

(12) 특허협력조약에 의하여 공개된 국제출원

(19) 세계지식재산권기구
국제사무국

(43) 국제공개일
2015년 2월 5일 (05.02.2015)



(10) 국제공개번호
WO 2015/016624 A1

- (51) 국제특허분류:
B23K 26/06 (2014.01)
- (21) 국제출원번호: PCT/KR2014/007026
- (22) 국제출원일: 2014년 7월 31일 (31.07.2014)
- (25) 출원언어: 한국어
- (26) 공개언어: 한국어
- (30) 우선권정보:
10-2013-0092015 2013년 8월 2일 (02.08.2013) KR
10-2014-0097628 2014년 7월 30일 (30.07.2014) KR
10-2014-0097629 2014년 7월 30일 (30.07.2014) KR
- (71) 출원인: 한국기계연구원 (KOREA INSTITUTE OF MACHINERY & MATERIALS) [KR/KR]; 305-343 대전시 유성구 가정북로 156, Daejeon (KR).
- (72) 발명자: 노지환 (NOH, Ji-Whan); 305-343 대전시 유성구 가정북로 156, Daejeon (KR). 손현기 (SOHN, Hyon Kee); 305-343 대전시 유성구 가정북로 156, Daejeon (KR). 강희신 (KANG, Hee-shin); 305-343 대전시 유성구 가정북로 156, Daejeon (KR).
- (74) 대리인: 팬코리아특허법인 (PANKOREA PATENT AND LAW FIRM); 135-080 서울시 강남구 논현로 85길 70, 13F, Seoul (KR).

(81) 지정국 (별도의 표시가 없는 한, 가능한 모든 종류의 국내 권리의 보호를 위하여): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KN, KP, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

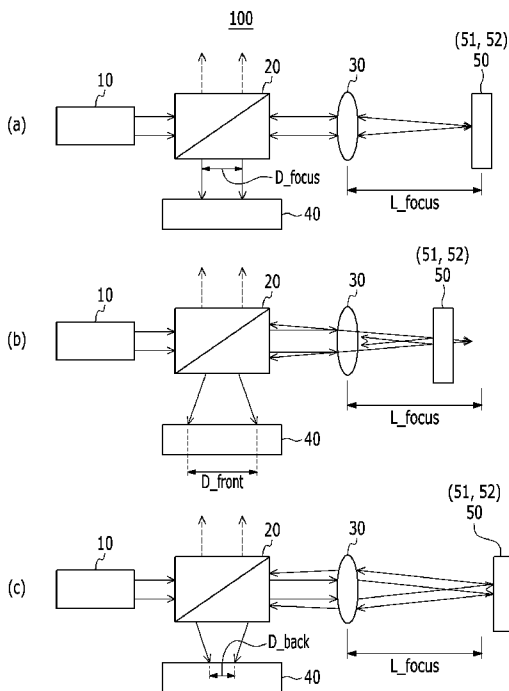
(84) 지정국 (별도의 표시가 없는 한, 가능한 모든 종류의 역내 권리의 보호를 위하여): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), 유라시아 (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), 유럽 (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

공개:

— 국제조사보고서와 함께 (조약 제 21 조(3))

(54) Title: LASER PROCESSING APPARATUS HAVING FOCUS MEASUREMENT FUNCTION AND LASER PROCESSING METHOD

(54) 발명의 명칭 : 포커스 측정 기능을 가지는 레이저 가공 장치 및 레이저 가공 방법



(57) Abstract: Provided are a laser processing apparatus capable of measuring a first focus position of an object to be processed by using a processing laser without a separate laser device for focus measurement, and a laser processing method using the same. The laser processing apparatus comprises a laser light source, a beam splitter, a first light focusing unit, and a beam profiler. The beam splitter splits a laser beam emitted from the laser light source into a reflected beam and a transmitted beam, and the first light focusing unit causes the transmitted beam to be focused on the object to be processed. The beam profiler receives the laser beam reflected by the object to be processed and passing through the first light focusing unit and the beam splitter, and measures the profile changes of the laser beam according to a change in position of the object to be processed.

(57) 요약서: 별도의 포커스 측정용 레이저 설비를 구비하지 않고 가공용 레이저를 이용하여 가공 대상물의 제 1 포커스 위치를 측정할 수 있는 레이저 가공 장치 및 이를 이용한 레이저 가공 방법을 제공한다. 레이저 가공 장치는 레이저 광원, 빔 스플리터, 제 1 광 집속부, 및 빔 프로파일러를 포함한다. 빔 스플리터는 레이저 광원에서 방출된 레이저 빔을 반사 빔과 투과 빔으로 분리시키고, 제 1 광 집속부는 투과 빔을 가공 대상으로 집속시킨다. 빔 프로파일러는 가공 대상물에서 반사되어 제 1 광 집속부와 빔 스플리터를 거친 레이저 빔을 수광하고, 가공 대상물의 위치 변화에 따른 레이저 빔의 프로파일 변화를 측정한다.

명세서

발명의 명칭: 포커스 측정 기능을 가지는 레이저 가공 장치 및 레이저 가공 방법

기술분야

- [1] 본 발명은 별도의 포커스 측정용 레이저 설비를 구비하지 않고 가공용 레이저를 이용하여 가공 대상물의 포커스 위치를 측정할 수 있는 레이저 가공 장치 및 이를 이용한 레이저 가공 방법에 관한 것이다.

배경기술

- [2] 가공 대상물에 레이저를 조사하여 가공 대상물의 표면에 홈을 형성하거나, 가공 대상물의 내부에 변질층을 형성하거나, 가공 대상물에 열을 가하여 물질 특성을 변화시키는 등의 다양한 레이저 가공 방법이 사용되고 있다. 그런데 대부분의 경우 레이저 가공 장치와 포커스 측정용 레이저 설비를 따로 구비하고 있으므로 전체 시스템 구성이 복잡해지고, 설비 가격이 상승하게 된다.

발명의 상세한 설명

기술적 과제

- [3] 본 발명은 별도의 포커스 측정용 레이저 설비를 구비하지 않고 가공용 레이저를 이용하여 가공 대상물의 포커스 위치를 측정할 수 있는 레이저 가공 장치 및 이를 이용한 레이저 가공 방법을 제공하고자 한다.

과제 해결 수단

- [4] 본 발명의 제1 실시예에 따른 레이저 가공 장치는 레이저 광원에서 방출된 레이저 빔을 반사 빔과 투과 빔으로 분리시키는 빔 스플리터, 투과 빔을 가공 대상으로 집속시키는 제1 광 집속부, 가공 대상물에서 반사되어 제1 광 집속부와 빔 스플리터를 거친 레이저 빔을 수광하고, 가공 대상물의 위치 변화에 따른 레이저 빔의 프로파일 변화를 측정하는 빔 프로파일러를 포함한다.
- [5] 레이저 가공 장치는 빔 스플리터와 제1 광 집속부 사이에 선택적으로 배치되는 제2 빔 프로파일러를 더 포함할 수 있다.
- [6] 본 발명의 제1 실시예에 따른 레이저 가공 방법 중 하나는, 빔 프로파일러에서 제1 가공 대상물의 위치 변화에 따른 레이저 빔 이미지의 직경 변화를 측정하는 제1 단계와, 레이저 빔으로 제1 가공 대상물을 가공하여 제1 가공 대상물의 위치 변화에 따른 가공 선포의 변화를 측정하는 제2 단계와, 가공 선포가 최소가 되는 제1 가공 대상물의 위치를 제1 포커스 위치로 선정하여 포커스 직경을 구하는 제3 단계와, 빔 프로파일러에서 포커스 직경이 측정되도록 제2 가공 대상물을 제1 포커스 위치에 배치하고, 레이저 빔으로 제2 가공 대상물을 가공하는 제4 단계를 포함한다.
- [7] 제1 가공 대상물은 시험편일 수 있고, 제2 가공 대상물은 실제 가공이 이루어지는 제품일 수 있다. 제3 단계에서 구한 포커스 직경과 제1 포커스

위치는 복수의 제2 가공 대상물의 위치 선정에 동일하게 적용될 수 있다.

- [8] 본 발명의 제1 실시예에 따른 레이저 가공 방법 중 다른 하나는, 빔 스플리터와 제1 광 집속부 사이의 임의 위치에 제2 빔 프로파일러를 배치하는 제1 단계와, 제2 빔 프로파일러에 입사한 레이저 빔 이미지의 직경을 측정하는 제2 단계와, 제2 단계에서 측정된 레이저 빔 이미지의 직경과 제2 빔 프로파일러에서 빔 프로파일러에 이르는 광 경로 길이 및 레이저 빔의 수렴각으로부터 포커스 직경을 계산하는 제3 단계와, 빔 프로파일러에서 포커스 직경이 측정되도록 가공 대상물을 제1 포커스 위치에 배치하고, 레이저 빔으로 가공 대상물을 가공하는 제4 단계를 포함한다.
- [9] 본 발명의 제2 실시예에 따른 레이저 가공 장치는 레이저 광원에서 방출된 레이저 빔을 반사 빔과 투과 빔으로 분리시키는 빔 스플리터, 반사 빔을 제공받아 빔 스플리터로 재반사시키는 미러, 투과 빔을 가공 대상으로 집속시키는 제1 광 집속부, 빔 스플리터와 제1 광 집속부 사이에 선택적으로 위치하는 차단판, 미러에서 반사되어 빔 스플리터를 통과한 레이저 빔을 수광하고, 레이저 빔의 프로파일을 측정하는 빔 프로파일러를 포함한다.
- [10] 본 발명의 제2 실시예에 따른 레이저 가공 방법 중 하나는, 미러를 이용하여 빔 스플리터에서 분리된 반사 빔을 빔 스플리터로 재반사시키는 제1 단계와, 빔 프로파일러에 입사된 레이저 빔 이미지의 직경을 포커스 직경으로 선정하는 제2 단계와, 빔 프로파일러에서 포커스 직경이 측정되도록 가공 대상물을 제1 포커스 위치에 배치하고, 레이저 빔으로 가공 대상물을 가공하는 제3 단계를 포함한다.
- [11] 본 발명의 제2 실시예에 따른 레이저 가공 방법 중 다른 하나는, 미러를 이용하여 빔 스플리터에서 분리된 반사 빔을 빔 스플리터로 재반사시키는 제1 단계와, 빔 프로파일러에 입사된 레이저 빔 이미지의 직경을 측정하는 제2 단계와, 제2 단계에서 측정된 레이저 빔 이미지의 직경과 레이저 빔의 수렴각으로부터 포커스 직경을 계산하는 제3 단계와, 빔 프로파일러에서 포커스 직경이 측정되도록 가공 대상물을 제1 포커스 위치에 배치하고, 레이저 빔으로 가공 대상물을 가공하는 제4 단계를 포함한다.
- [12] 제3 단계는, 빔 스플리터와 제1 광 집속부 사이의 임의 위치에 가상의 제2 빔 프로파일러를 배치하고, 제2 빔 프로파일러에 입사하는 레이저 빔 이미지의 직경을 계산하는 단계와, 계산된 제2 빔 프로파일러의 레이저 빔 이미지의 직경, 제2 빔 프로파일러와 빔 프로파일러 사이의 광 경로 길이, 및 레이저 빔의 수렴각으로부터 포커스 직경을 계산하는 단계를 포함할 수 있다.
- [13] 전술한 제1, 제2 실시예에 따른 레이저 가공 장치에서, 레이저 광원은 무질서 편광 상태의 레이저 빔을 방출하고, 빔 스플리터는 레이저 빔의 파워에 따라 반사 빔과 투과 빔을 분리시킬 수 있다.
- [14] 다른 한편으로, 레이저 광원은 P파와 S파를 포함하는 레이저 빔을 방출하고, 빔 스플리터는 레이저 빔의 편광에 따라 반사 빔과 투과 빔을 분리시킬 수 있다.

레이저 가공 장치는 빔 스플리터와 제1 광 집속부 사이에 위치하는 1/4 파장판을 더 포함할 수 있다.

- [15] 전술한 레이저 가공 장치는 레이저 광원과 빔 스플리터 사이에 위치하는 레이저 파워 조절부를 더 포함할 수 있다. 레이저 파워 조절부는 빔 프로파일러를 구성하는 전하결합소자(CCD)의 임계값에 따라 레이저 빔의 파워를 조절할 수 있다. 레이저 파워 조절부는 적어도 하나의 선형 편광판과 반파장판을 포함하거나, 적어도 하나의 중성 농도 필터를 포함할 수 있다.
- [16] 본 발명의 제3 실시예에 따른 레이저 가공 장치는 레이저 광원, 레이저 광원에서 방출된 레이저 빔 중 축 빔을 통과시키고, 비축 빔을 회절시키는 회절 소자, 회절 소자에서 방출된 축 빔 및 비축 빔을 각각 반사 빔과 투과 빔으로 분리시키는 빔 스플리터, 투과 빔을 가공 대상으로 집속시키는 제1 광 집속부 및 가공 대상물에서 반사되어 제1 광 집속부와 빔 스플리터를 거친 레이저 빔을 수광하고, 가공 대상물의 위치 변화에 따른 레이저 빔의 프로파일 변화를 측정하는 빔 프로파일러를 포함할 수 있다.
- [17] 제1 광 집속부는 집속 렌즈이거나, 광 스캐너일 수 있다.
- [18] 레이저 가공 장치는 회절 소자와 제1 광 집속부 사이에 배치되어 비축 빔 중 일부를 차단하는 차단판을 더 포함할 수 있다.
- [19] 차단판은 2 이상이 회절 소자와 빔 스플리터 사이에 배치될 수 있고, 차단판은 회절 소자를 기준으로 상, 하, 좌, 우 방향에 각각 배치될 수도 있다.
- [20] 본 발명의 제4 실시예에 따른 레이저 가공 장치는 P파 편광된 레이저 빔을 방출하는 레이저 광원, 위상차를 발생시켜 P파 편광된 레이저 빔의 일부를 S파로 변경시키는 1/4 파장판, 1/4 파장판에서 방출된 레이저 빔 중 P파를 통과시키고, S파를 굴절시키는 복굴절 소자, 복굴절 소자에서 방출된 P파와 S파를 각각 반사 빔과 투과 빔으로 분리시키는 빔 스플리터, 투과 빔을 가공 대상으로 집속시키는 광 집속부 및 가공 대상물에서 반사되어 제1 광 집속부와 빔 스플리터를 거친 레이저 빔을 수광하고, 가공 대상물의 위치 변화에 따른 레이저 빔의 프로파일 변화를 측정하는 빔 프로파일러를 포함할 수 있다.
- [21] 본 발명의 제4 실시예에 따른 레이저 가공 방법은, 회절 소자에서 상기 레이저 빔 중 축 빔을 통과시키고 비축 빔을 회절시키는 제1 단계, 빔 프로파일러에서 제1 가공 대상물의 위치 변화에 따른 축 빔 및 비축 빔 이미지의 직경 변화를 측정하는 제2 단계, 축 빔으로 제1 가공 대상물을 가공하여 제1 가공 대상물의 위치 변화에 따른 가공 선포의 변화를 측정하는 제3 단계, 가공 선포가 최소가 되는 제1 가공 대상물의 위치를 제1 포커스 위치로 선정하는 제4 단계, 제1 가공 대상물이 제1 포커스 위치에 있을 때 빔 프로파일러 상 축 빔 및 비축 빔 이미지의 위치를 기준 위치로 설정하는 제5 단계 및 제2 가공 대상물을 제1 포커스 위치에 배치하고, 축 빔으로 제2 가공 대상물을 가공하면서 축 빔 및 비축 빔 이미지의 위치가 기준 위치로부터 벗어나는 정도를 측정하는 제6 단계를 포함할 수 있다.

- [22] 레이저 가공 방법은 제1 광 집속부를 이동시켜 축 빔 및 비축 빔 이미지의 위치가 기준 위치에 도달하도록 조정하는 제7 단계를 더 포함할 수 있다.
- [23] 기준 위치는 축 빔 및 비축 빔 이미지의 중심점 좌표이거나, 축 빔 이미지와 비축 빔 이미지 간 간격일 수 있다.
- [24] 본 발명의 제5 실시예에 의한 레이저 가공 장치는 레이저 광원, 레이저 광원에서 방출된 레이저 빔을 반사 빔과 투과 빔으로 분리시키는 빔 스플리터, 투과 빔을 가공 대상으로 집속시키는 제1 광 집속부, 가공 대상물에서 반사되어 제1 광 집속부와 빔 스플리터를 거친 레이저 빔을 수광하고, 가공 대상물의 위치 변화에 따른 레이저 빔의 프로파일 변화를 측정하는 빔 프로파일러 및 빔 스플리터와 빔 프로파일러 사이에 배치되어 제1 광 집속부와 빔 스플리터를 거친 레이저 빔을 빔 프로파일러로 집속시키는 제2 광 집속부를 포함할 수 있다.
- [25] 제1 광 집속부는 광 스캐너일 수 있으며, 가공 대상물은 틸팅 샤프트(tilting shaft)를 구비한 틸팅 롤(tilting roll)일 수 있다.
- [26] 본 발명의 제5 실시예에 따른 레이저 가공 방법은, 제1 가공 대상물을 배치하여 제1 광 집속부, 제2 광 집속부 및 빔 프로파일러의 위치를 교정(calibration)하는 제1 단계, 제2 가공 대상물을 배치하여 빔 프로파일러에서 제2 가공 대상물의 위치 변화에 따른 레이저 빔 이미지의 직경 변화를 측정하는 제2 단계, 레이저 빔 이미지의 직경이 최소가 되는 제2 가공 대상물의 위치를 제1 포커스 위치로 선정하는 제3 단계, 제2 가공 대상물이 제1 포커스 위치에 있을 때 빔 프로파일러 상 레이저 빔 이미지의 위치를 기준 위치로 설정하는 제4 단계 및 레이저 빔으로 제2 가공 대상물을 가공하면서 기준 위치로부터 벗어난 레이저 빔 이미지의 위치를 측정하는 제5 단계를 포함할 수 있다.
- [27] 제5 단계에서 측정되는 레이저 빔 이미지의 위치 정보는 레이저 빔 이미지의 직경 정보와 레이저 빔 이미지의 중심점 좌표 정보 중 적어도 어느 하나일 수 있다.
- [28] 레이저 가공 방법은 제5 단계에서 측정된 레이저 빔 이미지의 위치가 제4 단계에서 설정된 기준 위치와 일치하도록 제2 가공 대상물의 위치 또는 제1 광 집속부의 위치 중 적어도 어느 하나를 조정하는 제6 단계를 더 포함할 수 있다.

발명의 효과

- [29] 본 발명의 실시예들에 따르면, 별도의 포커스 측정용 레이저 설비를 구비하지 않고도 가공용 레이저를 이용하여 가공 대상물의 포커스 위치를 정확하게 측정할 수 있다. 그 결과, 레이저 가공 장치의 전체 구성을 간소화할 수 있으며, 제조 비용도 낮출 수 있다.

도면의 간단한 설명

- [30] 도 1은 본 발명의 제1 실시예에 따른 레이저 가공 장치의 개략도이다.
- [31] 도 2는 도 1에 도시한 레이저 가공 장치를 이용한 레이저 가공 방법을 나타낸 공정 순서도이다.

- [32] 도 3은 도 2에 도시한 제1 단계에서 제1 가공 대상물의 위치 변화에 따른 레이저 빔 이미지의 직경 변화를 나타낸 그래프이다.
- [33] 도 4는 도 2에 도시한 제2 단계에서 제1 가공 대상물의 위치에 따른 가공 홈의 모양을 나타낸 개략도이다.
- [34] 도 5는 도 2에 도시한 제2 단계에서 제1 가공 대상물의 위치 변화에 따른 가공 선평의 변화를 나타낸 그래프이다.
- [35] 도 6은 본 발명의 제2 실시예에 따른 레이저 가공 장치의 개략도이다.
- [36] 도 7은 도 6에 도시한 레이저 가공 장치를 이용한 레이저 가공 방법을 나타낸 공정 순서도이다.
- [37] 도 8은 도 6에 도시한 레이저 가공 장치에서 레이저 빔의 발산각을 고려한 경우를 나타낸 개략도이다.
- [38] 도 9는 도 8에 도시한 레이저 가공 장치를 이용한 레이저 가공 방법을 나타낸 공정 순서도이다.
- [39] 도 10은 본 발명의 제3 실시예에 따른 레이저 가공 장치의 개략도이다.
- [40] 도 11은 도 10에 도시한 레이저 가공 장치를 이용한 레이저 가공 방법을 나타낸 공정 순서도이다.
- [41] 도 12는 본 발명의 제4 실시예에 따른 레이저 가공 장치의 개략도이다.
- [42] 도 13은 빔 프로파일러에 입사하는 레이저 빔을 나타낸 개략도이다.
- [43] 도 14는 본 발명의 제5 실시예에 따른 레이저 가공 장치의 개략도이다.
- [44] 도 15는 본 발명의 제6 실시예에 따른 레이저 가공 장치의 개략도로, 상기 레이저 가공 장치의 (a) 제1 포커스 위치를 선정하는 과정, (b) 제1 포커스 위치에서 가공 대상물을 이동시키는 과정, (c) 광 집속부를 이동시켜 제1 포커스 위치를 재설정하는 과정을 나타낸 것이다.
- [45] 도 16은 도 15에 도시한 레이저 가공 장치를 이용한 레이저 가공 방법을 나타낸 공정 순서도이다.
- [46] 도 17은 도 16에 도시한 제2 단계에서 제1 가공 대상물의 위치 변화에 따른 가공 선평의 변화를 나타낸 그래프이다.
- [47] 도 18은 도 15의 (a) 내지 (c) 단계에서 빔 프로파일러에 상에 표시되는 회절 빔 이미지의 좌표 변화를 나타낸 도면이다.
- [48] 도 19는 도 15의 (a) 내지 (c) 단계에서 빔 프로파일러에 표시되는 축 빔 이미지와 비축 빔 이미지 간 간격 변화를 나타낸 도면이다.
- [49] 도 20은 도 15에 도시한 레이저 가공 장치의 제1 변형예로, 회절 소자 및 차단판을 나타낸 사시도이다.
- [50] 도 21은 도 15에 도시한 레이저 가공 장치의 제2 변형예를 나타낸 개략도이다.
- [51] 도 22는 도 21에 도시한 광 스캐너와 가공 대상물 간 거리 변화에 따른 빔 프로파일러 상 축 빔과 비축 빔 이미지 간 간격 변화를 나타낸 그래프이다.
- [52] 도 23은 본 발명의 제7 실시예에 따른 레이저 가공 장치의 개략도이다.
- [53] 도 24는 본 발명의 제8 실시예에 따른 레이저 가공 장치의 개략도이다.

