한 간섭에 의해 생성된 얼룩의 결과일 수 있으며, 그러한 얼룩 및 코히어런트 문제를 겪지 않을 수 있는 발산도가 큰 레이저의 경우 그러한 문제가 없을 수 있다. 이러한 간섭 영향은 합성된 "포테이토 칩" 렌즈 등의 분산형 지연 장치를 통해 감소될 수 있으며, 분산형 지연 장치는 P. Dainesi의 "_", Applied Optics (1997)에 개시되어 있는 바와 같이 공지되어 있으며, 이 문헌은 본 명세서의 참조 문헌으로 포함된다.

[0067] 출원인은 가공물에서의 빔 사이즈가 예컨대 365 mm x 5-20 μm , 필드 거리가 예컨대 18 mm 그리고 펄스 스트레칭이 없는 경우 에너지 밀도가 400-1000 mJ/cm^2 , 펄스 스트레칭이 있는 경우 > 600 mJ/cm^2 , 실행 가능성이 약 755 듀티 사이클인 시스템을 제안하고 있다. 또한, 이 구상된 시스템은 예컨대 약 0.13의 N.A., DOF가 예컨대 >±10 μm 인 약 20과 5 사이의 역배율, @ 2.0 μm L/S 패턴, 10 %와 100 % 사이의 감쇠기 투과율, 및 수동 모드 동작시의 감쇠기 안정도 < 0.5%를 가질 수 있다. 또한, 본 발명은 마스크 사이즈 예컨대 5 또는 6 인치, 마스크 두께 120밀리, 수동 또는 자동(선택적) 정렬, 1160 mm x 400 mm x 1 mm의 x, y, z 이동을 갖는 마스크를 이용할 수 있는데, 해상도는 x = 0.1 μm , y = 0.02 μm 및 z = 0.5 μm 이며 전체 이동 면적에서의 정확도가 < ±1.0이고, 이동 속도는 최대 약 500 mm/s이다. 또한, 세타 이동은 1.0 ° 로 간주된다. 또한, 약 351에서 XeF에 대한 더블 피크와 약 351의 다른 측에서 XeF에 대한 제2 피크, 약 29±5 ns(FWHM), 예컨대 30 ns, 예컨대 100 ns 또는 ≥200 ns 떨어진 2개의 펄스의 경우(FWHM)의 경우의 펄스 폭, 약 40x10⁶ 이상의 펄스의 가스 수명을 이용한다고 할 때, 펄스 에너지는 적어도 77 mJ/펄스, 반복율은 적어도 4 KHz, 전력은 300 W, 출력 파장은 약 351 nm인 것으로 간주된다.

[0068] 빔의 샘플링을 간단하게 위해서는 선형 편광이 바람직하다. 제1 균질기에 입사하는 빔폭은, 단축에서 빔 근접 회절이 제한되는 경우, 예컨대 단축의 휘손으로 야기되는 공간 코히어런트와 가공물에서의 10 μm 빔과, 15 % 균일성 타격을 예컨대 150 mJ에서 만족시키기 위한 ± 2 %의 빔 안정도에 대해서, 30mm x 30mm인 것으로 간주된다.

[0069] 빔 전달 유닛의 투과율 72.30 %과 펄스 스트레처의 펄스 투과율 65.36 %이면 주사 길이 0.01 mm, 주사 폭 730 mm, 및 주사 길이의 방향으로 주사 선포의 75-80 % 오버랩을 갖는 것으로 간주된다. 이들은, 예컨대 최소 에너지 154 mJ, 전력 618 W를 갖는 레이저에 의해 달성될 수 있다.

[0070] 포커스 깊이가 > 100 μm (±50 μm), 상면 만곡도(image field curvature) < 20 μm (±10 μm), 장축에서의 빔 균질도 < 10 %(±5 %)와 < 5 %(±2.5 %), 빔 경사도 < 10 μm (10 %-90 %)가 고려된다. 동작에 있어서, 출원인이 가늘고 긴 빔에 의한 적절한 SLS 성능에 관련된 2개의 결정적인 양상에 집중하는 것을 이해되어야 하는데, 즉 수평 빔 발산도는, 예컨대 0.15 mrad @ 1/e²에 조준하는 저전력의 크로스 실린더(원통형) 렌즈에 의해 처리되며, 처음에 레이저로부터 발산도가 낮으면 기판에서의 필요로 하는 스폿 사이즈 10 내지 20 μm 를 달성하는 것이 용이하고, 수평 빔을 수평 경사도 < 10 μm , 즉 50 μrad 를 유지하도록 지향하는 것은 유효 빔 조정을 고속으로 행함으로써, 예컨대 BDU에서 달성된다.

[0071] 도 10a는 본 발명의 실시예의 양상에 따른 마스크면에 전달된 빔의 단축에서의 세기 프로파일의 예를 도시하는데, 측면 경사도 0.02 μm 의 10 % 내지 90 %와 약 130 μm FWHM의 빔 선포를 나타내고 있다. 도 10b는, 마스크로부터 10 % 내지 90 %가 빠져나가는, 경사도 약 0.01 μm , 약 100 μm FWHM의 빔을 형성하기 위해 필드 조리개 슬릿(마스크)에 의해 트리밍/초평된 빔을 나타내고 있다. 도 11은 예컨대 90 %에서 <20 μm , 경사도 $\Delta I/\Delta x < 7 \mu\text{m}$, $\Delta I < 5 \%$ 를 갖는 가공물의 단축에서 관찰된 펄스 빔 폭을 단축으로 나타내고 있다.

[0072] 도 12a는 보타이 측면 빔 폭 발산을 가진 빔의 일례를 나타내고, 도 12b는 본 발명의 실시예의 양상에 따라

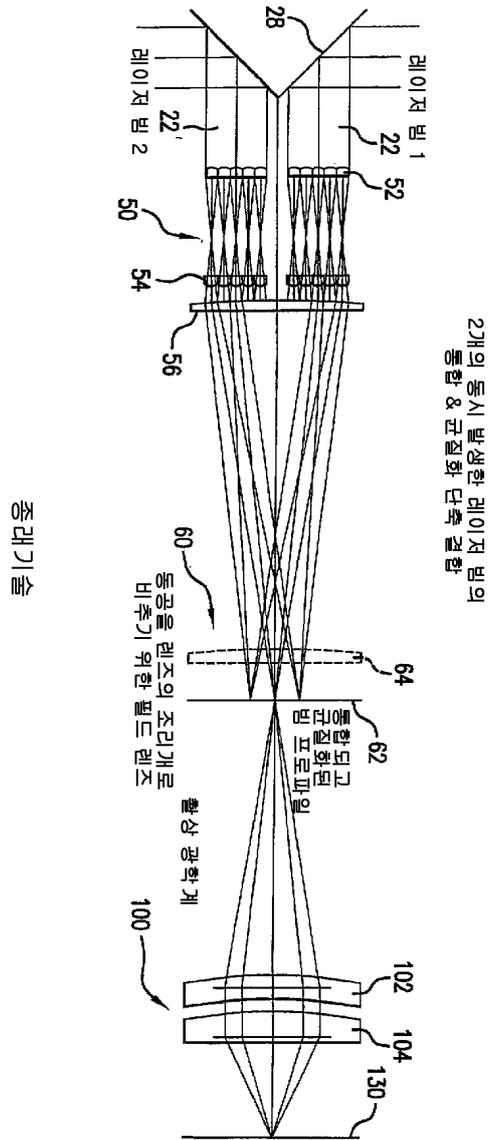
제거된 발산을 가진 빔을 나타내고 있다.