- [54] 도 25는 도24 에서 빔 프로파일러에 표시되는 레이저 빔 이미지의 위치를 각각 나타낸 개략도이다.
- [55] 도 26은 도 24에 도시한 레이저 가공 장치를 이용한 레이저 가공 방법을 나타낸 공정 순서도이다.
- [56] 도 27은 도 26에 도시한 제1 단계에서 제2 광 집속부의 위치 변화에 따른 레이저 빔 이미지의 직경 변화를 나타낸 그래프이다.
- [57] 도 28은 도 26에 도시한 제2 단계에서 제2 가공 대상물의 위치 변화에 따른 레이저 빔 이미지의 직경 변화를 나타낸 그래프이다.
- [58] 도 29는 도 26에 도시한 제5 단계에서 가공 대상물이 틸트 회전하는 것을 나타낸 개략도이다.
- [59] 도 30은 도 26에서 빔 프로파일러에 표시되는 레이저 빔 이미지의 위치를 각각 나타낸 개략도이다.
- [60] 도 31은 도 26에 도시한 제5 단계에서 가공 대상물의 틸트 회전각 변화에 따른 레이저 빔 이미지의 중심점 좌표와 기준 좌표와의 거리 변화를 나타낸 그래프이다.
- [61] 도 32는 도 29의 (a)의 틸트 회전각 변화에 따른 레이저 빔 이미지의 중심점 좌표와 기준 좌표와의 거리 변화 및 레이저 빔 이미지의 형상 변화를 나타낸 그래프이다.
- [62] 도 33은 도 29의 (b)의 틸트 회전각 변화에 따른 레이저 빔 이미지의 중심점 좌표와 기준 좌표와의 거리 변화 및 레이저 빔 이미지의 형상 변화를 나타낸 그래프이다.
- [63] 도 34는 도 24에 도시한 레이저 가공 장치의 응용예를 나타낸 개략도이다.
- [64] <부호의 설명>
- [65] 100, 200, 300, 400, 500, 600, 601, 602, 700, 800, 900: 레이저 가공 장치
- [66] 10: 레이저 광원 20: 빔 스플리터
- [67] 30: 제1 집속부 제1 광 집속부 31: 제2 광 집속부
- [68] 40: 빔 프로파일러 50, 51, 52, 54: 가공 대상물,
- [69] 53: 틸팅 롤 55: 가공 홈
- [70] 60: 복굴절 소자 61: 미러
- [71] 62(62a, 62b, 62c, 62d): 차단판 70: 레이저 파워 조절부
- [72] 80: 1/4 파장판 90: 회절 소자
- [73] 91: 슬릿

발명의 실시를 위한 형태

- [74] 이하, 첨부한 도면을 참고로 하여 본 발명의 실시예에 대하여 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자가 용이하게 실시할 수 있도록 상세히 설명한다. 본 발명은 여러 가지 상이한 형태로 구현될 수 있으며 여기에서 설명하는 실시예에 한정되지 않는다.

- [75] 도 1은 본 발명의 제1 실시예에 따른 레이저 가공 장치의 개략도이다.
- [76] 도 1을 참고하면, 제1 실시예의 레이저 가공 장치(100)는 레이저 광원(10), 빔 스플리터(beam splitter)(20), 제1 광 집속부(30), 및 빔 프로파일러(beam profiler)(40)를 포함한다.
- [77] 레이저 광원(10)은 레이저 빔을 생성한다. 레이저 빔은 가공 대상물(50)의 실제 가공에 사용되는 가공용 레이저 빔이다. 빔 스플리터(20)는 레이저 빔의 경로 상에 위치하며, 레이저 빔을 반사 빔과 투과 빔으로 분리시킨다. 제1 실시예에서는 빔 스플리터(20)의 반사 빔을 점선으로 도시하였고, 투과 빔을 실선으로 도시하였다.
- [78] 레이저 광원(10)에서 생성된 레이저 빔은 출력되는 에너지의 전자기장 벡터가 시간에 따라 일정한 방향성을 가지지 않는 무질서 편광(random polarization) 상태일 수 있다. 이 경우 빔 스플리터(20)는 레이저 빔의 파워에 따라 반사 빔과 투과 빔을 나눌 수 있으며, 이때 투과 빔의 파워는 반사 빔의 파워보다 높다.
- [79] 제1 광 집속부(30)는 투과 빔의 경로 상에 위치하여 투과 빔을 가공 대상물(50)로 집속시킨다. 제1 실시예에서는 제1 광 집속부(30)로 집속 렌즈를 사용한다. 가공 대상물(50)에 조사된 투과 빔은 가공 대상물(50)의 표면에서 반사되고, 제1 광 집속부(30)를 거쳐 다시 빔 스플리터(20)에 제공된다. 그리고 빔 스플리터(20)에서 분할된 반사 빔이 빔 프로파일러(40)에 제공된다. 한편, 제1 실시예에서는 제1 광 집속부(30)의 포커스 위치를 제1 포커스 위치(L_focus)로 정의한다.
- [80] 빔 프로파일러(40)는 복수의 전하결합소자(charge coupled device, CCD)를 내장한 수광 센서로서, 제공받은 레이저 빔의 프로파일을 측정한다. 이때 가공 대상물(50)은 제1 광 집속부(30)와의 거리가 변하도록 움직일 수 있으며, 가공 대상물(50)의 위치 변화에 따라 빔 프로파일러(40)에 도달하는 레이저 빔의 크기가 변한다. 빔 프로파일러(40)는 가공 대상물(50)의 위치 변화에 따른 빔 프로파일(직경)의 변화를 측정한다.
- [81] 도 1의 (a)는 가공 대상물(50)이 제1 광 집속부(30)의 제1 포커스 위치(L_focus)에 있는 경우를 나타낸다. 이 경우 가공 대상물(50)에서 반사된 레이저 빔은 평행 빔의 형태로 빔 스플리터(20)에 도달하고, 빔 스플리터에서 분할된 반사 빔도 평행 빔의 형태로 빔 프로파일러(40)에 도달한다. 도 1의 (a)에서 빔 프로파일러(40)에 도달한 레이저 빔 이미지의 직경(포커스 직경)을 D_focus로 표시하였다.
- [82] 도 1의 (b)는 가공 대상물(50)이 제1 광 집속부(30)의 제1 포커스 위치(L_focus)보다 앞쪽에 있는 경우를 나타낸다. 이 경우 가공 대상물(50)에서 반사된 레이저 빔은 발산 빔의 형태로 빔 스플리터(20)에 도달하고, 빔 스플리터(20)에서 분할된 반사 빔도 발산 빔의 형태로 빔 프로파일러(40)에 도달한다. 도 1의 (b)에서 빔 프로파일러(40)에 도달한 레이저 빔 이미지의 직경을 D_front로 표시하였으며, D_front는 D_focus보다 큰 값을 가진다.

- [83] 도 1의 (c)는 가공 대상물(50)이 제1 광 집속부(30)의 제1 포커스 위치(L_focus)보다 뒤쪽에 있는 경우를 나타낸다. 이 경우 가공 대상물(50)에서 반사된 레이저 빔은 수렴 빔의 형태로 빔 스플리터(20)에 도달하고, 빔 스플리터(20)에서 분할된 반사 빔도 수렴 빔의 형태로 빔 프로파일러(40)에 도달한다. 도 1의 (c)에서 빔 프로파일러(40)에 도달한 레이저 빔 이미지의 직경을 D_back으로 표시하였으며, D_back은 D_focus보다 작은 값을 가진다.
- [84] 도 2는 도 1에 도시한 레이저 가공 장치를 이용한 레이저 가공 방법을 나타낸 공정 순서도이다.
- [85] 도 1과 도 2를 참고하면, 레이저 가공 방법은 빔 프로파일러(40)에서 제1 가공 대상물(51)의 위치 변화에 따른 레이저 빔 이미지의 직경 변화를 측정하는 제1 단계(S10)와, 레이저 빔으로 제1 가공 대상물(51)을 가공하여 제1 가공 대상물(51)의 위치 변화에 따른 가공 선평의 변화를 측정하는 제2 단계(S20)와, 레이저 가공 방법은 가공 선평이 최소가 되는 제1 가공 대상물(51)의 위치를 제1 포커스 위치(L_focus)로 선정하여 포커스 직경(D_focus)을 구하는 제3 단계(S30)와, 빔 프로파일러(40)에서 포커스 직경(D_focus)이 측정되도록 제2 가공 대상물(52)을 제1 포커스 위치(L_focus)에 배치하고, 레이저 빔으로 제2 가공 대상물(52)을 가공하는 제4 단계(S40)를 포함한다.
- [86] 제1 가공 대상물(51)은 포커스 직경(D_focus)을 구하기 위한 시험편(specimen)이며, 제2 가공 대상물(52)은 실제 가공이 이루어지는 제품이다. 제1 가공 대상물(51)을 이용하여 한번 포커스 직경을 구한 다음에는 복수의 제2 가공 대상물(52)에 대해 포커스 직경(D_focus)을 다시 구하는 작업 없이 연속으로 레이저 가공을 수행할 수 있다. 전술한 레이저 가공 방법은 제1 광 집속부의 배율을 알고 있는 경우에 적용될 수 있다.
- [87] 보다 구체적으로, 제1 단계(S10)에서 제1 가공 대상물(51)이 레이저 가공 장치에 장착된다. 그리고 레이저 광원(10)에서 레이저 빔을 발진시키고, 제1 가공 대상물(51)의 위치를 변화시키면서 빔 프로파일러(40)에서 레이저 빔 이미지의 직경 변화를 측정한다. 빔 프로파일러(40)는 데이터 저장부(도시하지 않음)와 연결되어 측정 데이터를 상기 데이터 저장부로 전송한다. 이때 레이저 빔은 출력이 감소된 레이저 빔으로서, 제1 가공 대상물(51)을 가공하지 않고 제1 가공 대상물(51)의 표면에서 반사된다.
- [88] 도 3은 도 2에 도시한 제1 단계에서 제1 가공 대상물의 위치 변화에 따른 레이저 빔 이미지의 직경 변화를 나타낸 그래프이다.
- [89] 도 1과 도 3을 참고하면, 제1 가공 대상물(51)의 위치가 변함에 따라 빔 프로파일러(40)에 도달하는 레이저 빔 이미지의 직경이 변한다. 즉 제1 포커스 위치(L_focus)를 기준으로 제1 가공 대상물(51)이 제1 포커스 위치(L_focus)보다 앞쪽에 위치할수록 레이저 빔 이미지의 직경이 커지고, 제1 포커스 위치(L_focus)보다 뒤쪽에 위치할수록 레이저 빔 이미지의 직경이 작아진다. 제1 광 집속부(30)의 배율이 정해진 경우라도 제1 단계(S10)에서는 제1 가공

- 대상물(51)의 제1 포커스 위치(L_focus)와 포커스 직경(D_focus)을 알 수 없다.
- [90] 제2 단계(S20)에서, 제1 가공 대상물(51)의 위치를 변화시키면서 제1 가공 대상물(51)에 레이저 빔을 조사하여 제1 가공 대상물(51)을 여러번 가공한다. 그러면 제1 가공 대상물(51)에는 레이저 빔에 의한 복수의 가공 홈이 형성되는데, 이 가공 홈의 폭(가공 선폭)과 단면 형상은 제1 가공 대상물(51)의 위치에 따라 변한다.
- [91] 도 4는 도 2에 도시한 제2 단계에서 제1 가공 대상물의 위치에 따른 가공 홈의 모양을 나타낸 개략도이다.
- [92] 도 4의 (a)는 제1 가공 대상물(51)이 제1 포커스 위치(L_focus)보다 앞쪽에 있는 경우를 나타내고, (b)는 제1 가공 대상물(51)이 제1 포커스 위치(L_focus)에 있는 경우를 나타낸다. 그리고 (c)는 제1 가공 대상물(51)이 제1 포커스 위치(L_focus)보다 뒤쪽에 위치하는 경우를 나타낸다. 제1 가공 대상물(51)이 제1 포커스 위치(L_focus)에 가까울수록 가공 홈(55)은 작은 선폭을 가지며, 깊고 날카로운 단면 형상을 나타낸다. 도 4의 (b)에서 최소 가공 선폭을 d_{min} 으로 나타내었다.
- [93] 도 5는 도 2에 도시한 제2 단계에서 제1 가공 대상물의 위치 변화에 따른 가공 선폭의 변화를 나타낸 그래프이다.
- [94] 도 5를 참고하면, 제2 단계(S20)에서 측정되는 가공 선폭은 제1 가공 대상물(51)이 특정 위치(L_focus)일 때 최소 값을 가지며, 이 위치에서 멀어질수록 큰 값을 가진다.
- [95] 제3 단계(S30)에서는 제2 단계(S20)에서 측정한 가공 선폭의 데이터를 이용하여 가공 선폭이 최소가 되는 위치(L_focus)를 제1 포커스 위치(L_focus)로 선정한다. 그리고 제1 단계(S10)에서 측정한 레이저 빔 이미지의 직경 변화 데이터로부터 포커스 직경을 구한다. 즉 도 3의 그래프에서 제1 포커스 위치(L_focus)에 대응하는 레이저 빔 이미지의 직경을 포커스 직경(D_focus)으로 구한다.
- [96] 제4 단계(S40)에서, 제2 가공 대상물(52)을 레이저 가공 장치에 장착하고, 레이저 광원(10)에서 레이저 빔을 발진시킨다. 그리고 빔 프로파일러(40)에서 포커스 직경(D_focus)이 측정되도록 제2 가공 대상물(52)을 움직이며, 포커스 직경(D_focus)이 측정되는 위치(제1 포커스 위치)에 제2 가공 대상물(52)을 정지시킨다. 이어서 제1 포커스 위치(L_focus)에 놓여진 제2 가공 대상물(52)로 출력을 높인 레이저 빔을 조사하여 제2 가공 대상물(52)을 가공한다.
- [97] 제3 단계(S30)에서 구한 포커스 직경(D_focus)과 제1 포커스 위치(L_focus)는 복수의 제2 가공 대상물(52)의 위치 선정에 동일하게 적용된다. 즉 제4 단계(S40) 이후 다른 제2 가공 대상물(52)을 가공하고자 할 때, 제4 단계(S40)에서 지정된 제1 포커스 위치(L_focus)에 제2 가공 대상물(52)을 바로 장착시키거나, 위치 조정이 필요한 경우 빔 프로파일러(40)에서 새로 장착된 제2 가공 대상물(52)에 대한 빔 프로파일을 측정하고, 포커스 직경(D_focus)이 측정되는 위치인 제1

포커스 위치(L_focus)에 제2 가공 대상물(52)을 정지시킬 수 있다.

- [98] 이와 같이 제1 실시예의 레이저 가공 장치(100) 및 방법에 따르면, 별도의 포커스 측정용 레이저 설비를 구비하지 않고도 가공용 레이저를 이용하여 가공 대상물의 제1 포커스 위치(L_focus)를 정확하게 측정할 수 있다. 그 결과, 레이저 가공 장치(100)의 전체 구성을 간소화할 수 있으며, 제조 비용도 낮출 수 있다.
- [99] 도 6은 본 발명의 제2 실시예에 따른 레이저 가공 장치의 개략도이다.
- [100] 도 6을 참고하면, 제2 실시예의 레이저 가공 장치(200)는 미러(61)와 차단판(62)이 추가된 것을 제외하고 전술한 제1 실시예와 같은 구성으로 이루어진다. 제1 실시예와 같은 부재에 대해서는 같은 도면 부호를 사용한다.
- [101] 도 6을 참고하면, 미러(61)는 빔 스플리터(20)에서 분리된 반사 빔의 경로 상에 위치한다. 미러(61)와 빔 프로파일러(40)는 빔 스플리터(20)를 사이에 두고 도면의 수직 방향을 따라 나란히 위치한다. 차단판(62)은 빔 스플리터(20)와 제1 광 집속부(30) 사이에 위치하여 빔 스플리터(20)에서 분리된 투과 빔을 흡수한다. 차단판(62)은 포커스를 측정하는 단계에서만 선택적으로 위치한다.
- [102] 미러(61)는 빔 스플리터(20)에서 분리된 반사 빔을 빔 스플리터(20)를 향해 재반사시키며, 빔 스플리터(20)에 제공된 반사 빔의 대부분은 빔 스플리터(20)를 투과하여 빔 프로파일러(40)에 입사한다. 따라서 빔 프로파일러(40)가 수광하는 레이저 빔은 가공 대상물(50)에서 반사된 레이저 빔이 아닌 미러(61)에서 반사된 레이저 빔이다.
- [103] 제2 실시예의 레이저 가공 장치(200)는 제1 광 집속부(30)의 배율을 모르는 경우에 적용될 수 있으며, 빔 프로파일러(40)에 도달한 레이저 빔 이미지의 직경(D_mirror)을 포커스 직경으로 가정할 수 있다.
- [104] 전술한 도 1의 (a)에 도시한 바와 같이, 제1 실시예에서 가공 대상물(50)이 제1 포커스 위치(L_focus)에 있을 때 가공 대상물(50)에서 반사된 레이저 빔은 평행 빔의 형태로 빔 스플리터(20)에 도달하고, 빔 스플리터(20)에서 분할된 반사 빔도 평행 빔의 형태로 빔 프로파일러(40)에 도달한다.
- [105] 따라서 제2 실시예의 레이저 가공 장치(200)에서 반사 빔의 발산각이 극히 작은 값을 가지거나 0으로 가정해도 무방할 경우, 빔 프로파일러(40)에 도달한 레이저 빔 이미지의 직경(D_mirror)을 포커스 직경으로 가정할 수 있다.
- [106] 도 7은 도 6에 도시한 레이저 가공 장치를 이용한 레이저 가공 방법을 나타낸 공정 순서도이다.
- [107] 도 6과 도 7을 참고하면, 레이저 가공 방법은 미러(61)를 이용하여 빔 스플리터(20)에서 분리된 반사 빔을 빔 스플리터(20)로 재반사시키는 제1 단계(S10)와, 빔 프로파일러(40)에 입사된 레이저 빔 이미지의 직경(D_mirror)을 포커스 직경으로 선정하는 제2 단계(S20)와, 빔 프로파일러(40)에서 포커스 직경이 측정되도록 가공 대상물(50)을 제1 포커스 위치(L_focus)에 배치하고, 레이저 빔으로 가공 대상물(50)을 가공하는 제3 단계(S30)를 포함한다. 차단판(62)은 제1 단계(S10)와 제2 단계(S20)에서 빔 스플리터(20)와 제1 광

집속부(30) 사이에 위치하며, 제3 단계(S30)에서는 레이저 가공 장치(200)에서 제거된다.

- [108] 제1 단계(S10)와 제2 단계(S20)에서 미러(61)와 빔 프로파일러(40)를 이용하여 포커스 직경을 구한다. 제3 단계(S30)에서 가공 대상물(50)을 레이저 가공 장치(200)에 장착하고, 빔 프로파일러(40)에서 포커스 직경이 측정되도록 가공 대상물(50)을 움직인다. 그리고 포커스 직경이 측정되는 위치(제1 포커스 위치)에 가공 대상물(50)을 정지시키고, 가공 대상물(50)로 출력을 높인 레이저 빔을 조사하여 가공 대상물(50)을 가공한다. 제2 단계(S20)에서 구한 포커스 직경과 제1 포커스 위치(L_focus)는 복수의 가공 대상물(50)의 위치 선정에 동일하게 적용된다.
- [109] 도 8은 도 6에 도시한 레이저 가공 장치에서 레이저 빔의 발산각을 고려한 경우를 나타낸 개략도이다. 도 8에서 차단판은 생략하였다.
- [110] 도 8을 참고하면, 레이저 광원(10)에서 방출된 레이저 빔은 소정의 발산각을 가지며, 레이저 빔이 광원(10)에서 빔 스플리터(20)로 입사할 때, 빔 스플리터(20)에서 반사 빔으로 분리될 때, 미러(61)에서 반사 빔이 반사될 때, 빔 스플리터(20)를 투과한 레이저 빔이 빔 프로파일러(40)에 도달할 때 점진적으로 발산된다. 한편, 가공 대상물(50)에서 반사된 레이저 빔은 제1 광 집속부(30)에서 빔 스플리터(20)로 입사할 때, 빔 스플리터(20)에서 빔 프로파일러(40)로 입사할 때 점진적으로 수렴된다.
- [111] 따라서 미러(61)를 통해 빔 프로파일러(40)에 입사한 레이저 빔 이미지의 직경(D_mirror)은 제1 포커스 위치(L_focus)의 가공 대상물(50)에서 반사된 레이저 빔 이미지의 직경(D_specimen)과 다르며, D_mirror를 포커스 직경으로 가정할 수 없다. 레이저 빔의 발산각과 수렴각은 레이저 빔의 종류가 정해지면 알 수 있는 값이다. 빔 프로파일러(40)에 입사한 레이저 빔 이미지의 직경(D_mirror)과 레이저 빔의 발산각 및 수렴각으로부터 포커스 직경(D_specimen)을 계산할 수 있다.
- [112] 도 9는 도 8에 도시한 레이저 가공 장치를 이용한 레이저 가공 방법을 나타낸 공정 순서도이다.
- [113] 도 8과 도 9를 참고하면, 레이저 가공 방법은 미러(61)를 이용하여 빔 스플리터(20)에서 분리된 반사 빔을 빔 스플리터(20)로 재반사시키는 제1 단계(S10)와, 빔 프로파일러(40)에 입사된 레이저 빔 이미지의 직경(D_mirror)을 측정하는 제2 단계(S20)와, 레이저 빔 이미지의 직경(D_mirror)과 레이저 빔의 수렴각으로부터 포커스 직경(D_specimen)을 계산하는 제3 단계(S30)와, 빔 프로파일러(40)에서 포커스 직경이 측정되도록 가공 대상물(50)을 제1 포커스 위치(L_focus)에 배치하고, 레이저 빔으로 가공 대상물(50)을 가공하는 제4 단계(S40)를 포함한다.
- [114] 가공 대상물(50)이 제1 포커스 위치(L_focus)에 존재하는 경우, 가공 대상물(50)에서 반사된 레이저 빔의 경로는 가공 대상물(50)로 입사된 레이저

빔의 경로와 동일하다. 이 원리를 이용하여 포커스 직경(D_{specimen})을 계산할 수 있다.

- [115] 구체적으로, 제3 단계(S30)는 빔 스플리터(20)와 제1 광 집속부(30) 사이의 임의 위치에 가상의 제2 빔 프로파일러(45)를 배치하고, 제2 빔 프로파일러(45)에 입사하는 레이저 빔 이미지의 직경을 계산하는 단계와, 계산된 제2 빔 프로파일러(45)의 레이저 빔 직경, 제2 빔 프로파일러(45)와 빔 프로파일러(40) 사이의 광 경로 길이, 및 레이저 빔의 수렴각으로부터 포커스 직경(D_{specimen})을 계산하는 단계를 포함한다.
- [116] 제2 단계(S20)에서 D_{mirror} 를 측정하여 이 값을 알고 있고, 레이저 빔의 발산각도 알고 있으며, 광원(10)에서 제2 빔 프로파일러(45)에 이르는 광 경로 길이(광원(10)과 빔 스플리터(20) 사이의 거리 및 빔 스플리터(20)와 제2 빔 프로파일러(45) 사이의 거리 합)를 알고 있으므로, 이들로부터 가상의 제2 빔 프로파일러(45)에 입사하는 레이저 빔 이미지의 직경을 계산할 수 있다.
- [117] 그리고 제2 빔 프로파일러(45)에서 빔 프로파일러(40)에 이르는 광 경로 길이(제2 빔 프로파일러(45)와 빔 스플리터(20) 사이의 거리 및 빔 스플리터(20)와 빔 프로파일러(40) 사이의 거리 합)와 레이저 빔의 수렴각을 알고 있으므로, 이들로부터 빔 프로파일러(40)에 도달하는 포커스 직경(D_{specimen})을 계산할 수 있다.
- [118] 다른 한편으로, 광원(10)에서 빔 스플리터(20)에 이르는 레이저 빔의 경로를 직선으로 도식화하면 제2 단계(S20)에서 빔 프로파일러(40)에 도달하는 레이저 빔 이미지의 직경(D_{mirror})을 계산으로 구할 수 있다.
- [119] 구체적으로, 광원(10)으로부터 직선 경로에 빔 스플리터(20), 미러(61), 빔 스플리터(20), 및 빔 프로파일러(40)를 차례로 배치하고, 각 부재들 사이의 거리를 도 8과 동일하게 설정하면, 레이저 빔의 발산각을 알고 있으므로 이로부터 빔 프로파일러(40)에 입사하는 레이저 빔 이미지의 직경(D_{mirror})을 계산할 수 있다.
- [120] 제4 단계(S40)에서 가공 대상물(50)을 레이저 가공 장치(200)에 장착한다. 그리고 빔 프로파일러(40)에서 포커스 직경이 측정되도록 가공 대상물(50)을 움직이고, 포커스 직경이 측정되는 위치(제1 포커스 위치)에 가공 대상물(50)을 정지시킨다. 이어서 제1 포커스 위치(L_{focus})에 놓여진 가공 대상물(50)로 출력을 높인 레이저 빔을 조사하여 가공 대상물(50)을 가공한다. 제3 단계(S30)에서 계산된 포커스 직경과 제1 포커스 위치(L_{focus})는 복수의 가공 대상물(50)의 위치 선정에 동일하게 적용된다.
- [121] 도 10은 본 발명의 제3 실시예에 따른 레이저 가공 장치의 개략도이다.
- [122] 도 10을 참고하면, 제3 실시예의 레이저 가공 장치(300)는 빔 스플리터(20)와 제1 광 집속부(30) 사이에 제2 빔 프로파일러(45)가 추가된 것을 제외하고 전술한 제1 실시예와 같은 구성으로 이루어진다. 제1 실시예와 같은 부재에 대해서는 같은 도면 부호를 사용한다. 제2 빔 프로파일러(45)는 포커스 직경을 계산할

때에만 선택적으로 위치하며, 가공 대상물(50)을 실제로 가공하는 단계에서는 생략된다.

- [123] 도 11은 도 10에 도시한 레이저 가공 장치를 이용한 레이저 가공 방법을 나타낸 공정 순서도이다.
- [124] 도 11을 참고하면, 레이저 가공 방법은 빔 스플리터(20)와 제1 광 집속부(30) 사이의 임의 위치에 제2 빔 프로파일러(45)를 배치하는 제1 단계(S10)와, 제2 빔 프로파일러(45)에 입사한 레이저 빔 이미지의 직경을 측정하는 제2 단계(S20)와, 측정된 레이저 빔 이미지의 직경과 제2 빔 프로파일러(45)에서 빔 프로파일러(40)에 이르는 광 경로 길이 및 레이저 빔의 수렴각으로부터 포커스 직경(D_{specimen})을 계산하는 제3 단계(S30)와, 빔 프로파일러(40)에서 포커스 직경이 측정되도록 가공 대상물을 제1 포커스 위치(L_{focus})에 배치하고, 레이저 빔으로 가공 대상물(50)을 가공하는 제4 단계(S40)를 포함한다.
- [125] 가공 대상물(50)이 제1 포커스 위치(L_{focus})에 존재하는 경우, 가공 대상물(50)에서 반사된 레이저 빔의 경로는 가공 대상물(50)로 입사된 레이저 빔의 경로와 동일하다. 제3 단계(S30)에서는 제2 단계(S20)에서 측정한 레이저 빔 이미지의 직경과, 제2 빔 프로파일러(45)에서 빔 프로파일러(40)에 이르는 광 경로 길이(즉 제2 빔 프로파일러(45)와 빔 스플리터(20) 사이의 거리 및 빔 스플리터(20)와 빔 프로파일러(40) 사이의 거리 합) 및 레이저 빔의 수렴각을 알고 있으므로, 이들로부터 포커스 직경(D_{specimen})을 계산할 수 있다.
- [126] 도 12는 본 발명의 제4 실시예에 따른 레이저 가공 장치의 개략도이다.
- [127] 도 12를 참고하면, 제4 실시예의 레이저 가공 장치(400)는 레이저 광원(10)과 빔 스플리터(20) 사이에 레이저 파워 조절부(70)가 추가된 것을 제외하고 전술한 제1 실시예 내지 제3 실시예 중 어느 한 실시예와 같은 구성으로 이루어진다. 도 12에서는 제1 실시예의 구성을 기본 구성으로 도시하였으며, 제1 실시예와 같은 부재에 대해서는 같은 도면 부호를 사용한다.
- [128] 도 13은 빔 프로파일러에 입사하는 레이저 빔을 나타낸 개략도이다.
- [129] 도 13을 참고하면, 레이저 빔은 가우시안 형태를 이루며, 보통 레이저 진폭(E_0)을 자연상수 e 로 나눈 지점(E_0/e)의 직경을 레이저 빔 이미지의 직경으로 정의한다. 도 13에서 w 는 레이저 빔의 반경을 나타낸다. 빔 프로파일러(40)에서 레이저 빔 이미지의 직경을 정확하게 측정하기 위해서는 레이저 빔의 파워를 CCD의 임계값에 따라 최적으로 조절해 주어야 한다.
- [130] 도 13의 (a)는 CCD의 임계값에 따라 레이저 빔의 파워가 최적값을 가지는 경우 레이저 빔의 프로파일을 보여주고 있다. (b)는 레이저 빔의 파워가 최적값보다 큰 경우를 나타내고, (c)는 레이저 빔의 파워가 최적값보다 작은 경우를 나타낸다. 같은 레이저 광원(10)을 사용하는 경우라도 레이저 빔의 파워에 따라 빔 프로파일러(40)에 도달하는 레이저 빔 이미지의 직경이 다르게 된다.
- [131] 다시 도 12를 참고하면, 레이저 파워 조절부(70)는 레이저 빔의 피크 값이 빔 프로파일러(40)를 구성하는 CCD의 임계값과 동일하도록 레이저 빔의 파워를

조절하는 작용을 한다. 따라서 빔 프로파일러(40)에서 레이저 빔 이미지의 직경을 보다 정확하게 측정할 수 있으며, 그 결과 포커스 측정과 레이저 가공의 정밀도를 높일 수 있다.

- [132] 레이저 파워 조절부(70)는 제1 선형 편광판(71)과 반파장판(half-wave plate)(72) 및 제2 선형 편광판(73)을 포함할 수 있다. 제1 선형 편광판(71)은 제공받은 레이저 빔을 자신의 광축과 나란한 선형 편광으로 변환시키고, 반파장판(72)은 제공받은 선형 편광을 180도 위상 지연시킨다. 제2 선형 편광판(73)은 반파장판(72)을 투과한 레이저 빔 중 자신의 광축과 나란한 선형 편광 성분만을 투과시킨다.
- [133] 제1 선형 편광판(71)의 광축과 제2 선형 편광판(73)의 광축이 교차하는 각도에 따라 레이저 빔의 파워를 적절하게 조절할 수 있다. 두 개의 선형 편광중(71, 73) 하나는 생략 가능하다.
- [134] 다른 한편으로, 레이저 파워 조절부(70)는 전술한 구성 대신 단일 또는 복수개의 중성 농도(neutral density, ND) 필터(도시하지 않음)로 구성될 수 있다. ND 필터는 입사광의 스펙트럼 특성을 변화시키지 않고 휘도만을 감소시키는 필터로서,
- [135] 레이저 빔의 파워를 CCD의 임계값에 맞게 적절하게 낮출 수 있다.
- [136] 전술한 제1 실시예의 레이저 가공 장치(100)에 레이저 파워 조절부(70)가 추가되는 경우, 도 2에 도시한 레이저 가공 방법에서 제1 단계(S10)를 수행하기 이전, 빔 프로파일러(40)의 CCD 임계값에 맞추어 레이저 빔의 파워를 조절하는 단계가 추가된다.
- [137] 전술한 제2 실시예의 레이저 가공 장치(200)에 레이저 파워 조절부(70)가 추가되는 경우, 도 7에 도시한 레이저 가공 방법 및 도 9에 도시한 레이저 가공 방법에서 제1 단계(S10)를 수행하기 이전, 빔 프로파일러(40)의 CCD 임계값에 맞추어 레이저 빔의 파워를 조절하는 단계가 추가된다.
- [138] 도 14는 본 발명의 제5 실시예에 레이저 가공 장치의 개략도이다.
- [139] 도 14를 참고하면, 제5 실시예의 레이저 가공 장치(500)는 편광이 있는 레이저 빔을 사용함과 더불어 빔 스플리터(20)와 제1 광 집속부(30) 사이에 1/4 파장판(quarter-wave plate)(80)이 추가되는 것을 제외하고 전술한 제1 실시예 내지 제4 실시예 중 어느 한 실시예와 같은 구성으로 이루어진다. 도 14에서는 제1 실시예의 구성을 기본 구성으로 도시하였으며, 제1 실시예와 같은 부재에 대해서는 같은 도면 부호를 사용한다.
- [140] 레이저 광원(10)에서 방출되는 레이저 빔은 P파와 S파를 포함하며, 이때 P파의 광량은 S파의 광량보다 높다. 빔 스플리터(20)는 전술한 실시예들과 달리 레이저 빔의 편광에 따라 반사 빔과 투과 빔을 분리시킨다. 즉 P파를 투과시키고 S파를 반사시키는 빔 스플리터(20)가 사용될 수 있다. 1/4 파장판(80)은 제공받은 레이저 빔을 90도 위상 지연시킨다.
- [141] 보다 구체적으로, 빔 스플리터(20)를 투과한 P파는 1/4 파장판(80)을

통과하면서 특정 방향의 원 편광으로 변환되고, 제1 광 집속부(30)를 거쳐 가공 대상물(50)에 도달한다. 원 편광된 레이저 빔은 가공 대상물(50)의 표면에서 반사될 때 반대 방향의 원 편광으로 변환되며, 1/4 파장판(80)을 통과하면서 S파로 변환된다. 그리고 빔 스플리터(20)에 제공된 S파는 빔 스플리터(20)에서 반사되어 빔 프로파일러(40)에 입사한다.

- [142] 제5 실시예의 레이저 가공 장치(500)는 전술한 실시예들 대비 편광이 있는 레이저 빔과, 레이저 빔의 편광에 따라 투과 빔과 반사 빔을 나누는 빔 스플리터(20)와, 제공받은 레이저 빔을 90도 위상 지연시키는 1/4 파장판(80)을 사용하는 것을 특징으로 한다.
- [143] 따라서 제5 실시예의 레이저 가공 장치(500)는 전술한 실시예들 대비 빔 프로파일러(40)에 도달하는 레이저 빔의 세기를 높일 수 있으므로, 측정 효율을 높일 수 있고, 레이저 빔 이미지의 직경을 보다 정확하게 측정할 수 있다.
- [144] 도 15는 본 발명의 제6 실시예에 따른 레이저 가공 장치의 개략도로, 상기 레이저 가공 장치의 (a) 제1 포커스 위치를 선정하는 과정, (b) 제1 포커스 위치에서 가공 대상물을 이동시키는 과정, (c) 광 집속부를 이동시켜 제1 포커스 위치를 재설정하는 과정을 나타낸 것이다.
- [145] 도 15를 참고하면, 제6 실시예의 레이저 가공 장치(600)는 레이저 광원(10)과 빔 스플리터(20) 사이에 회절 소자(90)가 배치되는 점, 차단판(62)이 회절 소자(92)와 제1 광 집속부(30) 사이에 배치되는 점 및 가공 대상물(50)의 가공대상면에 단차 또는 경사가 형성되는 점을 제외하고는 전술한 제1 실시예와 같은 구성으로 이루어진다. 제1 실시예와 같은 부재에 대해서는 같은 도면 부호를 사용한다.
- [146] 제6 실시예의 레이저 가공 장치(600) 중 회절 소자(90)는 레이저 빔의 경로 상에 위치하며, 레이저 빔 중 축 빔(0차 회절 빔)은 직진 통과시키되, 비축 빔($\pm n$ 차 회절 빔, n 은 자연수)은 회절시킨다.
- [147] 빔 스플리터(20)는 회절 소자(90)를 거친 축 빔과 비축 빔을 각각 반사 빔과 투과 빔으로 분리시킨다. 제6 실시예에서는 회절 소자(90)에 의해 통과되는 축 빔을 실선으로, 회절되는 비축 빔을 점선으로 각각 도시하였고, 빔 스플리터(20)의 반사 빔을 일점쇄선으로 도시하였다. 한편, 본 발명에서는 비축 빔을 편의 상 +1차 회절 빔(축 빔의 상부로 회절)과 -1차 회절 빔(축 빔의 하부로 회절)까지만 도시하였으나, 반드시 이러한 차수에 제한되는 것은 아니다.
- [148] 레이저 광원(10)에서 생성된 레이저 빔은 출력되는 에너지의 전자기장 벡터가 시간에 따라 일정한 방향성을 가지지 않는 무질서 편광(random polarization) 상태일 수 있다. 이 경우, 회절 소자(90)를 통과한 축 빔은 회절된 비축 빔들에 비해 더 큰 빔 직경을 가질 수 있으며, 본 발명에서는 축 빔을 이용하여 가공 대상물(50)을 가공한다.
- [149] 제1 광 집속부(30)는 투과 빔의 경로 상에 위치하여 투과 빔을 가공 대상물(50)로 집속시킨다. 가공 대상물(50)에 조사된 투과 빔은 가공 대상물(50)의 표면에서 반사되고, 제1 광 집속부(30)를 거쳐 다시 빔

스플리터(20)에 제공된다. 그리고 빔 스플리터(20)에서 분할된 반사 빔이 빔 프로파일러(40)에 제공된다.

- [150] 한편, 제6 실시예에서도 전술한 제1 실시예에서와 같이 제1 광 집속부(30)로 집속 렌즈를 사용하나, 반드시 본 발명의 범위가 반드시 이에 제한되는 것은 아니며, 제1 광 집속부(30)는 레이저를 집속할 수 있는 다양한 광학 집속 수단일 수 있다.
- [151] 차단판(62)은 전술한 제2 실시예의 차단판(62)과 유사하게 회절 소자(92)와 제1 광 집속부(30) 사이에 배치된다. 다만, 제6 실시예의 차단판(62)은 제2 실시예의 차단판(62)과 달리 축 빔의 조사방향과 수직 방향으로 이동하여 비축 빔 중 일부를 차단한다. 차단판(62)은 2 이상이 회절 소자(92)와 빔 스플리터(20) 사이 또는 빔 스플리터(20)와 제1 광 집속부(30) 사이에 배치될 수 있다.
- [152] 도 16은 도 15에 도시한 레이저 가공 장치를 이용한 레이저 가공 방법을 나타낸 공정 순서도이다.
- [153] 도 15와 도 16을 참고하면, 레이저 가공 방법은 회절 소자(90)에서 레이저 빔 중 축 빔을 통과시키고 비축 빔을 회절시키는 제1 단계(S10)와, 빔 프로파일러(40)에서 제1 가공 대상물(51)의 위치 변화에 따른 축 빔 및 비축 빔 이미지의 직경 변화를 측정하는 제2 단계(S20)와, 축 빔으로 제1 가공 대상물(51)을 가공하여 제1 가공 대상물(51)의 위치 변화에 따른 가공 선포의 변화를 측정하는 제3 단계(S30)와, 가공 선포가 최소가 되는 제1 가공 대상물(51)의 위치를 제1 포커스 위치(L_{focus})로 선정하는 제4 단계(S40)와, 제1 가공 대상물(51)이 제1 포커스 위치(L_{focus})에 있을 때 빔 프로파일러(40) 상 축 빔 및 비축 빔 이미지의 위치를 기준 위치로 설정하는 제5 단계(S50)와, 제2 가공 대상물(52)을 제1 포커스 위치(L_{focus})에 배치하고 축 빔으로 제2 가공 대상물(52)을 가공하면서 축 빔 및 비축 빔 이미지의 위치가 기준 위치로부터 벗어나는 정도를 측정하는 제6 단계(S60) 및 제1 광 집속부(30)를 이동시켜 축 빔 및 비축 빔 이미지의 위치가 기준 위치에 도달하도록 조정하는 제7 단계(S70)를 포함한다.
- [154] 가공 대상물(50)은 실제 가공이 이루어지는 제품으로, 제6 실시예의 가공 대상물(50)은 가공 전 가공 대상 표면에 단차 또는 경사가 형성된 구조체일 수 있다.
- [155] 한편, 가공 대상물(50)은 전술한 제1 실시예와 동일하게 제1 가공 대상물(51) 및 제2 가공 대상물(52)을 포함할 수 있다. 제1 가공 대상물(51)을 이용하여 한번 제1 포커스 위치(L_{Focus}) 또는 기준 위치를 재차 구하는 작업 없이 연속으로 레이저 가공을 수행할 수 있다. 전술한 레이저 가공 방법은 집속 렌즈의 배율을 알고 있는 경우에 적용될 수 있다.
- [156] 보다 구체적으로, 제1 단계(S10)에서 제1 가공 대상물(51)이 레이저 가공 장치에 장착된다. 그리고 레이저 광원(10)에서 회절 소자(90)를 향해 레이저 빔을 발진시키고, 회절 소자(90)는 도 15의 (a)와 같이 레이저 빔 중 축 빔을 직진

통과시키되, 비축 빔을 회절시킨다.