- [0073] 도 13는 보타이 발산 교정 광학 요소를 포함하는 본 발명의 양상에 따른 광학 시스템을 나타내고 있다.
- [0074] XeF는 주어진 파장의 실리콘 반사도가 매우 낮아지는 영역 안에 351 nm 부근의 중심 파장이 있기 때문에 그리고 그 파장에 대해 연속 흡수가 매우 높기 때문에, 본 발명의 양상에 따른 적절한 레이저 시스템이지만, 이 파장 이상에서는, 달성하기에 매우 어려운, 가공물로서의 에너지 전달을 필요한 레벨까지 급격하게 떨어진다. 또한, 351 nm는 광학 구성요소 훼손 고려대상이 다소 바람직하게 그리고 저렴하게 충족될 수 있는 DUV의 범위 내에 있지만, 그러한 높은 펄스 반복율에서 쉽게 공칭 파장, 예컨대 KrF의 경우 248보다 떨어지기 때문에 광학 구성요소 훼손 방지 고려대상을 충족하기에 보다 어렵고 고가일 수 있다.
- [0075] 또한, 출원인은 레이저와 가공물 사이에 있는 광학 트레인에서 장축 광학계 앞에 단축 광학계를 배치해야 하는 요구를 인식하였다.
- [0076] 본 발명의 양상에 따르면, 단축에서의 라인폭이, $LW_{vert} = p_v f_s [(f_1+f_2) - \alpha]$ 이며, 여기서, p_v 는 예컨대 균질기에서 각각의 채널을 형성하는 개별 원통형 렌즈의 단축의 폭이고, α 는 광학 경로를 따른 그러한 원통형 렌즈의 제1 및 제2 बैं크 간의 거리이며, f_s 는 단축 균질기의 포커스 광학계에 관련된다. 가공물 LW_{op} 에서의 LW 은 LW_{vert} 가 곱해지는 감축비("RED")와 같다. $LW_{IFF} + 244 \lambda (f/\text{슬릿 개구}) = 244 \lambda (F_{short}/p_v)$ 이다. 또한, 마스크의 LW_{DIFF} 는 대략 $RED(LW_{DIFF})$ 와 같다. 라인폭 발산도 LW_{DIV} 은 대략, 시스템의 f_{s1} 와 레이저 빔의 단축 발산도 θ_s 를 곱한 것과 같다. 채널마다 시스템의 $f_{si} = (f_1/f_2) * f_{short axis} * RED$ 이며, 예컨대 50/45 곱하기 100 mm 곱하기 1/5X를 하면, $LW_{DIV} = 20 \text{ mm} \times 0.0001$, 즉 약 $2 \mu\text{m}$ 이다. 한 열에 있는 렌즈 f_1 and f_2 는 직진하며 조준하고 있다. 어떤 제어 일정 함수의 경우, 예컨대 $J = RED LW_v + LW_{DIFF} = LW_{DIV}$ 이며, J 는 예컨대 어떤 시스템 제약, 예컨대 p_v 와 f_s 에 대해서 최소화된 대상물이다. θ_{si} 발산도는 레이저의 $\theta_{short axis}$ 배수이다(레이저의 W_L/W_s). 이것은 레이저 발산 또는 코히어런트 중 하나 또는 양쪽이 문제를 일으킬 때까지 적용된다. $\alpha < f_1 + f_2$ 하지 않으면, 인접한 채널에서 누화가 발생하여, 예컨대 가공물에서의 화상에 줄무늬가 있게 된다. 또한, f_1 와 f_2 는 필드 조리개에서, 따라서 가공물에서 균일성과 측벽 경사도를 제어하도록 조절될 수 있다. 측벽의 수직 상태에서의 엣지 흐릿함은 기하학적 비점수차와 레이저 발산도 양쪽과 함수 관계에 있다.
- [0077] 본 발명의 양상에 따르면, 출원인은 관련 기술의 수백 μm 의 라인폭에 비교해서 가공물에 매우 가늘고 긴 빔을 제공하는 것을 제안하고 있다. 또한, 본 발명의 양상에 따르면, 출원인은 장축 어레이를 포함하는 것을 제안하고 있다.
- [0078] 본 발명의 양상에 따르면, 에너지가 높고 반복률이 높은 가공물 표면 가열 기구를 제공하며, 이 기구는 4000 Hz에서 또는 그 이상에서 동작하고 약 351 nm의 중심 파장에서 레이저 출력 광 펄스 빔을 생성하는 펄스형 XeF 레이저와, 레이저 출력 광 펄스 빔을 그 레이저 출력 광 펄스 빔의 단축에서 20 μm 미만으로 좁게 하고 레이저 출력 광 펄스 빔을 확장하여 장축의 가공물 커버 영역, 예컨대 370 mm 또는 930 mm을 빔의 장축에서 형성하는 광학 시스템과, 가열 대상 층을 구비하는 가공물을 포함하고, 광학 시스템은, 레이저와 가공물 사이에 필드 조리개를 포함하고, 광학 시스템은 필드 조리개에서 레이저 출력 광 펄스 빔을, 너무 높은 세기 레벨에서의 빔 프로파일을 차단하지 않도록, 예컨대 종래 기술에서와 같이 FWHM에서 또는 그 이상에 반대하여 약 5-10 % 세기에서 빔 프로파일을 트리밍 또는 초핑하지 않고 필드 조리개가 충분히 경사진 빔 프로파일을 유지하게 하도록 충분히 경사진 측벽을 갖는 세기 프로파일을 유지하도록 충분히 확대하여 필드 조리개에 포커싱한다.
- [0079] 또한, 본 발명은 광학 펄스 내에 텔레센트릭 컨버전 렌즈를, 전술한 다른 형태에서 또는 그의 다른 형태와 같은 보타이 교정 기구 등의 장축 원뿔 발산 균질기, 또한 단축에서의 같은 것을 포함할 수 있다.