- [157] 제2 단계(S20)에서, 제1 가공 대상물(51)의 위치를 도 15의 (a)와 같이 변화시키면서 빔 프로파일러(40)에서 회절 빔 이미지의 직경 변화를 측정한다. 빔 프로파일러(40)는 데이터 저장부(도시하지 않음)와 연결되어 측정 데이터를 상기 데이터 저장부로 전송한다. 이때 축 빔은 출력이 감소된 레이저 빔으로서, 제1 가공 대상물(50)을 가공하지 않고 제1 가공 대상물(51)의 표면에서 반사된다.
- [158] 한편, 제1 가공 대상물(51)의 위치가 변함에 따라 빔 프로파일러(40)에 도달하는 축 빔 및 비축 빔 이미지의 직경이 변한다. 즉 제1 포커스 위치(L_{focus})를 기준으로 제1 가공 대상물(51)이 제1 포커스 위치(L_{focus})보다 앞쪽에 위치할수록 축 빔 및 비축 빔 이미지의 직경이 커지고, 제1 포커스 위치(L_{focus})보다 뒤쪽에 위치할수록 축 빔 및 비축 빔 이미지의 직경이 작아진다. 제1 광 집속부(30)의 배율이 정해진 경우라도 제1 단계(S10)에서는 제1 가공 대상물(51)의 제1 포커스 위치(L_{focus})를 알 수 없다.
- [159] 제 3단계(S30)에서, 제1 가공 대상물(51)의 위치를 변화시키면서 제1 가공 대상물(51)에 축 빔을 조사하여 제1 가공 대상물(51)을 여러번 가공한다. 그러면 제1 가공 대상물(51)에는 축 빔에 의한 복수의 가공 홈이 형성되는데, 이 가공 홈의 폭(가공 선폭)과 단면 형상은 제1 가공 대상물(51)의 위치에 따라 변한다. 제6 실시예에서 제1 가공 대상물의 위치에 따른 가공 홈의 모양은 전술한 제1 실시예의 도 3과 동일하게 나타난다.
- [160] 도 17은 도 16에 도시한 제2 단계에서 제1 가공 대상물의 위치 변화에 따른 가공 선폭의 변화를 나타낸 그래프이다.
- [161] 전술한 도 3과 도 17을 함께 참고하면, 상기 측정된 가공 선폭은 제1 가공 대상물(51)이 제1 광 집속부(30)의 제1 포커스 위치(L_{focus})에 있을 때 최소값을 가지며, 이 위치에서 멀어질수록 큰 값을 가짐을 알 수 있다.
- [162] 제4 단계(S40)에서는 제3 단계(S30)에서 측정한 가공 선폭의 데이터를 이용하여 가공 선폭이 최소가 되는 위치를 제1 포커스 위치(F_{Focus})로 선정한다. 데이터 저장부(도시하지 않음)는 상기의 제1 포커스 위치(L_{focus})를 저장한다.
- [163] 도 18은 도 15의 (a) 내지 (c) 단계에서 빔 프로파일러에 상에 표시되는 회절 빔 이미지의 좌표 변화를 나타낸 도면이고, 도 19는 도 15의 (a) 내지 (c) 단계에서 빔 프로파일러에 표시되는 축 빔 이미지와 비축 빔 이미지 간 간격 변화를 나타낸 도면이다.
- [164] 제5 단계(S50)에서, 제1 가공 대상물(51)이 제1 포커스 위치(L_{focus})에 있을 때 빔 프로파일러(40) 상 축 빔 및 비축 빔 이미지의 위치를 측정한다. 빔 프로파일러(40)는 데이터 저장부(도시하지 않음)에 해당 위치 정보를 저장한다. 저장된 위치 정보는 제1 가공 대상물(51)의 제1 포커스 위치(L_{focus})에 따른 기준 위치로 설정된다.
- [165] 이 때, 축 빔 및 비축 빔 이미지의 위치 정보는 도 18의 (a)에서와 같은 좌표

정보일 수 있다. 도 18의 (a)에서 기준 좌표는 축 빔 이미지의 중심점 좌표인 P1(a,b) 및 비축 빔 이미지의 중심점 좌표인 P2(c,d)와 P3(e,f)로 설정될 수 있다.

[166] 한편, 축 빔 및 비축 빔 이미지의 위치 정보는 도 19의 (a)에서와 같은 축 빔 이미지와 비축 빔 이미지 간 간격 정보일 수도 있다. 도 19의 (a)에서 기준 간격은 빔 프로파일러(40)에 도달한 축 빔 이미지와 비축 빔 이미지 간 간격(포커스 직경, D_Focus)으로 설정될 수 있다.

[167] 제6 단계(S60)에서, 레이저 가공 장치에서 제1 가공 대상물(51)을 제거한 후, 제2 가공 대상물(52)을 장착하고, 레이저 광원(10)에서 레이저 빔을 발진시킨다.

[168] 이때, 제2 가공 대상물(52)은 제1 포커스 위치(L_focus)에 바로 장착될 수 있고, 임의의 위치에 장착된다고 해도 빔 프로파일러(40)에서 새로 장착된 제2 가공 대상물(52)에 대한 빔 프로파일을 측정하고, 축 빔 및 비축 빔 이미지의 위치가 기준 위치에 오도록 제2 가공 대상물(52)의 위치를 조정하여 최종적으로 제2 가공 대상물(52)이 제1 포커스 위치(L_focus)에 오도록 조정될 수 있다.

[169] 이후, 축 빔으로 제2 가공 대상물(52)을 가공하면서 제2 가공 대상물(52)을 도 15의 (b)와 같이 이동시키면 제1 광 집속부(30)와 제2 가공 대상물(52)의 거리에 변화가 발생하여 제2 가공 대상물(50)이 제1 포커스 위치(L_focus)로부터 벗어나게 된다. 이 때, 축 빔의 가공에 의해 빔 프로파일러(40) 상 축 빔 및 비축 빔 이미지가 기준 위치로부터 벗어나는 정도를 측정한다.

[170] 이때, 차단판(62)은 제2 가공 대상물(52)이 축 빔의 조사방향을 기준으로 아래로 이동할 경우 비축 빔 중 +1차 회절 빔을 차단하고, 제2 가공 대상물(52)이 축 빔의 조사방향을 기준으로 위로 이동할 경우 -1차 회절 빔을 차단할 수 있다. 이를 통해 빔 프로파일러(40) 상에 표시되는 축 빔과 비축 빔 이미지의 구분이 용이하다.

[171] 본 발명에서는 제2 가공 대상물(52)이 위로 이동함에 따라 차단판(62)이 -1차 회절 빔을 차단하여 도 18의 (b) 및 도 19의 (b)와 같이 빔 프로파일러(40) 상에 비축 빔 이미지 중 +1차 회절 빔 이미지만 표시되나, 이러한 이미지는 제2 가공 대상물(52)의 이동 방향에 맞게 차단판(62)의 차단 대상을 달리함으로써 달리 표시될 수 있는 것이다.

[172] 한편, 축 빔의 가공에 의해 빔 프로파일러(40) 상 축 빔 및 비축 빔 이미지가 기준 위치로부터 벗어나는 정도는 빔 프로파일러(40) 상에 도 18의 (b)와 같이 좌표 (c', d')로 표시되거나, 도 19의 (b)와 같이 간격(D'_Focus)으로 표시될 수 있다.

[173] 제7 단계(S70)에서, 제1 광 집속부(30)를 도 15의 (c)에서와 같이 이동시켜 축 빔 및 비축 빔 이미지의 위치가 기준 위치 상에 도달하도록 조정한다. 제6 실시예에서는 제2 가공 대상물(52)에 도 15의 (c)에서와 같이 단차가 형성된 경우, 제1 광 집속부(30)를 빔 스플리터(20) 쪽으로 후퇴시켜 제2 가공 대상물(52)이 제1 포커스 위치(L_focus)에 위치하도록 조정할 수 있다.

[174] 이 때, 빔 프로파일러(40) 상 축 빔 이미지의 좌표는 도 18(c)와 같이 P1(a,b)로,

비축 빔 이미지 좌표는 P2(c,d)로, 축 빔 이미지와 비축 빔 이미지 간 간격은 19(c)와 같이 D_Focus로 각각 회귀하게 된다. 이때의 축 빔 및 비축 빔 이미지의 직경은 제2 가공 대상물(52)이 제1 포커스 위치(L_focus)에 있을 때의 축 빔 및 비축 빔 이미지의 직경과 동일하다.

- [175] 다만, 제 6 실시예가 도 18 및 도 19에서 예시한 바와 같이 제2 가공 대상물(52)의 가공대상면에 단차가 형성된 경우에만 적용되는 것은 아니며, 제2 가공 대상물(52) 가공대상면에 경사가 형성된 경우에도 얼마든지 적용될 수 있다.
- [176] 특히 제2 가공 대상물(52) 가공대상면에 경사가 형성된 경우에는 제2 가공 대상물(52)의 이동에 따라 축 빔 이미지의 좌표가 기준 좌표로부터 벗어나는 정도를 중점적으로 측정하고, 축 빔 이미지의 좌표를 기준 좌표로 회귀시킴으로써 제2 가공 대상물(52)의 가공대상면에 단차가 형성된 경우와 동일한 효과를 얻을 수 있다.
- [177] 이와 같이 제6 실시예의 레이저 가공 장치(600) 및 방법에 따르면, 별도의 포커스 측정용 레이저 설비를 구비하지 않고도 가공용 레이저를 이용하여 가공대상면에 단차 또는 경사가 형성된 가공 대상물(50)의 제1 포커스 위치(L_focus)를 정확하게 측정할 수 있는 동시에 가공 중에도 가공 대상물(50)이 제1 포커스 위치(L_focus)를 유지하도록 조정될 수 있다. 그 결과, 레이저 가공 장치(600)의 전체 구성을 간소화할 수 있으며, 제조 비용도 낮출 수 있다.
- [178] 도 20은 도 15에 도시한 레이저 가공 장치의 제1 변형예로, 회절 소자 및 차단판을 나타낸 사시도이다.
- [179] 도 20을 참고하면, 제1 변형예의 레이저 가공 장치(601)는 3차원 상에서 회절 소자(90)에 의해 방사되는 비축 빔 중 어느 하나를 제외한 나머지 비축 빔들을 차단판으로 차단하는 점을 제외하고는 전술한 제6 실시예와 같은 구성으로 이루어진다. 제6 실시예와 같은 부재에 대해서는 같은 도면 부호를 사용한다.
- [180] 회절 소자(90)의 중심부에는 슬릿(91)이 형성될 수 있다. 슬릿(91)은 레이저 광원(10)으로부터 발진된 레이저 빔 중 축 빔은 직진시키되, 비축 빔은 3차원 상에서 축 빔의 진행 방향(도 20의 x축 방향)을 향해 방사하도록 회절시킬 수 있다.
- [181] 차단판(62)은 2 이상이 회절 소자(90)와 빔 스플리터 사이에 배치될 수 있다. 차단판(62)은 상기 회절 소자(90) 및 빔 스플리터와 이격되어 배치될 수 있다. 제1 변형예에서 차단판(62)은 도 20의 x축에서 바라볼 때 슬릿(91)을 기준으로 상(62a), 하(62b), 좌(62c), 우(62d) 방향에 각각 배치되어, 각각의 방향으로 방사되어온 비축 빔을 차단할 수 있다.
- [182] 즉, 상부 차단판(62a)은 xz 평면상에서 x축보다 위로 방사되어 온 비축 빔을, 하부 차단판(62b)은 xz 평면 상에서 x축보다 아래로 방사되어 온 비축 빔을, 좌측 차단판(62c)은 xy 평면상에서 x축보다 좌측으로 방사되어 온 비축 빔을, 우측 차단판(62d)은 xy 평면상에서 x축보다 우측으로 방사되어 온 비축 빔을 각각

차단할 수 있다.

- [183] 제1 변형예에서는 예를 들어 가공 대상물이 y축 방향으로 이동할 경우 도 20에서와 같이 우측 차단판(62d)을 제외한 나머지 차단판을 이용해 각각 비축 빔들을 차단하여 xy 평면상에서 x축보다 우측으로 방사되어 온 비축 빔만 빔 스플리터에 입사되도록 조절함으로써, 3차원 상에서 빔 프로파일러 상에 2 이상의 비축 빔 이미지가 표시되는 것을 방지할 수 있다.
- [184] 다만, 이러한 차단판들의 이동이 반드시 도 20에 도시된 바와 같이 한정되는 것은 아니며, 가공 대상물의 이동 방향에 따라 얼마든지 차단판들의 조작을 달리할 수 있는 것임은 자명하다.
- [185] 이와 같은 제1 변형예를 통하여, 전술한 제6 실시예의 가공 대상물과 제1 광 집속부를 3차원적으로 이동시킬 경우에도 용이하게 축 빔과 비축 빔 이미지를 구별해낼 수 있다.
- [186] 즉, 전술한 도 15는 가공 대상물(50)과 제1 광 집속부(30)가 2차원적으로 이동할 경우 차단판(62)을 이용하여 빔 프로파일러 상에 표시되는 축 빔과 비축 빔 이미지를 구별하는 방법을 제공하나, 제1 변형예의 레이저 가공 장치(602)는 상(62a), 하(62b), 좌(62c), 우(62d)측 차단판을 이용하여 3차원 상에서 방사되는 비축 빔을 차단하는 방법을 제공함으로써, 가공 대상물과 제1 광 집속부가 3차원적으로 이동할 경우에도 빔 프로파일러 상에 표시되는 축 빔과 비축 빔 이미지를 구별하기 용이한 장점이 있다.
- [187] 도 21은 도 15에 도시한 레이저 가공 장치의 제2 변형예를 나타낸 개략도이다.
- [188] 도 21을 참고하면, 제2 변형예의 레이저 가공 장치(602)는 제1 광 집속부(30)로 광 스캐너를 사용하는 것과 가공 대상물로 가공 전 가공대상면에 곡면 경사가 형성된 가공 대상물(54)을 사용하는 것을 제외하고는 전술한 제6 실시예와 같은 구성으로 이루어진다. 도 21에서는 제6 실시예의 구성을 기본 구성으로 도시하였으며 제6 실시예와 같은 부재에 대해서는 같은 도면 부호를 사용한다.
- [189] 도 22는 도 21에 도시한 광 스캐너와 가공 대상물 간 거리 변화에 따른 빔 프로파일러 상 축 빔과 비축 빔 이미지 간 간격 변화를 나타낸 그래프이다.
- [190] 제2 변형예의 레이저 가공 장치(602)는 제1 광 집속부(30) 중 광 스캐너를 통해 가공 대상물(54)에 축 빔 및 비축 빔을 조사하는데, 광 스캐너와 가공 대상물(54) 간 거리 변화에 따른 빔 프로파일러(40) 상 축 빔과 비축 빔 간 간격 변화는 도 22에서와 같이 서로 비례한다.
- [191] 이와 같이 제2 변형예에서는 데이터 계산부(도시하지 않음)에 의해 도 22 그래프의 기울기인 스케일 계수(scale parameter)가 계산되어 데이터 저장부(도시하지 않음)에 추가 저장될 수 있는 바, 가공 대상물(54)의 위치 변화에 따라 재설정된 제1 포커스 위치(L_{focus})를 검산할 수 있는 바, 레이저 가공 장치(602)의 포커스 측정 및 가공 정밀성을 높일 수 있는 효과가 있다.
- [192] 도 23은 본 발명의 제7 실시예에 따른 레이저 가공 장치의 개략도이다.
- [193] 도 23을 참고하면, 제7 실시예의 레이저 가공 장치(700)는 레이저 광원(10)에서

- P파로 편광된 레이저 빔이 발진되고, 제6 실시예의 회절 소자(90) 대신 1/4 파장판(80)이, 1/4 파장판(80)과 빔 스플리터(20) 사이에 복굴절 소자(birefringence element)(60)가 추가되는 것을 제외하고 전술한 제6 실시예와 같은 구성으로 이루어진다. 도 23에서는 제6 실시예의 구성을 기본 구성으로 도시하였으며, 제6 실시예와 같은 부재에 대해서는 같은 도면 부호를 사용한다.
- [194] 1/4 파장판(80)은 전술한 제5 실시예의 1/4 파장판(80)과 동일한 구성으로, P파 편광된 레이저 빔에 위상차를 발생(90도 위상 지연)시켜 P파 편광된 레이저 빔의 일부를 S파로 변경시킨다.
- [195] 복굴절 소자(60)는 도 23에서처럼 1/4 파장판(80)로부터 방출된 P파와 S파가 입사된다. 복굴절 소자(60)는 레이저 빔 간 위상차를 이용, 도 23에서와 같이 P파는 통과시키고 S파는 굴절시킨다. 이 때, 제7 실시예에서는 통과된 P파를 가공용 축 빔으로, 굴절된 S파를 측정용 비축 빔으로 각각 이용할 수 있다.
- [196] 한편, 제7 실시예의 복굴절 소자(60)는 도 23에서와 같이 사다리꼴 형상으로 형성될 수 있으며, 복굴절 소자(60)의 예각(θ)과 밑변의 길이(d)에 따라 S파의 굴절 정도가 달라질 수 있다. 즉, 제7 실시예는 복굴절 소자(60)의 예각(θ)과 밑변의 길이(d)를 조절하여 복굴절 소자(60)에서 방출된 P파와 S파간 간격을 조절할 수 있다.
- [197] 복굴절 소자(60)에서 방출된 P파와 S파는 제6 실시예에서와 같이 빔 스플리터(20) 및 제1 광 집속부(30)를 거쳐 가공 대상물(50)에 조사되고, 다시 가공 대상물(50)로부터 반사되어 빔 스플리터(20)를 통해 빔 프로파일러(40) 상에 표시된다.
- [198] 빔 프로파일러(40)상에는 전술한 도 18의 (a)와 같이 축 빔 이미지의 위치에 P파가, 비축 빔 이미지의 위치에 S파가 각각 표시된다. 제7 실시예에서는 1/4 파장판(80)을 회절시켜 레이저 빔의 입사 각도를 조절함으로써 P파와 S파의 출력을 조절할 수 있다. 이를 통해 빔 스플리터(20)나 가공 대상물(50)의 반사율(reflectivity)에 따라 S파의 출력을 적정 수준으로 조절할 수 있다.
- [199] 이와 같이 제7 실시예의 레이저 가공 장치(700)는 전술한 제5 실시예와 유사하게 빔 프로파일러(40)에 도달하는 레이저 빔의 세기를 높일 수 있으므로, 측정 효율을 높일 수 있고, 빔 프로파일러(40) 상 레이저 빔(P파 및 S파) 이미지의 직경을 보다 정확하게 측정할 수 있다.
- [200] 도 24는 본 발명의 제8 실시예에 따른 레이저 가공 장치의 개략도이고, 도 25는 도 24에서 빔 프로파일러에 표시되는 레이저 빔 이미지의 위치를 각각 나타낸 개략도이다.
- [201] 도 24 및 도 25를 참고하면, 제8 실시예의 레이저 가공 장치(800)는 빔 스플리터(20)와 빔 프로파일러(40) 사이에 제2 광 집속부(31)가 배치되는 점 및 가공 대상물(50)이 틸팅 회전 가능한 점을 제외하고는 전술한 제1 실시예와 같은 구성으로 이루어진다. 제1 실시예와 같은 부재에 대해서는 같은 도면 부호를 사용한다.

- [202] 도 24 및 도 25를 참고하면, 제8 실시예의 레이저 가공 장치(800) 중 제2 광 집속부(31)는 가공 대상물(50)의 표면에서 반사되고, 제1 광 집속부(30)를 거쳐 다시 빔 스플리터(20)에 제공된 투과 빔을 빔 프로파일러(40)를 향해 집속시킨다. 한편, 제8 실시예에서는 제2 광 집속부(31)의 포커스 위치를 제2 포커스 위치로 정의한다.
- [203] 제8 실시예에서는 제2 광 집속부(31) 또한 제1 광 집속부(30)와 마찬가지로 집속 렌즈를 사용한다. 다만, 본 발명의 범위가 이에 한정되는 것은 아니며, 제1 광 집속부(30) 및 제2 광 집속부(31)는 빔 프로파일러(40)와 빔 스플리터(20) 간 거리, 가공 대상물(50)과 빔 스플리터(20) 간 거리, 가공 대상물(50)의 종류 등에 따라 얼마든지 달라질 수 있다.
- [204] 도 24의 (a)는 가공 대상물(50)이 제1 포커스 위치(L_{focus})에 있는 경우를 나타낸다. 이 경우 가공 대상물(50)에서 반사된 레이저 빔은 평행 빔의 형태로 빔 스플리터(20)에 도달하고, 빔 스플리터(20)에서 분할된 반사 빔도 평행 빔의 형태로 제2 광 집속부(31)를 거쳐 집속되어 빔 프로파일러(40)에 도달한다.
- [205] 도 25의 (a)는 도 24의 (a)에서 빔 프로파일러 상(40)에 표시되는 레이저 빔 이미지를 나타낸 것으로, 도 25의 (a)에서와 같이 원형의 이미지로 표시된다. 이때, 가공 대상물(50)이 제1 포커스 위치(L_{focus})에 있을 때의 레이저 빔 이미지의 중심점 좌표를 $P4(g,h)$ 라고 정의하도록 한다.
- [206] 도 24의 (b)는 가공 대상물(50)이 제1 포커스 위치(L_{focus})보다 앞쪽에 있는 경우를 나타낸다. 이 경우 가공 대상물(50)에서 반사된 레이저 빔은 발산 빔의 형태로 빔 스플리터(20)에 도달하고, 빔 스플리터(20)에서 분할된 반사 빔도 발산 빔의 형태로 제2 광 집속부(31)를 거쳐 빔 프로파일러(40)에 도달한다.
- [207] 도 25의 (b)는 도 24의 (b)에서 빔 프로파일러(40) 상에 표시되는 레이저 빔 이미지를 나타낸 것으로, 이 때의 레이저 빔 이미지 직경은 도 25의 (a)보다 크게 표시되나, 중심점 좌표는 도 25의 (a)와 동일한 $P4(g,h)$ 로 나타난다.
- [208] 도 24의 (c)는 가공 대상물(50)이 제1 포커스 위치(L_{focus})보다 뒤쪽에 있는 경우를 나타낸다. 이 경우 가공 대상물(50)에서 반사된 레이저 빔은 수렴 빔의 형태로 빔 스플리터(20)에 도달하고, 빔 스플리터(20)에서 분할된 반사 빔도 수렴 빔의 형태로 제2 광 집속부(31)를 거쳐 빔 프로파일러(40)에 도달한다.
- [209] 도 25의 (c)는 도 24의 (c)에서 빔 프로파일러 상(40)에 표시되는 레이저 빔 이미지를 나타낸 것으로, 이 때의 레이저 빔 이미지 직경 또한 도 25의 (a)보다 크게 표시되나, 중심점 좌표는 도 25의 (a)와 동일한 $P4(g,h)$ 로 나타난다.
- [210] 도 26은 도 24에 도시한 레이저 가공 장치를 이용한 레이저 가공 방법을 나타낸 공정 순서도이다.
- [211] 제8 실시예에서 가공 대상물(50)은 제1 포커스 위치(L_{focus})를 구한 후 바로 가공이 이루어지는 제품이다. 가공 대상물(50)은 포커스 측정 및 가공 단계에서 상, 하, 좌, 우로 평행 이동 또는 임의의 어느 한 방향을 회전 중심축으로 회전(틸트 회전을 포함) 이동할 수 있다. 제8 실시예에서 가공 대상물(50)은 제1

광 집속부(30)와 마주한 가공대상면이 편평한 플레이트이나, 본 발명의 범위가 이러한 형상으로 형성된 가공 대상물(50)로 한정되는 것은 아니다.

- [212] 도 24 내지 도 26을 참고하면, 레이저 가공 방법은 제1 가공 대상물(51)을 배치하고 제1 광 집속부(30), 제2 광 집속부(31) 및 빔 프로파일러(40)의 위치를 교정(calibration)하는 제1 단계(S01)와, 제2 가공 대상물(52)을 배치하고 빔 프로파일러(40)에서 제2 가공 대상물(52)의 위치 변화에 따른 레이저 빔 이미지의 직경 변화를 측정하는 제2 단계(S20)와, 레이저 빔 이미지의 직경이 최소가 되는 제2 가공 대상물(52)의 위치를 제1 포커스 위치(L_{focus})로 선정하는 제3 단계(S30)와, 제2 가공 대상물(52)이 제1 포커스 위치(L_{focus})에 있을 때 빔 프로파일러(40) 상 레이저 빔 이미지의 위치를 기준 위치로 설정하는 제4 단계(S40)와, 레이저 빔으로 제2 가공 대상물(52)을 가공하면서 기준 위치로부터 벗어난 레이저 빔 이미지의 위치를 측정하는 제5 단계(S50) 및 제5 단계(S50)에서 측정된 레이저 빔 이미지의 위치가 제4 단계(S40)에서 설정된 기준 위치와 일치하도록 제2 가공 대상물(52)의 위치를 조정하는 제6 단계(S60)를 포함할 수 있다.
- [213] 제1 가공 대상물(51)은 제1 광 집속부(30)의 제1 포커스 위치(L_{focus})를 구하기 위한 시험편(specimen)이며, 제2 가공 대상물(52)은 실제 가공이 이루어지는 제품이다.
- [214] 제8 실시예에서 제1 단계(S10)는 제2 가공 대상물(52)의 실제 가공이 이루어지기 전, 제1 가공 대상물(51)을 이용하여 레이저 가공 장치의 제1 광 집속부(30), 제2 광 집속부(31) 및 빔 프로파일러(40) 각각의 세부 위치를 교정하기 위한 단계이다. 즉, 제1 단계(S10)는 가공 전 레이저 가공 장치를 사전 세팅하는 단계이므로, 한번 제1 단계(S10)를 거친 레이저 가공 장치를 재차 사용할 경우 제1 단계(S10)를 생략하고 바로 제2 가공 대상물(52)의 가공을 수행할 수 있다.
- [215] 보다 구체적으로, 제1 단계(S10)에서는 제1 가공 대상물(51)이 레이저 가공 장치에 장착된다. 이때, 제2 광 집속부(31) 및 빔 프로파일러(40)는 레이저 가공 장치로부터 제거된 상태이다.
- [216] 그 후, 레이저 광원(10)에서 레이저 빔을 발진시키고, 제1 광 집속부(30) 또는 제1 가공 대상물(51) 중 적어도 어느 하나의 위치를 변화시키면서 제1 가공 대상물(51)을 여러번 가공한다. 그러면 제1 가공 대상물(51)에는 레이저 빔에 의한 복수의 가공 홈이 형성되는데, 이 가공 홈의 폭(가공 선폭)과 단면 형상은 제1 가공 대상물(51)의 위치에 따라 변한다.
- [217] 이때, 제1 가공 대상물의 위치에 따른 가공 홈의 모양은 전술한 도 4와 동일하게 나타난다. 또한, 제1 가공 대상물의 위치 변화에 따른 가공 선폭의 변화는 전술한 도 17의 형상과 동일한 파형으로 나타난다.
- [218] 가공 선폭은 전술한 도 4 및 도 17에서와 같이 제1 가공 대상물(51)이 제1 포커스 위치(L_{focus})에 있을 때 최소값을 가지며, 이 위치에서 멀어질수록 큰 값을

가진다. 데이터 저장부(도시하지 않음)는 상기의 제1 포커스 위치(L_focus)를 저장한다.

[219] 그 후, 제1 가공 대상물(51)이 제1 포커스 위치(L_focus)에 배치된 상태를 유지하면서 제2 광 집속부(31)와 빔 프로파일러(40)를 전술한 도 24에서와 같이 각각 배치시킨다.

[220] 그 후, 제2 광 집속부(31)의 위치를 변경시키면서 빔 프로파일러(40) 상에 표시되는 레이저 빔 이미지의 직경 변화를 측정한다. 빔 프로파일러(40)는 데이터 저장부(도시하지 않음)와 연결되어 측정 데이터를 상기 데이터 저장부로 전송한다. 이때의 레이저 빔은 출력이 감소된 레이저 빔으로서, 제1 가공 대상물(51)을 가공하지 않고 제1 가공 대상물(51)의 표면에서 반사된다.

[221] 도 27은 도 26에 도시한 제1 단계에서 빔 프로파일러의 위치 변화에 따른 레이저 빔 이미지의 직경 변화를 나타낸 그래프이다.

[222] 도 27을 참고하면, 제2 광 집속부(31)의 위치가 변함에 따라 빔 프로파일러(40)에 도달하는 레이저 빔 이미지의 직경이 변한다. 제2 광 집속부(31)는 빔 프로파일러(40)에 수광되기 전 레이저 빔을 집속시켜주므로, 제2 광 집속부(31)의 위치가 변함에 따라 레이저 빔 이미지의 직경이 최소값으로부터 직경이 점차 증가하는 U자 형상의 파형을 나타낸다. 빔 프로파일러(40)가 제2 포커스 위치에 오도록 제2 광 집속부(31)를 배치시킬 경우, 레이저 빔 이미지의 직경이 도 27에 도시된 최소값을 가짐을 확인할 수 있다.

[223] 이와 같이 빔 프로파일러(40)가 제2 포커스 위치에 도달할 경우, 제2 광 집속부(31)의 이동을 중지시키고, 데이터 저장부(도시하지 않음)를 이용하여 이때의 제2 광 집속부(31) 및 빔 프로파일러(40) 위치를 각각 저장한다.

[224] 이와 같이, 제1 단계(S10)에서는 제1 가공 대상물(51)을 이용하여 상기와 같이 한번 제1, 제2 포커스 위치를 구한 다음에는 복수의 제2 가공 대상물(52)에 대해 상기 제1, 제2 포커스 위치를 다시 구하는 작업 없이 연속으로 레이저 가공을 수행할 수 있다. 전술한 레이저 가공 방법은 집속 렌즈의 배율을 알고 있는 경우에 적용될 수 있다.

[225] 제2 단계(S20)에서는 제1 단계(S10)를 거쳐 제1 광 집속부(30), 제2 광 집속부(31) 및 빔 프로파일러(40)의 위치 교정이 완료된 레이저 가공 장치로부터 제1 가공 대상물(51)을 제거하고, 제2 가공 대상물(52)을 장착한다. 그 후, 레이저 광원(10)에서 레이저 빔을 발진시키고, 제2 가공 대상물(52)의 위치를 변화시키면서 빔 프로파일러(40)에서 레이저 빔 이미지의 직경 변화를 측정한다. 빔 프로파일러(40)는 데이터 저장부(도시하지 않음)와 연결되어 측정 데이터를 상기 데이터 저장부로 전송한다. 이때 레이저 빔은 출력이 감소된 레이저 빔으로서, 제2 가공 대상물(52)을 가공하지 않고 제2 가공 대상물(52)의 표면에서 반사된다.

[226] 도 28은 도 26에 도시한 제2 단계에서 제2 가공 대상물의 위치 변화에 따른 레이저 빔 이미지의 직경 변화를 나타낸 그래프이다. 도 28에서는 그래프의 각

구간별로 레이저 빔 이미지의 변화를 함께 도시하였다.

- [227] 도 24와 도 28을 참고하면, 제2 가공 대상물(52)의 위치가 변함에 따라 빔 프로파일러(40)에 도달하는 레이저 빔 이미지의 직경이 변한다. 이때, 제2 단계(S20)에서는 제2 광 집속부(31)가 빔 프로파일러(40)에 수광되기 전 레이저 빔을 집속시켜줌으로써 제2 가공 대상물(52)이 제1 포커스 위치(L_focus)를 벗어난 경우라면 언제든지 도 28에서와 같이 레이저 빔 이미지의 직경이 커진다. 즉, 제8 실시예에서는 제2 가공 대상물(52)이 제1 포커스 위치(L_focus)에 있을 때 레이저 빔 이미지의 직경이 최소값을 갖는다.
- [228] 제3 단계(S30)에서는 상기와 같은 점을 근거로 하여 빔 프로파일러(40) 상 레이저 빔 이미지의 직경이 최소가 되는 제2 가공 대상물(52)의 위치를 계산하고, 이때의 위치를 제2 가공 대상물(52)의 가공을 위한 제1 포커스 위치(L_focus)로 선정한다.
- [229] 제4 단계(S40)에서는 제2 가공 대상물(52)이 제1 포커스 위치(L_focus)에 있을 때 빔 프로파일러(40) 상 레이저 빔 이미지의 위치를 측정한다. 빔 프로파일러(40)는 데이터 저장부(도시하지 않음)에 해당 이미지 위치 데이터를 저장한다. 저장된 위치 데이터는 제2 가공 대상물(52)의 제1 포커스 위치(L_focus)에 따른 기준 위치로 설정된다.
- [230] 제8 실시예에서 레이저 빔 이미지의 위치 정보는 전술한 도 25의 (a) 내지 (c)에 나타난 좌표 정보일 수 있다. 이 경우, 기준 위치는 전술한 레이저 빔 이미지의 중심점 좌표인 P4(g,h)로 설정될 수 있다.
- [231] 한편, 제8 실시예에서 레이저 빔 이미지의 위치 정보는 도 25의 (a) 내지 (c)에 나타난 바와 같은 레이저 빔 이미지의 직경 정보일 수도 있다. 이 경우, 기준 위치는 제2 가공 대상물(52)이 제1 포커스 위치(L_focus)에 있을 때 레이저 빔 이미지의 직경(최소직경, 즉, 전술한 도 25의 (a)에서 빔 프로파일러 상에 표시된 레이저 빔 이미지의 직경)으로 설정될 수 있다.
- [232] 제5 단계(S50)에서는 레이저 빔으로 제2 가공 대상물(52)을 가공한다. 제2 가공 대상물(52)은 레이저 빔에 의하여 가공됨으로써, 또는 가공 중 평행 이동이나 회전 이동 등의 이동이 발생함으로써, 제1 포커스 위치(L_focus)로부터 벗어나게 된다. 이와 같이 제2 가공 대상물(52)이 제1 포커스 위치(L_focus)로부터 벗어날 경우 레이저 빔 이미지의 위치가 변화하게 되므로, 전술한 제4 단계(S40)에서 설정된 기준 위치로부터 벗어난 레이저 빔 이미지의 위치를 측정한다.
- [233] 도 29는 도 26에 도시한 제5 단계에서 가공 대상물이 틸트 회전하는 것을 나타낸 개략도이고, 도 30은 도 26에서 빔 프로파일러에 표시되는 레이저 빔 이미지의 위치를 각각 나타낸 개략도이다.
- [234] 도 29와 도 30 참고하면, 제5 단계(S50)에서 제2 가공 대상물(52)이 가공 진행 중 틸트 회전(tilt rotation)할 수 있다. 이와 같이 틸트 회전함으로써 제1 광 집속부(30)로부터 제2 가공 대상물(52)을 거쳐 반사되는 광 경로가 상이해지므로 제2 가공 대상물(52)이 제1 포커스 위치(L_focus)로부터 벗어나게 된다. 이에

따라, 빔 프로파일러(40)에 표시되는 레이저 빔 이미지의 위치도 기준 위치로부터 벗어나게 된다.

- [235] 도 29의 (a)에서는 제2 가공 대상물(52)이 y축을 틸트 회전 중심축(tilt axis)으로 하여 틸트 회전된다. 제8 실시예에서는 제2 가공 대상물(52)이 시계 방향으로 틸트 되었으므로, 레이저 빔 이미지의 중심점 좌표 위치는 도 30의 (a)에서와 같이 기준 좌표인 P4(g,h) 보다 위쪽인 P5(g,i)에 위치하게 된다. 즉, 레이저 빔 이미지의 중심점 좌표 위치는 기준좌표로부터 y축 방향으로 평행이동한 위치이다. 또한, 레이저 빔 이미지의 형상은 장축이 y축 방향으로 길게 연장되고, 장축과 단축이 기준 직정보다 긴 타원 형상으로 표시될 수 있다.
- [236] 도 29의 (b)에서는 제2 가공 대상물(52)이 z축을 틸트 회전 중심축(tilt axis)으로 하여 틸트 회전된다. 제8 실시예에서는 제2 가공 대상물(52)이 시계 방향으로 틸트 되었으므로, 레이저 빔 이미지의 중심점 좌표 위치는 도 30의 (b)에서와 같이 기준 좌표인 P4(g,h) 보다 좌측인 P6(j,h)에 위치하게 된다. 즉, 레이저 빔 이미지의 중심점 좌표 위치는 기준좌표로부터 x축 방향으로 평행이동한 위치이다. 또한, 레이저 빔 이미지의 형상은 장축이 x축 방향으로 길게 연장되고, 장축과 단축이 기준 직정보다 긴 타원 형상으로 표시될 수 있다.
- [237] 도 31은 도 26에 도시한 제5 단계에서 가공 대상물의 틸트 회전각 변화에 따른 레이저 빔 이미지의 중심점 좌표와 기준 좌표와의 거리 변화를 나타낸 그래프이다.
- [238] 이와 같이 제2 가공 대상물(52)이 x, y, z 축 중 어느 한 축을 틸트 회전 중심축으로 틸트 회전할 경우, 틸트 회전각에 따른 레이저 빔 이미지의 중심점 좌표와 기준 좌표와의 거리 변화는 도 31과 같이 나타난다. 즉, 도 31에 나타난 레이저 빔 이미지의 중심점 좌표와 기준 좌표와의 거리는 전술한 도 28에서와 같이 제2 가공 대상물(52)이 제1 포커스 위치(L_focus)에 있을 때 최소가 되고, 시계방향 또는 반시계방향으로 틸트 회전할 경우 제2 가공 대상물(52)이 제1 포커스 위치(L_focus)로부터 벗어나게 되므로 점점 증가하게 된다.
- [239] 이와 같은 사항을 근거로, 제8 실시예에서는 제2 가공 대상물(52)의 틸트 회전으로 인해 빔 프로파일러(40) 상에 표시되는 레이저 빔 이미지의 중심점 좌표가 기준 좌표로부터 얼마나 벗어났는지를 측정하여 제2 가공 대상물(52)의 틸트 회전각을 계산해낼 수 있다.
- [240] 도 32는 도 29의 (a), 도 33은 도 29의 (b)의 틸트 회전각 변화에 따른 레이저 빔 이미지의 중심점 좌표와 기준 좌표와의 거리 변화 및 레이저 빔 이미지의 형상 변화를 나타낸 그래프이다.
- [241] 도 29, 도 32 및 도 33을 참고하면, 기준 좌표에 위치하던 레이저 빔 이미지는 제2 가공 대상물(52)이 y축을 틸트 회전 중심축으로 틸트 회전함에 따라 y축 방향으로 길게 연장된 타원 형상의 이미지로 표시(도 32의 경우)되거나, z축을 틸트 회전 중심축으로 틸트 회전함에 따라 x축 방향으로 길게 연장된 타원 형상의 이미지로 표시(도 33)됨을 확인할 수 있다. 또한, 틸트 회전각이 커질수록

레이저 빔 이미지의 중심점 좌표가 기준 좌표에서 벗어나는 정도가 증가함을 확인할 수 있다.

- [242] 제6 단계(S60)에서는 제2 가공 대상물(52)을 상, 하, 좌, 우 방향으로 평행 이동시키거나 회전 이동시켜 제5 단계(S50)에서 측정된 레이저 빔 이미지의 위치가 제4 단계(S40)에서 설정된 기준 위치와 일치하도록 조정한다. 즉, 전술한 도 29에서와 같이 제2 가공 대상물(52)이 가공 중 틸트 회전됨으로써 제1 포커스 위치(L_focus)를 벗어난 경우, 제2 가공 대상물(52)이 제1 포커스 위치(L_focus)에 위치하도록 제2 가공 대상물(52)을 평행 이동 또는 회전 이동시킬 수 있다.
- [243] 한편, 제6 단계(S60)에서는 제2 가공 대상물(52)의 위치를 조정하지 않고 제1 광 집속부(30)를 상, 하, 좌, 우 방향으로 평행 이동시키거나 회전 이동시켜 제5 단계(S50)에서 측정된 레이저 빔 이미지의 위치가 제4 단계(S40)에서 설정된 기준 위치와 일치하도록 조정하거나, 제2 가공 대상물(52)과 제1 광 집속부(30)의 위치를 동시에 조정하여 이를 수행할 수도 있다.
- [244] 이와 같이 제2 가공 대상물(52)과 제1 광 집속부(30) 중 적어도 어느 하나의 위치를 조정함으로써 빔 프로파일러(40) 상 레이저 빔 이미지의 중심점 좌표는 P4(g,h) 좌표로, 직경은 전술한 도 25의(a)와 같이 최소가 되도록 각각 회귀하게 된다.
- [245] 이와 같이 제8 실시예의 레이저 가공 장치(800) 및 이를 이용한 레이저 가공 방법에 따르면, 별도의 포커스 측정용 레이저 설비를 구비하지 않고도 가공용 레이저를 이용하여 광 집속부의 포커스 위치를 정확하게 측정할 수 있는 동시에 가공 중 가공 대상물(50)이 평행 또는 회전 이동하는 경우에도 포커스 위치를 유지하도록 조정될 수 있다. 그 결과, 레이저 가공 장치(800)의 전체 구성을 간소화할 수 있으며, 제조 비용도 낮출 수 있다.
- [246] 도 34는 도 24에 도시한 레이저 가공 장치의 응용예를 나타낸 개략도이다.
- [247] 도 34를 참고하면, 본 응용예의 레이저 가공 장치(900)는 제1 광 집속부가 광 스캐너(30)인 것과 가공 대상물(50)이 틸팅 롤(53)인 것을 제외하고는 전술한 제8 실시예와 같은 구성으로 이루어진다. 도 34에서는 전술한 실시예의 구성을 기본 구성으로 도시하였으며 전술한 실시예와 같은 부재에 대해서는 같은 도면 부호를 사용한다.
- [248] 본 응용예의 레이저 가공 장치(900)는 광 스캐너(30)를 통해 틸팅 롤(53)에 축 빔 및 비축 빔을 조사한다. 틸팅 롤(53)은 틸팅 샤프트(tilting shaft)를 구비하여, 포커스 측정 단계 또는 레이저 빔으로 롤 표면을 가공하는 단계에서 틸팅 회전할 수 있다.
- [249] 본 응용예의 레이저 가공 장치(900)는 전술한 실시예의 도 29에서와 같이 레이저 가공 중 틸팅 롤(53)이 틸팅 회전하는 경우에도 제1 포커스 위치(L_focus)를 지속적으로 유지하도록 틸팅 롤(53)을 수평 이동 또는 회전시킬 수 있으므로 롤 표면(53)에 미세구조를 형성하기 용이하며, 포커스 측정 및 가공의 정밀성을 높일 수 있는 효과가 있다.