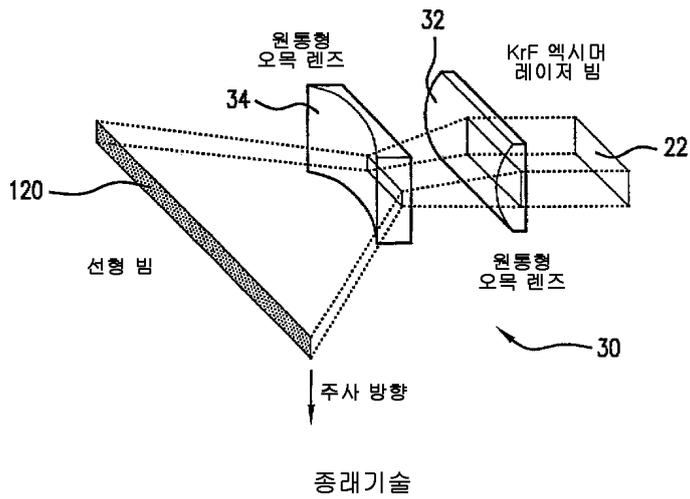
도면의 간단한 설명

- [0029] 도 1은 본 발명의 실시예의 양상에 따른 광학 시스템의 양상을 예시하는 광학 레이아웃을 나타내는 도면이다.
- [0030] 도 2는 도 1의 광학 시스템의 다른 도면이다.
- [0031] 도 3은 빔을 단축으로 확대하고 장축으로 확장하기 위한 렌즈 조합부(30)를 나타내는 도면이다.
- [0032] 도 4는 장축 빔 균질기에서 수행된 빔 균질화의 효과를 나타내는 렌즈 어셈블리의 예를 나타내는 도면이다.