- [250] 상기에서는 본 발명의 바람직한 실시예에 대하여 설명하였지만, 본 발명은 이에 한정되는 것이 아니고 특허청구범위와 발명의 상세한 설명 및 첨부한 도면의 범위 안에서 여러 가지로 변형하여 실시하는 것이 가능하고 이 또한 본 발명의 범위에 속하는 것은 당연하다.

청구범위

- [청구항 1] 레이저 광원;
 상기 레이저 광원에서 방출된 레이저 빔을 반사 빔과 투과 빔으로 분리시키는 빔 스플리터;
 상기 투과 빔을 가공 대상으로 집속시키는 제1 광 집속부; 및
 상기 가공 대상물에서 반사되어 상기 제1 광 집속부와 상기 빔 스플리터를 거친 레이저 빔을 수광하고, 상기 가공 대상물의 위치 변화에 따른 레이저 빔의 프로파일 변화를 측정하는 빔 프로파일러
 를 포함하는 레이저 가공 장치.
- [청구항 2] 제1항에 있어서,
 상기 빔 스플리터와 상기 제1 광 집속부 사이에 선택적으로 배치되는 제2 빔 프로파일러를 더 포함하는 레이저 가공 장치.
- [청구항 3] 제1항에 따른 레이저 가공 장치를 이용한 레이저 가공 방법으로서,
 상기 빔 프로파일러에서 제1 가공 대상물의 위치 변화에 따른 레이저 빔 이미지의 직경 변화를 측정하는 제1 단계;
 레이저 빔으로 상기 제1 가공 대상물을 가공하여 상기 제1 가공 대상물의 위치 변화에 따른 가공 선포의 변화를 측정하는 제2 단계;
 상기 가공 선포가 최소가 되는 상기 제1 가공 대상물의 위치를 제1 포커스 위치로 선정하여 포커스 직경을 구하는 제3 단계; 및
 상기 빔 프로파일러에서 포커스 직경이 측정되도록 제2 가공 대상물을 제1 포커스 위치에 배치하고, 레이저 빔으로 제2 가공 대상물을 가공하는 제4 단계
 를 포함하는 레이저 가공 방법.
- [청구항 4] 제3항에 있어서,
 상기 제1 가공 대상물은 시험편이고, 상기 제2 가공 대상물은 실제 가공이 이루어지는 제품이며,
 상기 제3 단계에서 구한 포커스 직경과 제1 포커스 위치는 복수의 제2 가공 대상물의 위치 선정에 동일하게 적용되는 레이저 가공 방법.
- [청구항 5] 제2항에 따른 레이저 가공 장치를 이용한 레이저 가공 방법으로서,
 상기 빔 스플리터와 상기 제1 광 집속부 사이의 임의 위치에 제2 빔 프로파일러를 배치하는 제1 단계;
 상기 제2 빔 프로파일러에 입사한 레이저 빔 이미지의 직경을 측정하는 제2 단계;
 상기 제2 단계에서 측정된 레이저 빔 이미지의 직경과 상기 제2 빔

프로파일러에서 상기 빔 프로파일러에 이르는 광 경로 길이 및 레이저 빔의 수렴각으로부터 포커스 직경을 계산하는 제3 단계; 및 상기 빔 프로파일러에서 포커스 직경이 측정되도록 가공 대상물을 제1 포커스 위치에 배치하고, 레이저 빔으로 가공 대상물을 가공하는 제4 단계를 포함하는 레이저 가공 방법.

[청구항 6]

레이저 광원;
상기 레이저 광원에서 방출된 레이저 빔을 반사 빔과 투과 빔으로 분리시키는 빔 스플리터;
상기 반사 빔을 제공받아 상기 빔 스플리터로 재반사시키는 미러;
상기 투과 빔을 가공 대상물로 집속시키는 제1 광 집속부;
상기 빔 스플리터와 상기 제1 광 집속부 사이에 선택적으로 위치하는 차단판; 및
상기 미러에서 반사되어 상기 빔 스플리터를 통과한 레이저 빔을 수광하고, 레이저 빔의 프로파일을 측정하는 빔 프로파일러를 포함하는 레이저 가공 장치.

[청구항 7]

제6항에 따른 레이저 가공 장치를 이용한 레이저 가공 방법으로서, 상기 미러를 이용하여 상기 빔 스플리터에서 분리된 반사 빔을 상기 빔 스플리터로 재반사시키는 제1 단계;
상기 빔 프로파일러에 입사된 레이저 빔 이미지의 직경을 포커스 직경으로 선정하는 제2 단계;
상기 빔 프로파일러에서 포커스 직경이 측정되도록 가공 대상물을 제1 포커스 위치에 배치하고, 레이저 빔으로 가공 대상물을 가공하는 제3 단계를 포함하는 레이저 가공 방법.

[청구항 8]

제6항에 따른 레이저 가공 장치를 이용한 레이저 가공 방법으로서, 상기 미러를 이용하여 상기 빔 스플리터에서 분리된 반사 빔을 상기 빔 스플리터로 재반사시키는 제1 단계;
상기 빔 프로파일러에 입사된 레이저 빔 이미지의 직경을 측정하는 제2 단계;
상기 제2 단계에서 측정된 레이저 빔 이미지의 직경과 레이저 빔의 수렴각으로부터 포커스 직경을 계산하는 제3 단계;
상기 빔 프로파일러에서 포커스 직경이 측정되도록 가공 대상물을 제1 포커스 위치에 배치하고, 레이저 빔으로 가공 대상물을 가공하는 제4 단계를 포함하는 레이저 가공 방법.

[청구항 9]

제8항에 있어서,
상기 제3 단계는,

상기 빔 스플리터와 상기 제1 광 집속부 사이의 임의의 위치에
가상의 제2 빔 프로파일러를 배치하고, 제2 빔 프로파일러에
입사하는 레이저 빔 이미지의 직경을 계산하는 단계; 및
상기 계산된 상기 제2 빔 프로파일러의 레이저 빔 이미지의 직경,
상기 제2 빔 프로파일러와 상기 빔 프로파일러 사이의 광 경로
길이, 및 레이저 빔의 수렴각으로부터 포커스 직경을 계산하는
단계

를 포함하는 레이저 가공 방법.

[청구항 10]

제1항과 제2항 및 제6항 중 어느 한 항에 있어서,
상기 레이저 광원은 무질서 편광 상태의 레이저 빔을 방출하고,
상기 빔 스플리터는 레이저 빔의 파워에 따라 반사 빔과 투과 빔을
분리시키는 레이저 가공 장치.

[청구항 11]

제1항과 제2항 및 제6항 중 어느 한 항에 있어서,
상기 레이저 광원은 P파와 S파를 포함하는 레이저 빔을 방출하고,
상기 빔 스플리터는 레이저 빔의 편광에 따라 반사 빔과 투과 빔을
분리시키는 레이저 가공 장치.

[청구항 12]

제11항에 있어서,
상기 빔 스플리터와 상기 제1 광 집속부 사이에 위치하는 1/4
파장판을 더 포함하는 레이저 가공 장치.

[청구항 13]

제1항과 제2항 및 제6항 중 어느 한 항에 있어서,
상기 레이저 광원과 상기 빔 스플리터 사이에 위치하는 레이저
파워 조절부를 더 포함하며,
상기 레이저 파워 조절부는 상기 빔 프로파일러를 구성하는
전하결합소자(CCD)의 임계값에 따라 레이저 빔의 파워를
조절하는 레이저 가공 장치.

[청구항 14]

제13항에 있어서,
상기 레이저 파워 조절부는 적어도 하나의 선형 편광판과
반파장판을 포함하거나, 적어도 하나의 중성 농도 필터를
포함하는 레이저 가공 장치.

[청구항 15]

레이저 광원;
상기 레이저 광원에서 방출된 레이저 빔 중 축 빔을 통과시키고,
비축 빔을 회절시키는 회절 소자;
상기 회절 소자에서 방출된 상기 축 빔 및 상기 비축 빔을 각각
반사 빔과 투과 빔으로 분리시키는 빔 스플리터;
상기 투과 빔을 가공 대상으로 집속시키는 제1 광 집속부; 및
상기 가공 대상물에서 반사되어 상기 제1 광 집속부와 상기 빔
스플리터를 거친 레이저 빔을 수광하고, 상기 가공 대상물의 위치
변화에 따른 레이저 빔의 프로파일 변화를 측정하는 빔

- 프로파일러
를 포함하는 레이저 가공 장치.
- [청구항 16] 제15항에 있어서,
상기 제1 광 집속부는 집속 렌즈인 레이저 가공 장치.
- [청구항 17] 제15항에 있어서,
상기 제1 광 집속부는 광 스캐너인 레이저 가공 장치.
- [청구항 18] 제15항에 있어서,
상기 회절 소자와 상기 제1 광 집속부 사이에 배치되어 상기 비축
빔 중 일부를 차단하는 차단판을 더 포함하는 레이저 가공 장치.
- [청구항 19] 제18항에 있어서,
상기 차단판은 2 이상이 상기 회절 소자와 상기 빔 스플리터
사이에 배치되는 레이저 가공 장치.
- [청구항 20] 제19항에 있어서,
상기 차단판은 상기 회절 소자를 기준으로 상, 하, 좌, 우 방향에
각각 배치되는 레이저 가공 장치.
- [청구항 21] P파 편광된 레이저 빔을 방출하는 레이저 광원;
위상차를 발생시켜 상기 P파 편광된 레이저 빔의 일부를 S파로
변경시키는 1/4 파장판;
상기 1/4 파장판에서 방출된 레이저 빔 중 P파를 통과시키고,
S파를 굴절시키는 복굴절 소자;
상기 복굴절 소자에서 방출된 P파와 S파를 각각 반사 빔과 투과
빔으로 분리시키는 빔 스플리터;
상기 투과 빔을 가공 대상으로 집속시키는 광 집속부; 및
상기 가공 대상물에서 반사되어 상기 제1 광 집속부와 상기 빔
스플리터를 거친 레이저 빔을 수광하고, 상기 가공 대상물의 위치
변화에 따른 레이저 빔의 프로파일 변화를 측정하는 빔
프로파일러
를 포함하는 레이저 가공 장치.
- [청구항 22] 제15항에 따른 레이저 가공 장치를 이용한 레이저 가공
방법으로서,
상기 회절 소자에서 상기 레이저 빔 중 축 빔을 통과시키고 비축
빔을 회절시키는 제1 단계;
상기 빔 프로파일러에서 제1 가공 대상물의 위치 변화에 따른 상기
축 빔 및 비축 빔 이미지의 직경 변화를 측정하는 제2 단계;
상기 축 빔으로 상기 제1 가공 대상물을 가공하여 상기 제1 가공
대상물의 위치 변화에 따른 가공 선포의 변화를 측정하는 제3
단계;
상기 가공 선포가 최소가 되는 상기 제1 가공 대상물의 위치를 제1

- 포커스 위치로 선정하는 제4 단계;
 상기 제1 가공 대상물이 상기 제1 포커스 위치에 있을 때 상기 빔 프로파일러 상 상기 축 빔 및 상기 비축 빔 이미지의 위치를 기준 위치로 설정하는 제5 단계; 및
 제2 가공 대상물을 상기 제1 포커스 위치에 배치하고, 상기 축 빔으로 상기 제2 가공 대상물을 가공하면서 상기 축 빔 및 상기 비축 빔 이미지의 위치가 상기 기준 위치로부터 벗어나는 정도를 측정하는 제6 단계
 를 포함하는 레이저 가공 방법.
- [청구항 23] 제22항에 있어서,
 상기 제1 광 집속부를 이동시켜 상기 축 빔 및 상기 비축 빔 이미지의 위치가 상기 기준 위치에 도달하도록 조정하는 제7 단계를 더 포함하는 레이저 가공 방법.
- [청구항 24] 제22항에 있어서,
 상기 기준 위치는 상기 축 빔 및 상기 비축 빔 이미지의 중심점 좌표인 레이저 가공 방법.
- [청구항 25] 제22항에 있어서,
 상기 기준 위치는 축 빔 이미지와 비축 빔 이미지 간 간격인 레이저 가공 방법.
- [청구항 26] 레이저 광원;
 상기 레이저 광원에서 방출된 레이저 빔을 반사 빔과 투과 빔으로 분리시키는 빔 스플리터;
 상기 투과 빔을 가공 대상으로 집속시키는 제1 광 집속부;
 상기 가공 대상물에서 반사되어 상기 제1 광 집속부와 상기 빔 스플리터를 거친 레이저 빔을 수광하고, 상기 가공 대상물의 위치 변화에 따른 레이저 빔의 프로파일 변화를 측정하는 빔 프로파일러; 및
 상기 빔 스플리터와 상기 빔 프로파일러 사이에 배치되어 상기 제1 광 집속부와 상기 빔 스플리터를 거친 레이저 빔을 상기 빔 프로파일러로 집속시키는 제2 광 집속부;
 를 포함하는 레이저 가공 장치.
- [청구항 27] 제26항에 있어서,
 상기 제1 광 집속부는 광 스캐너인 레이저 가공 장치.
- [청구항 28] 제26항에 있어서,
 상기 가공 대상물은 틸팅 샤프트(tilting shaft)를 구비한 틸팅 롤(tilting roll)인 레이저 가공 장치.
- [청구항 29] 제26항에 따른 레이저 가공 장치를 이용한 레이저 가공 방법으로서,

제1 가공 대상물을 배치하여 상기 제1 광 집속부, 상기 제2 광 집속부 및 상기 빔 프로파일러의 위치를 교정(calibration)하는 제1 단계;

제2 가공 대상물을 배치하여 상기 빔 프로파일러에서 상기 제2 가공 대상물의 위치 변화에 따른 상기 레이저 빔 이미지의 직경 변화를 측정하는 제2 단계;

상기 레이저 빔 이미지의 직경이 최소가 되는 상기 제2 가공 대상물의 위치를 제1 포커스 위치로 선정하는 제3 단계;

상기 제2 가공 대상물이 상기 제1 포커스 위치에 있을 때 상기 빔 프로파일러 상 상기 레이저 빔 이미지의 위치를 기준 위치로 설정하는 제4 단계; 및

상기 레이저 빔으로 상기 제2 가공 대상물을 가공하면서 상기 기준 위치로부터 벗어난 레이저 빔 이미지의 위치를 측정하는 제5 단계를 포함하는 레이저 가공 방법.

[청구항 30]

제29항에 있어서,

상기 제5 단계에서 측정되는 레이저 빔 이미지의 위치 정보는 상기 레이저 빔 이미지의 직경 정보와 상기 레이저 빔 이미지의 중심점 좌표 정보 중 적어도 어느 하나인 레이저 가공 방법.

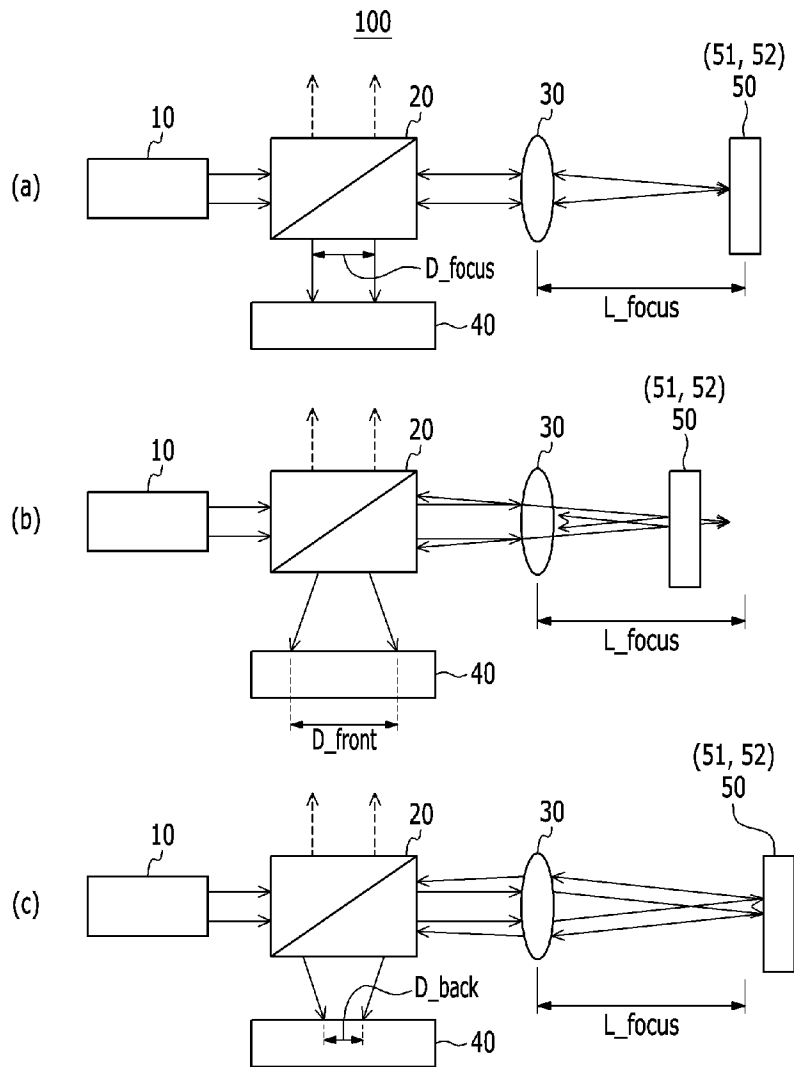
[청구항 31]

제29항에 있어서,

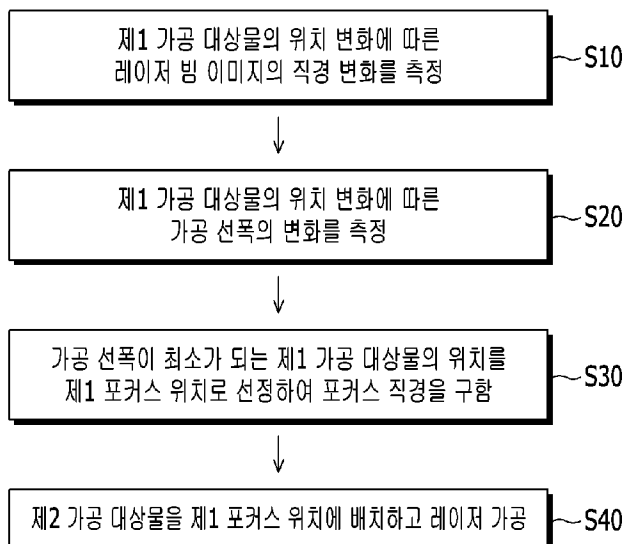
상기 제5 단계에서 측정된 상기 레이저 빔 이미지의 위치가 상기 제4 단계에서 설정된 상기 기준 위치와 일치하도록 상기 제2 가공 대상물의 위치 또는 상기 제1 광 집속부의 위치 중 적어도 어느 하나를 조정하는 제6 단계

를 더 포함하는 레이저 가공 방법.

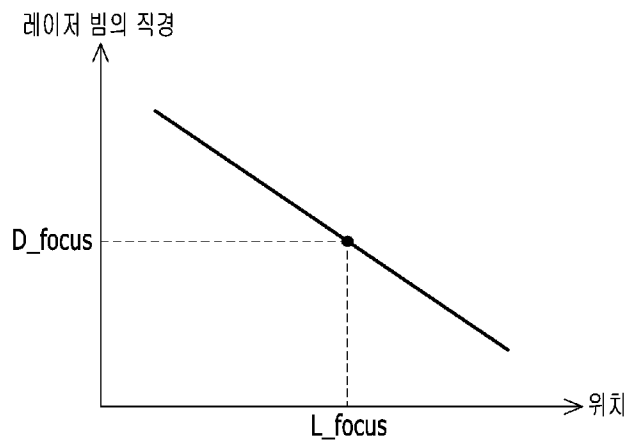
[Fig. 1]



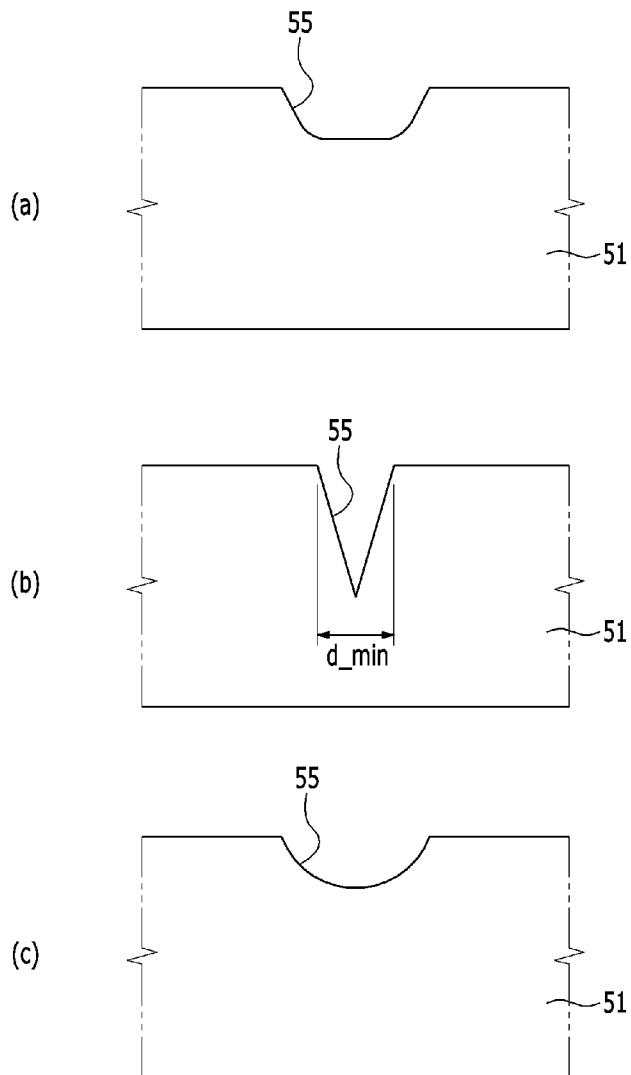
[Fig. 2]



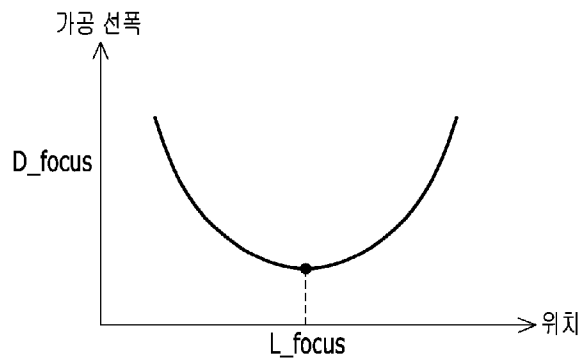
[Fig. 3]



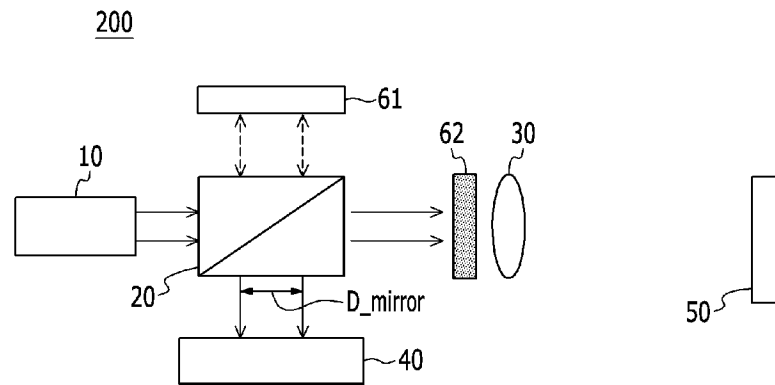
[Fig. 4]



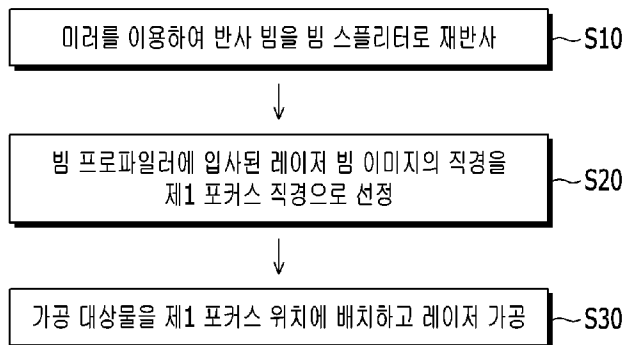
[Fig. 5]



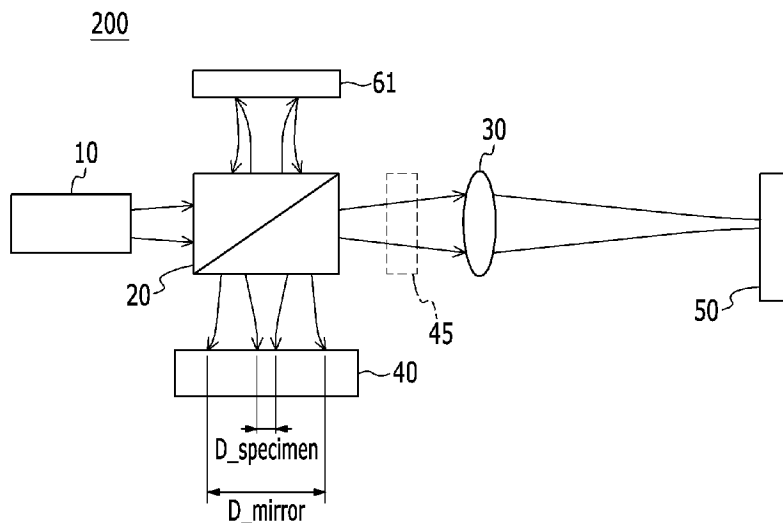
[Fig. 6]



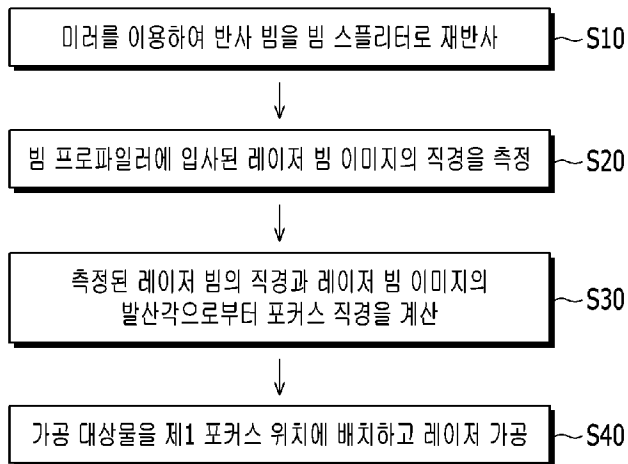
[Fig. 7]



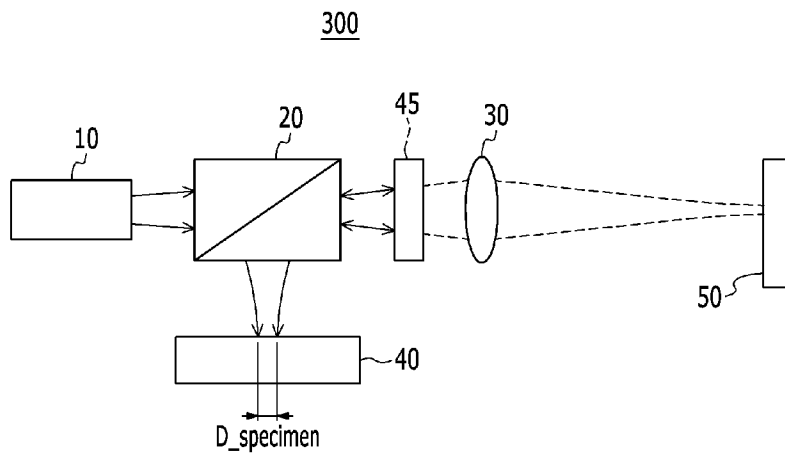
[Fig. 8]



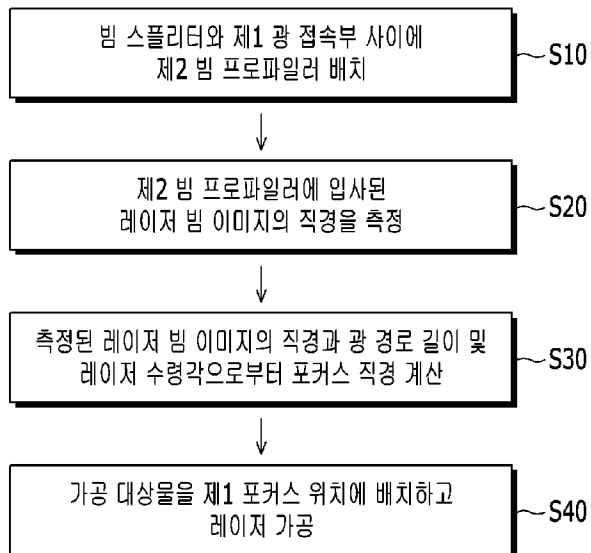
[Fig. 9]



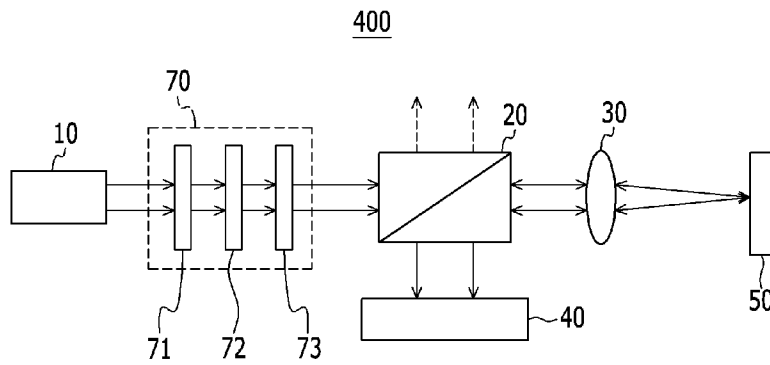
[Fig. 10]



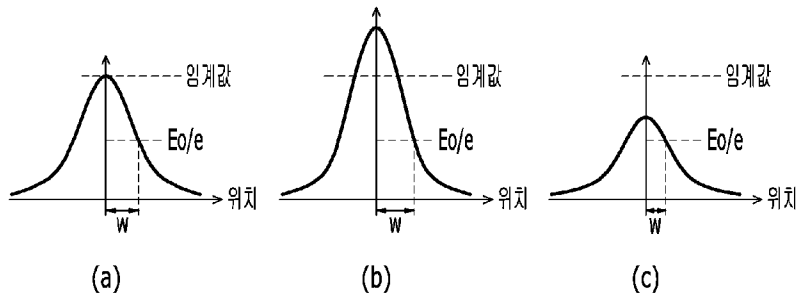
[Fig. 11]



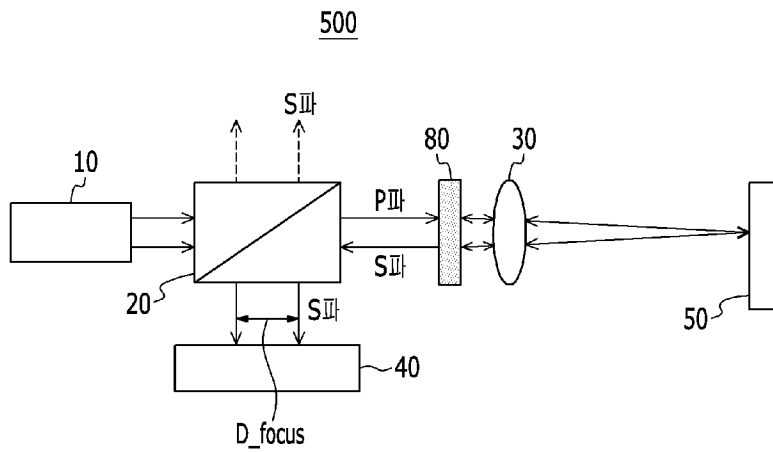
[Fig. 12]



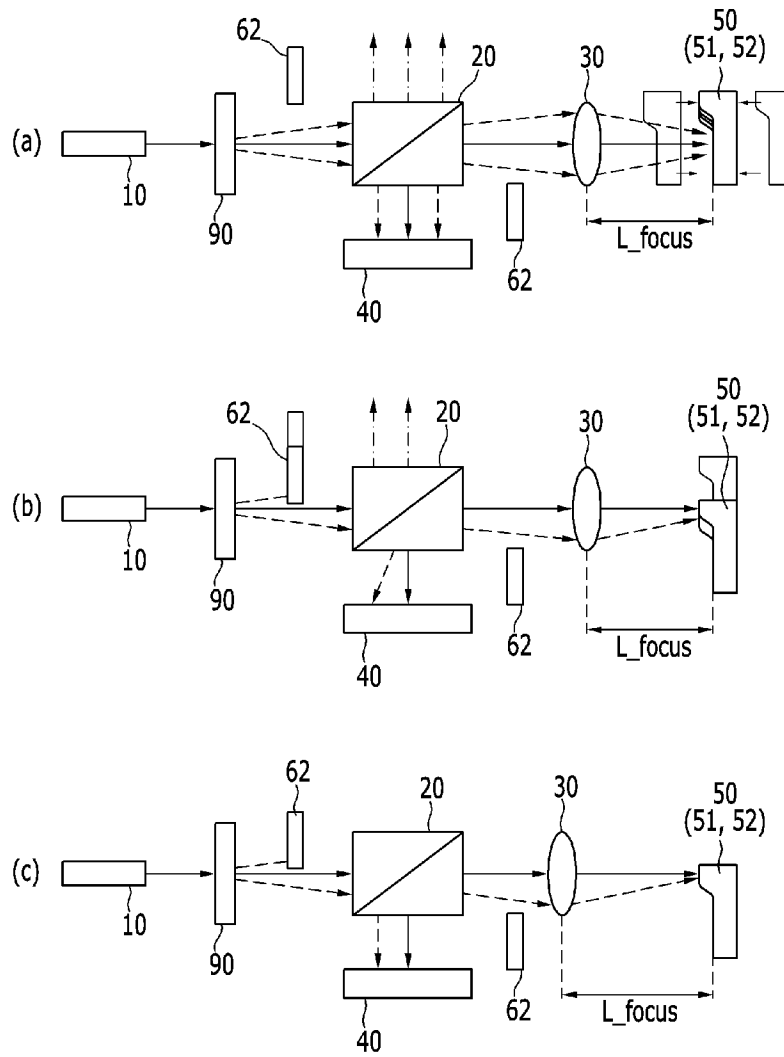
[Fig. 13]



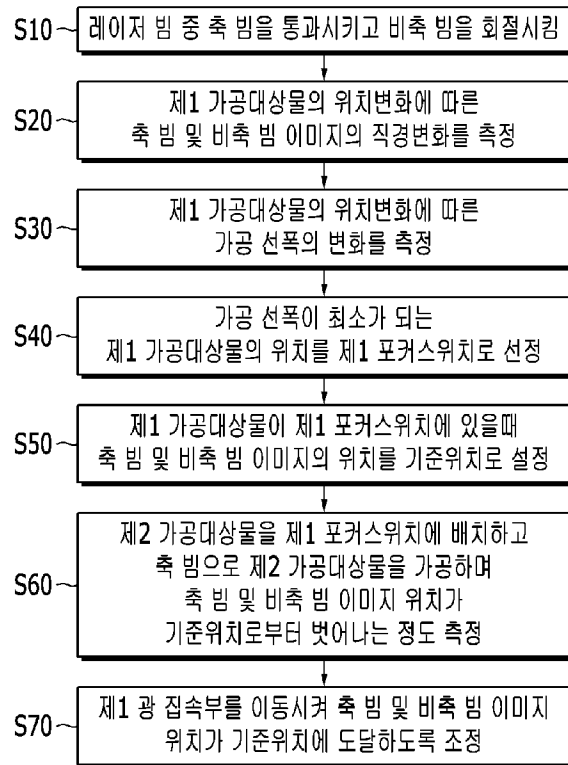
[Fig. 14]



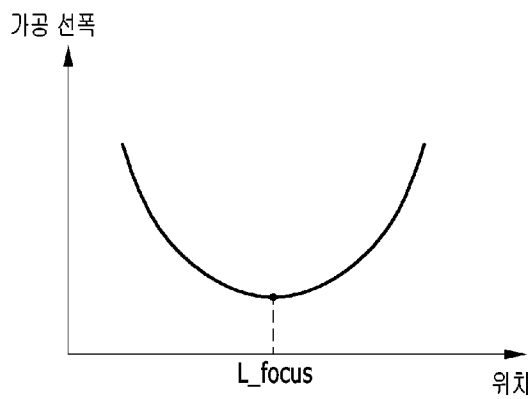
[Fig. 15]

600

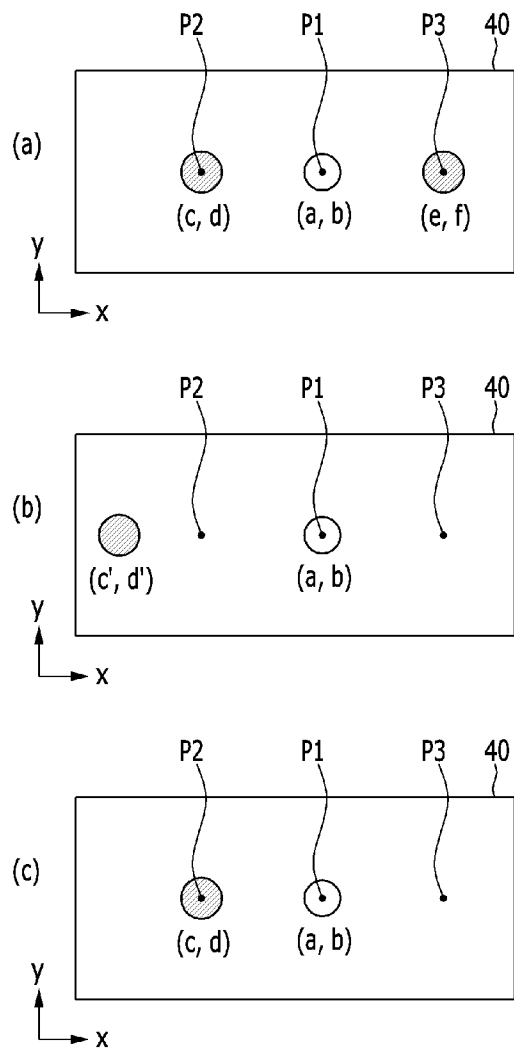
[Fig. 16]



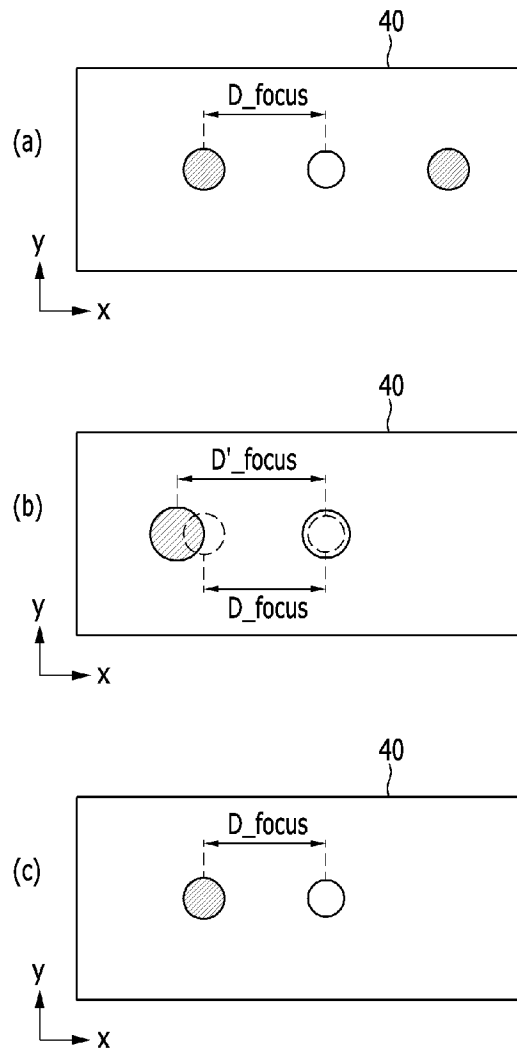
[Fig. 17]



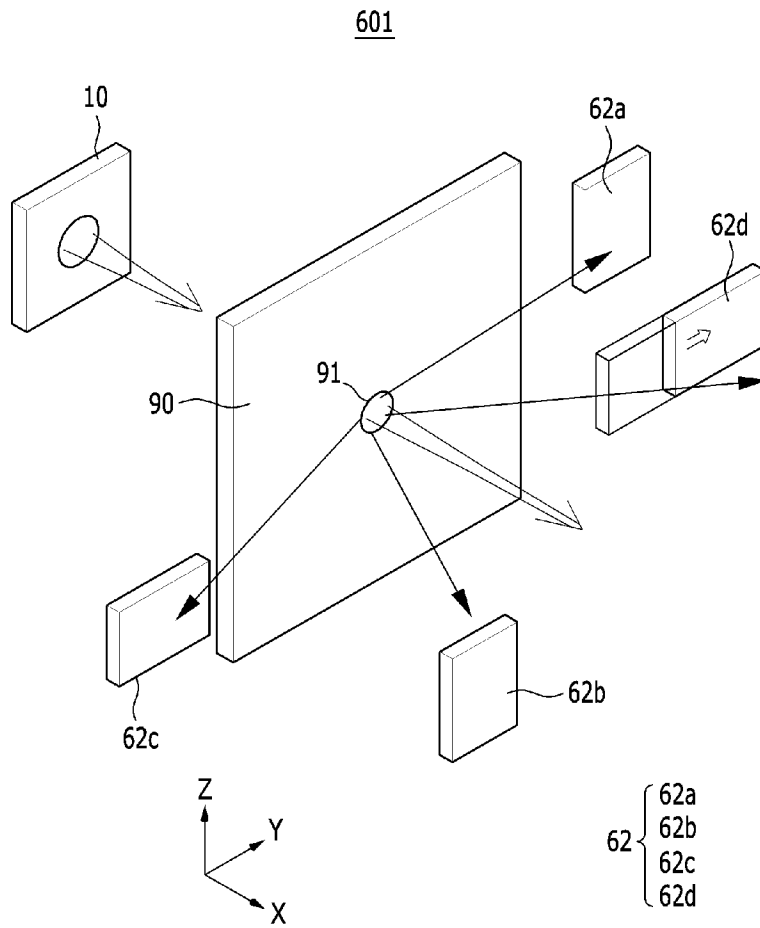
[Fig. 18]