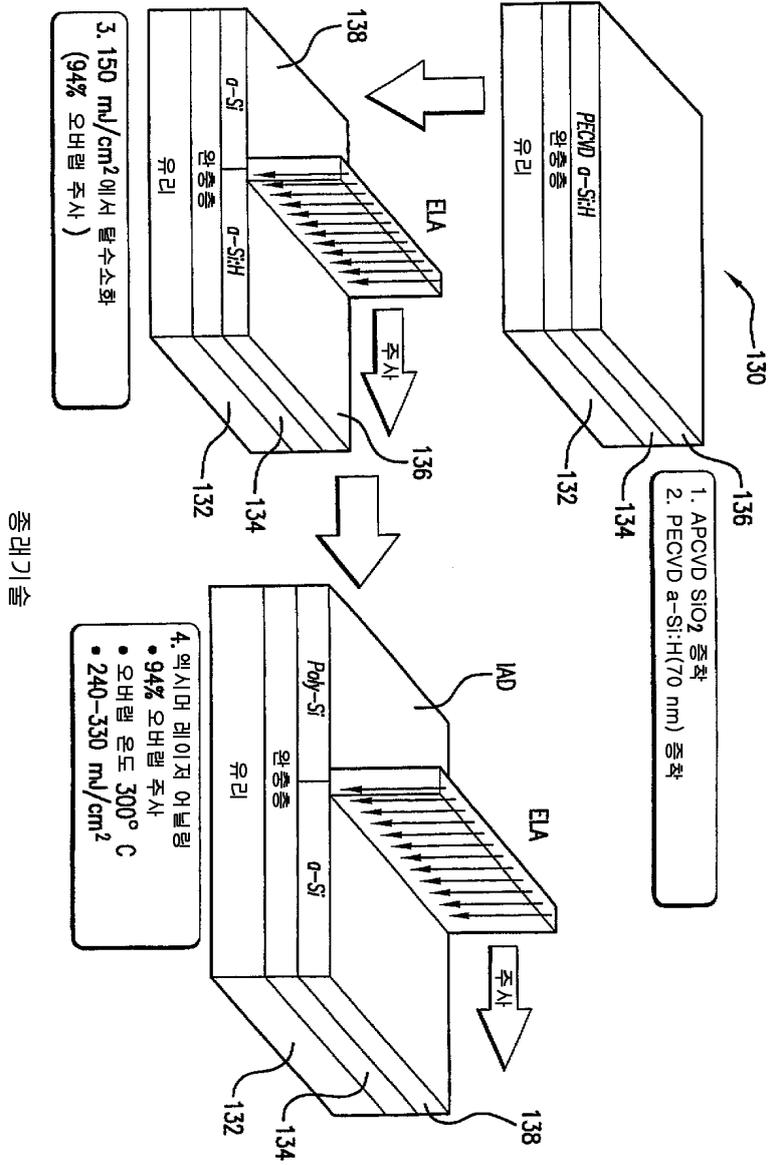
도면2



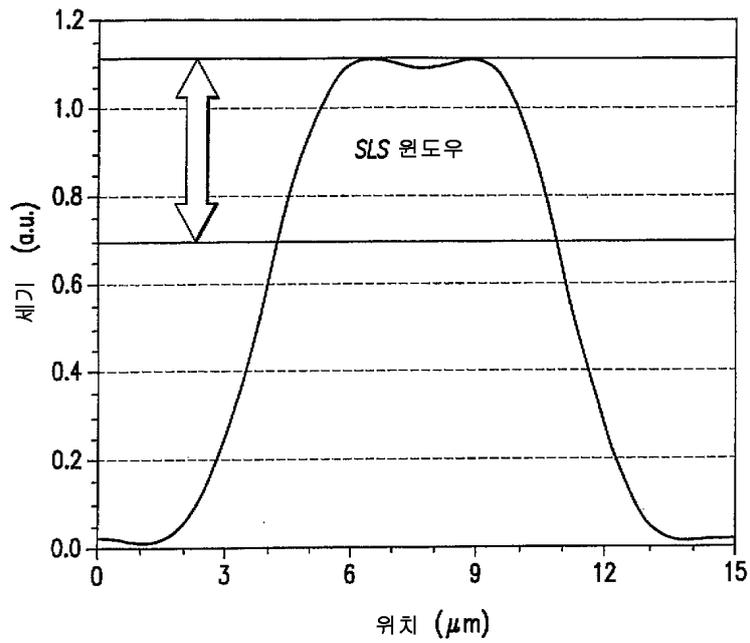
도면3



도면4

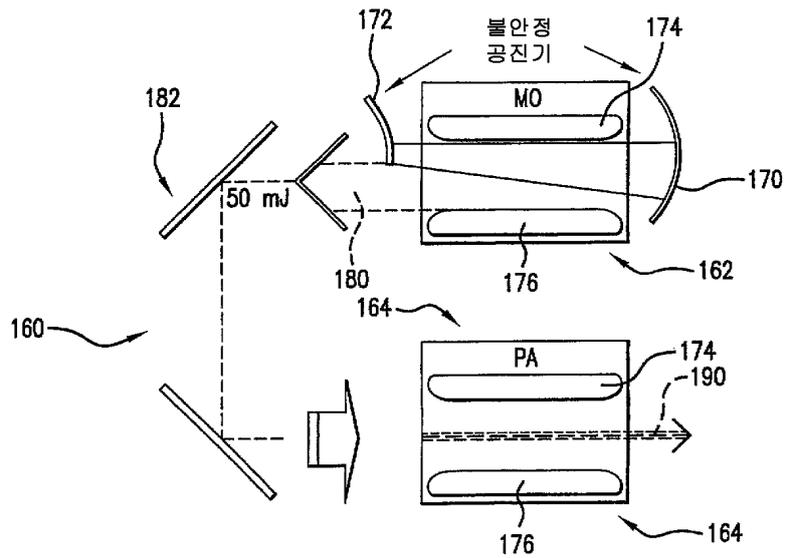


도면5

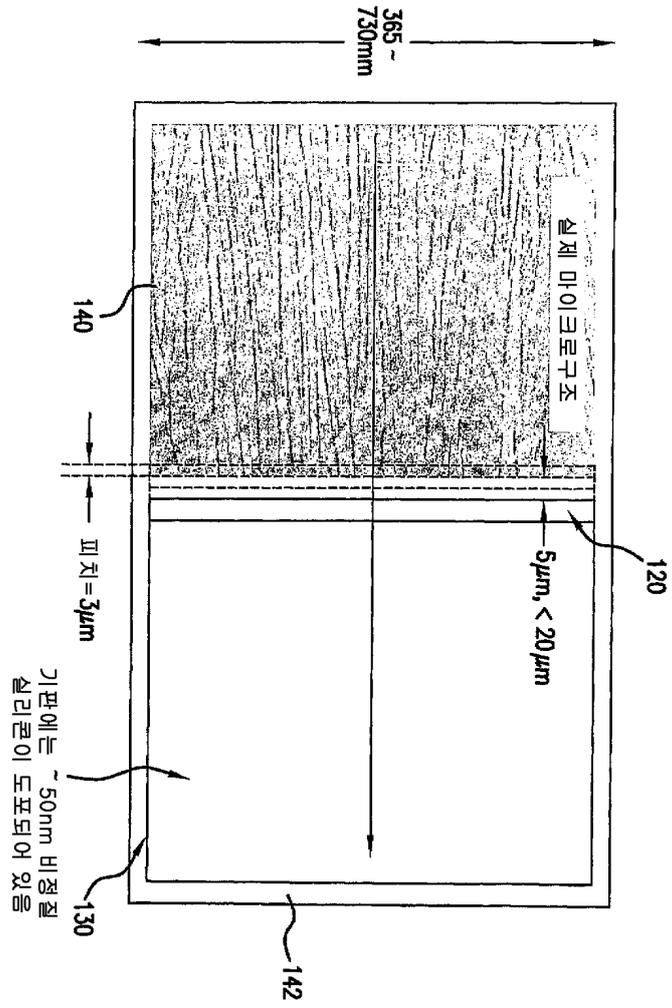


종래기술

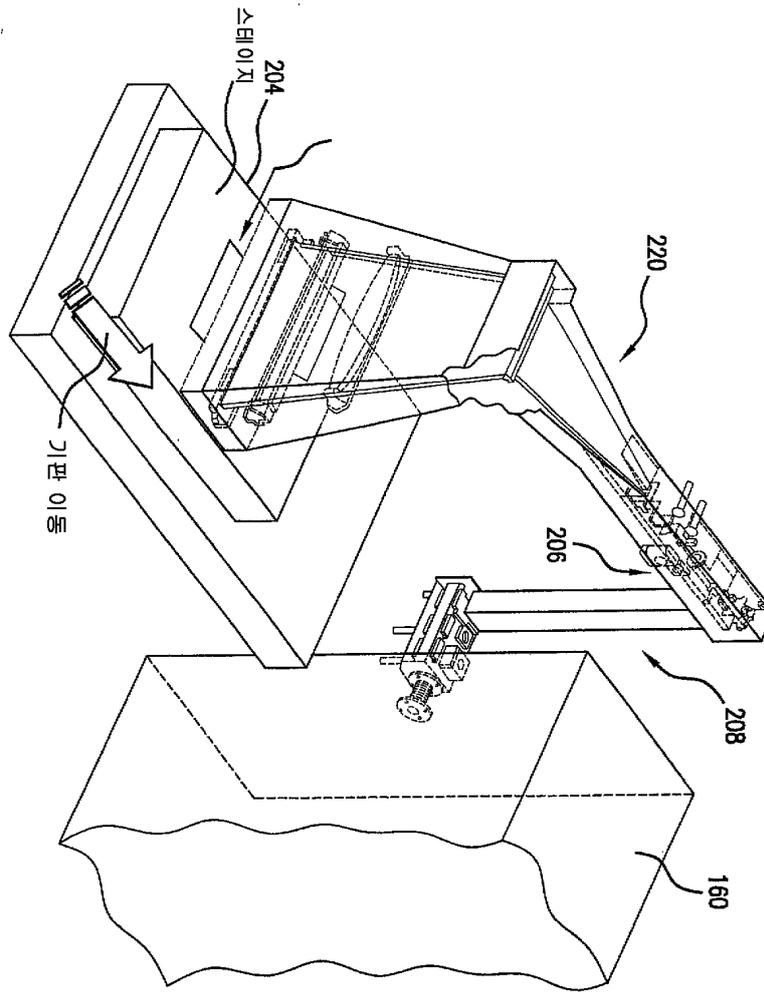
도면6



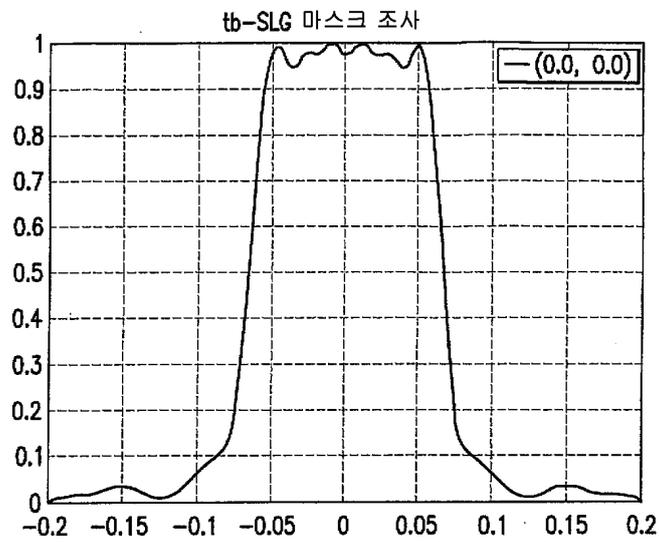
도면7



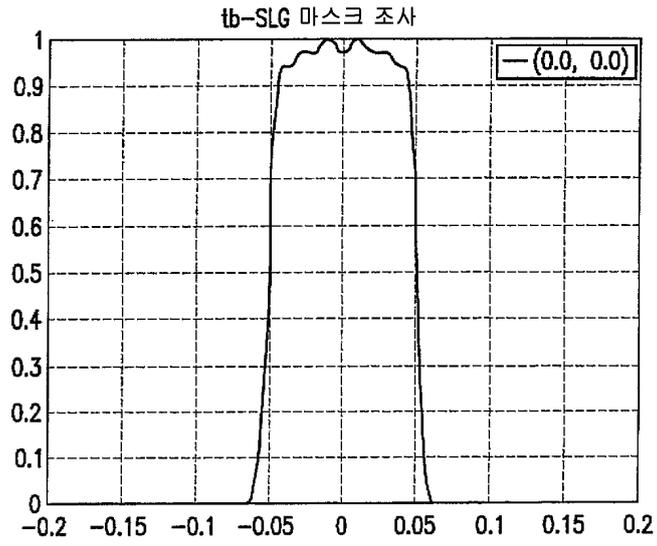
도면9



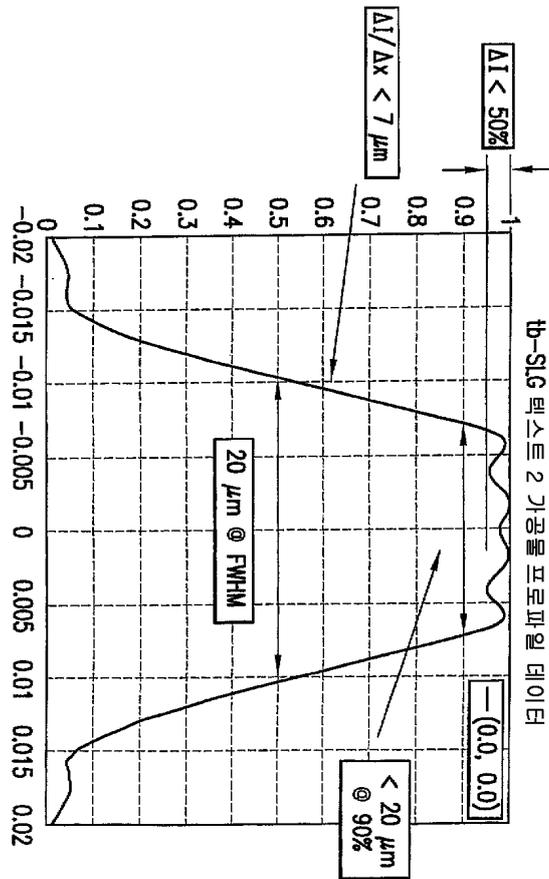
도면10a



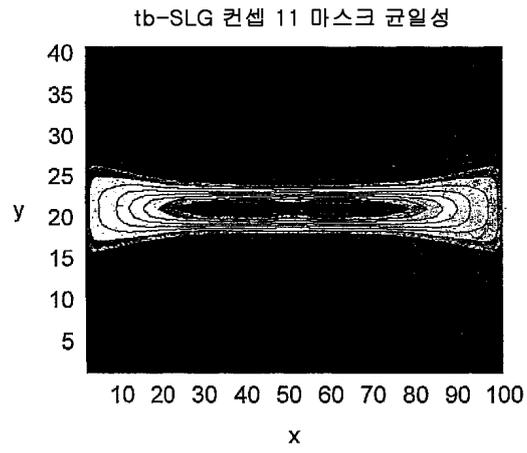
도면10b



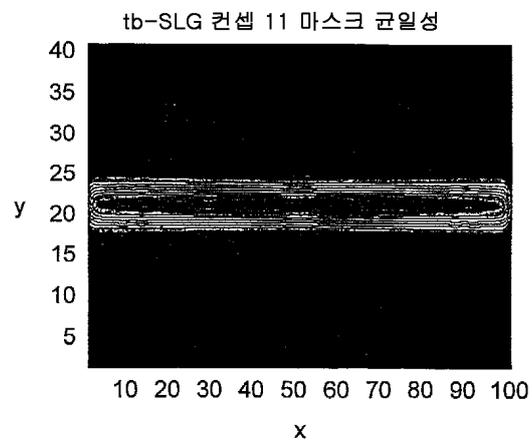
도면11



도면12a



도면12b



도면13