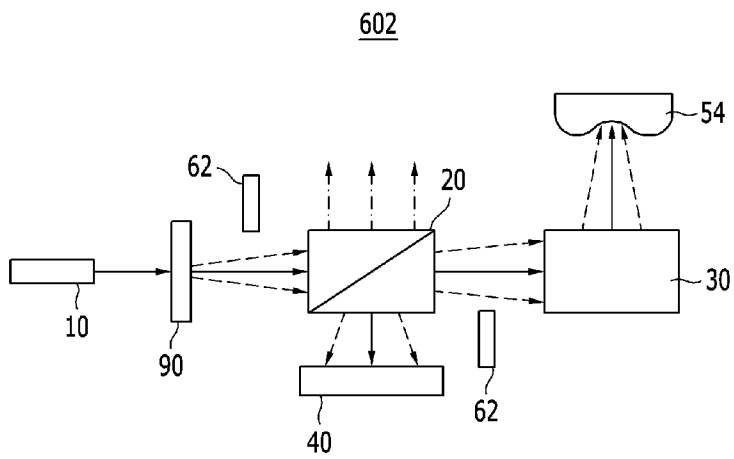
[Fig. 19]



[Fig. 20]

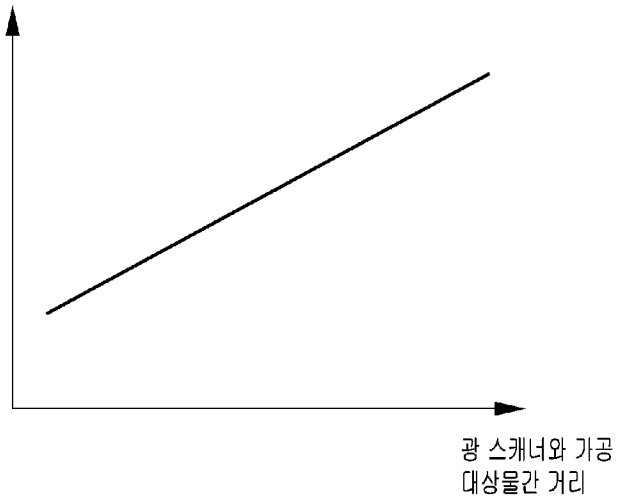


[Fig. 21]



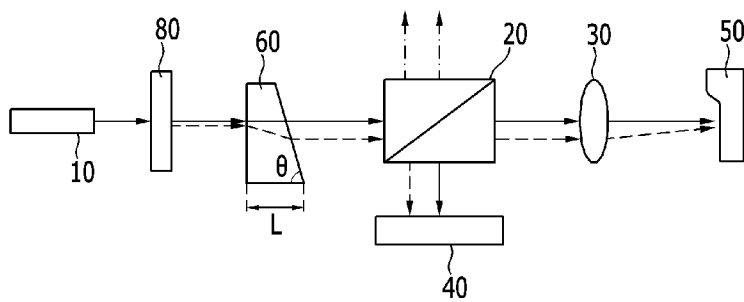
[Fig. 22]

빔프로파일러상
축빔과 비축빔 이미지
간의 간격

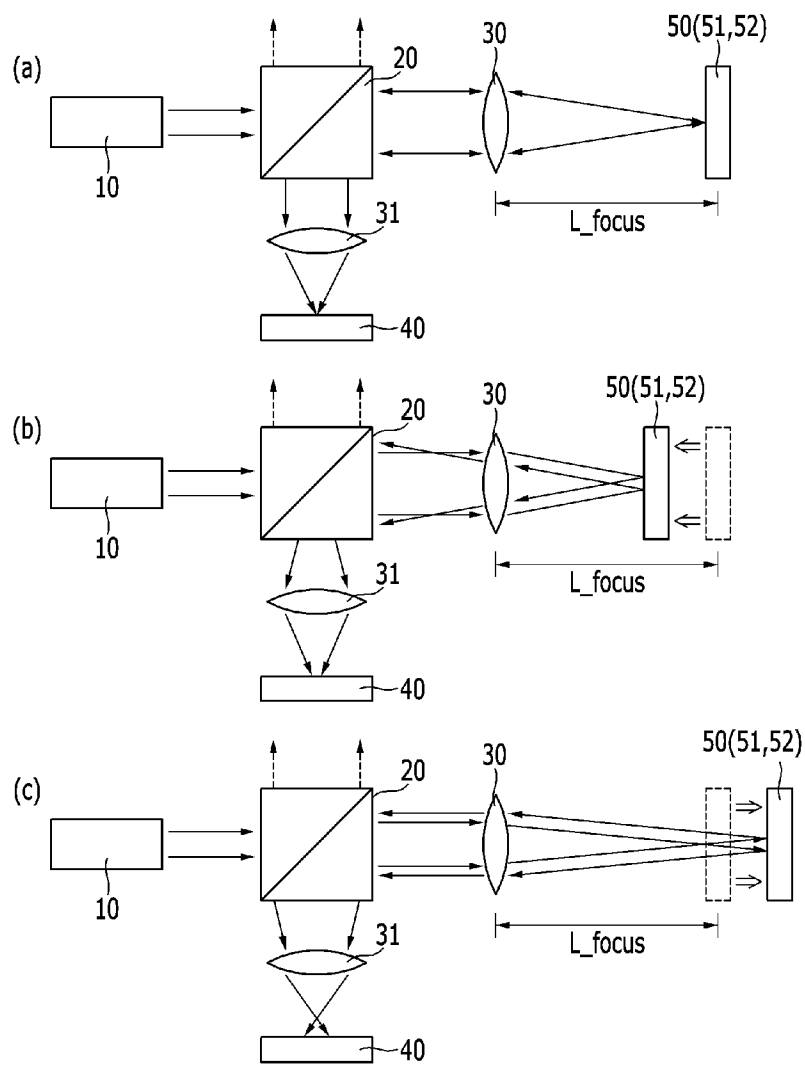


[Fig. 23]

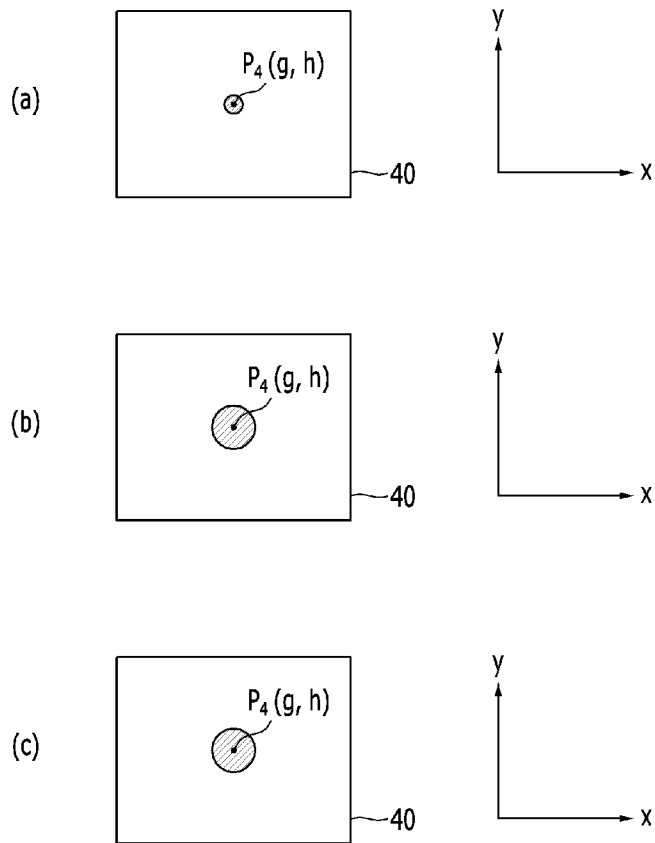
700



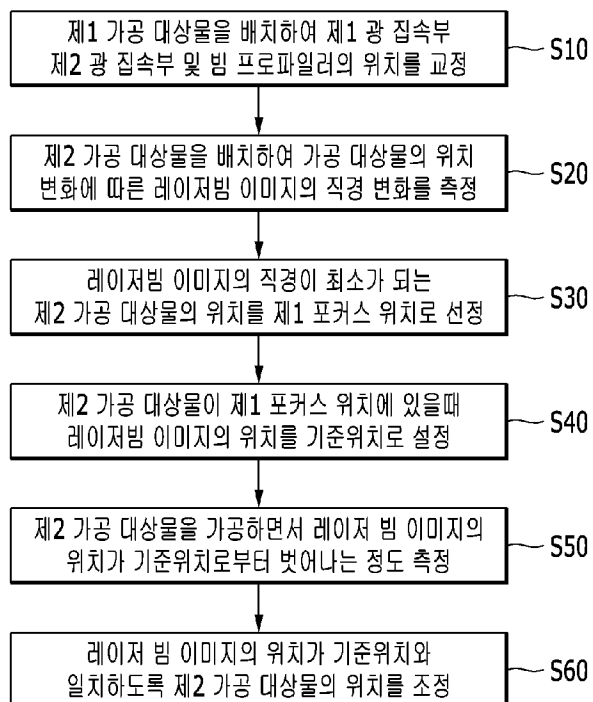
[Fig. 24]

800

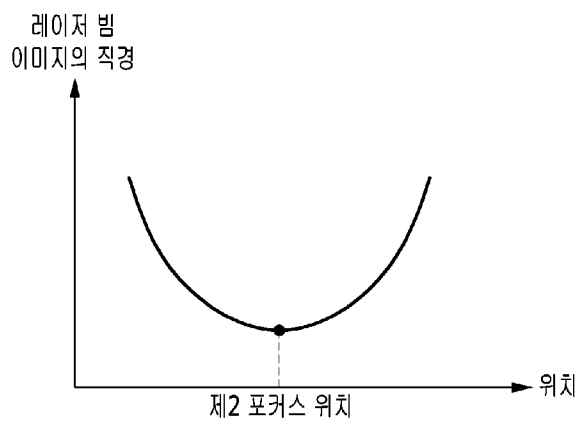
[Fig. 25]



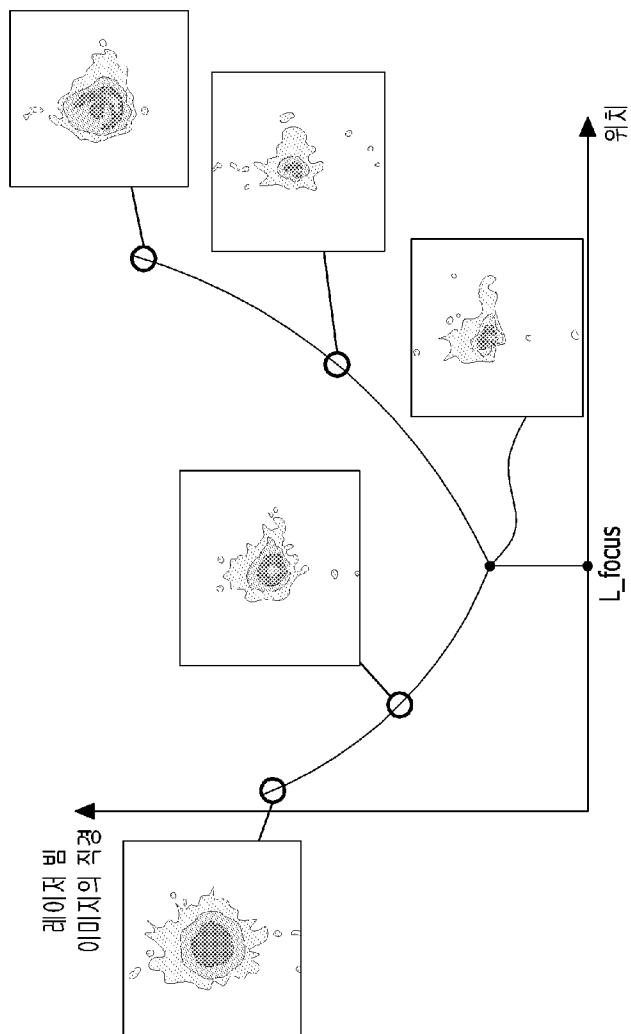
[Fig. 26]



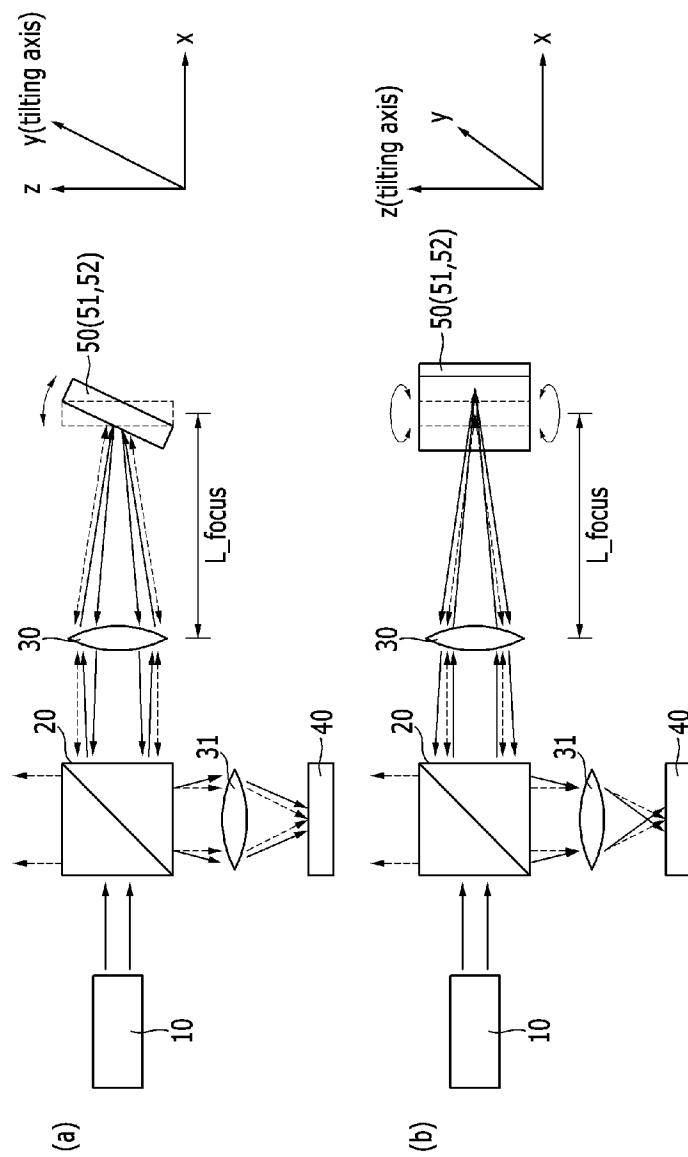
[Fig. 27]



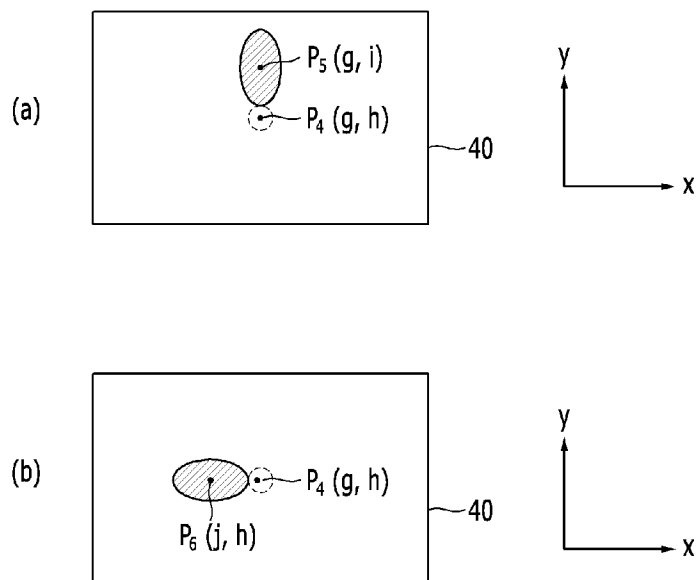
[Fig. 28]



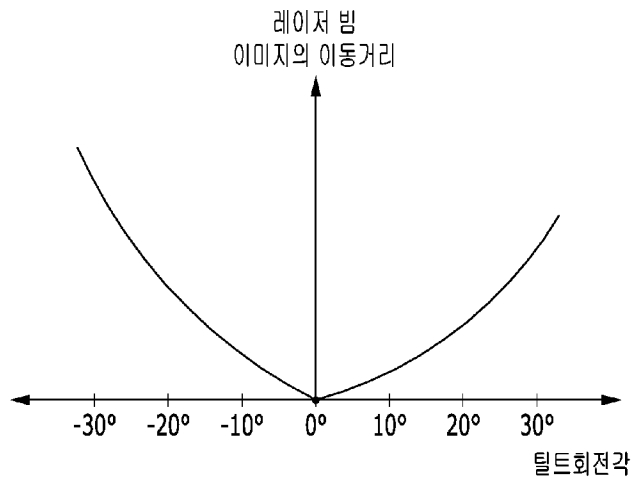
[Fig. 29]



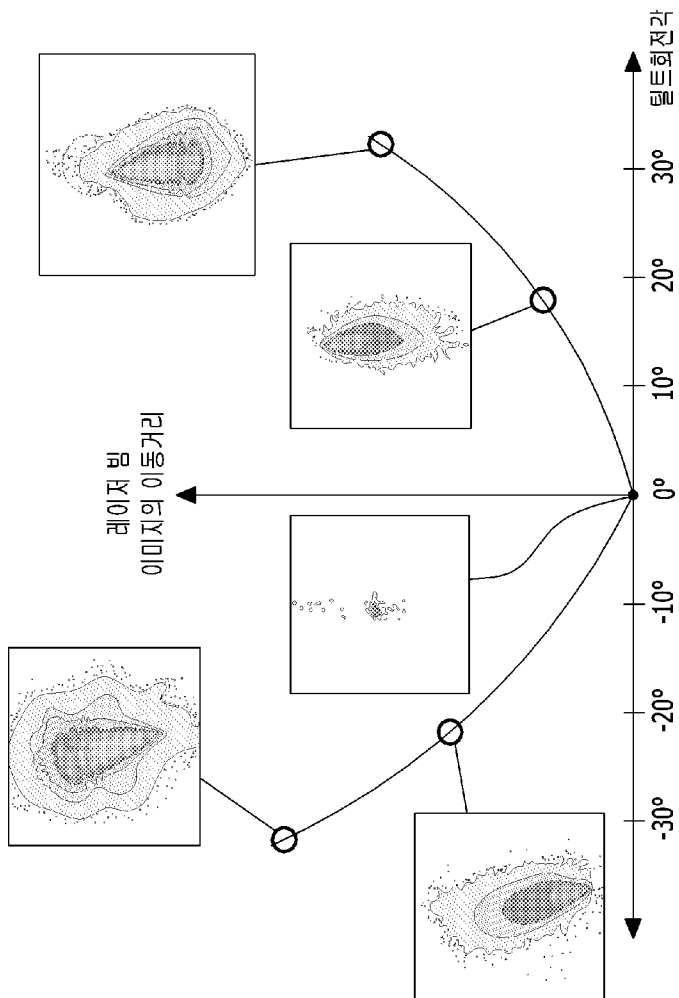
[Fig. 30]



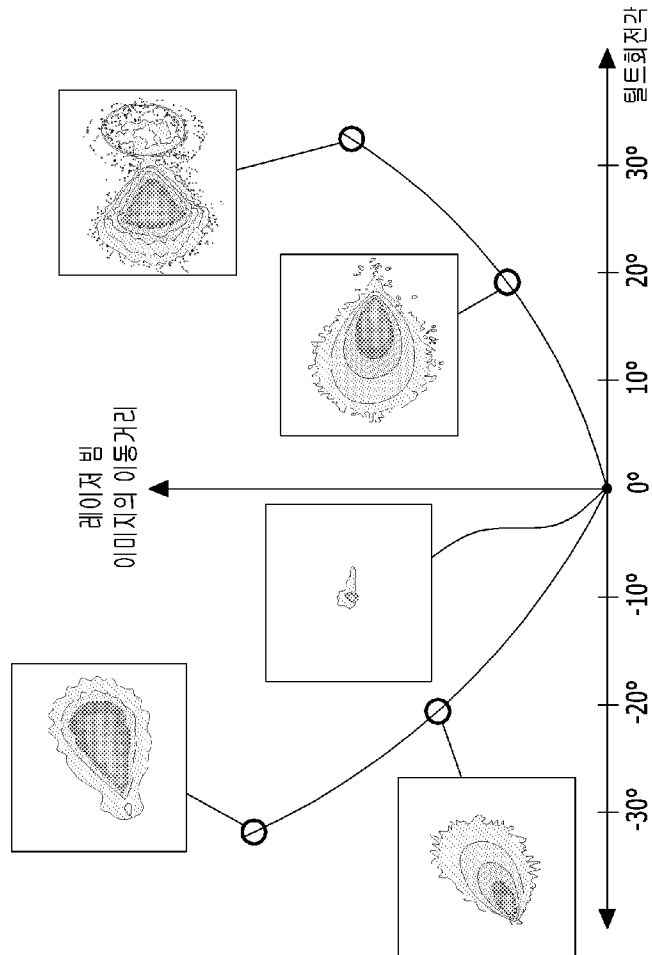
[Fig. 31]



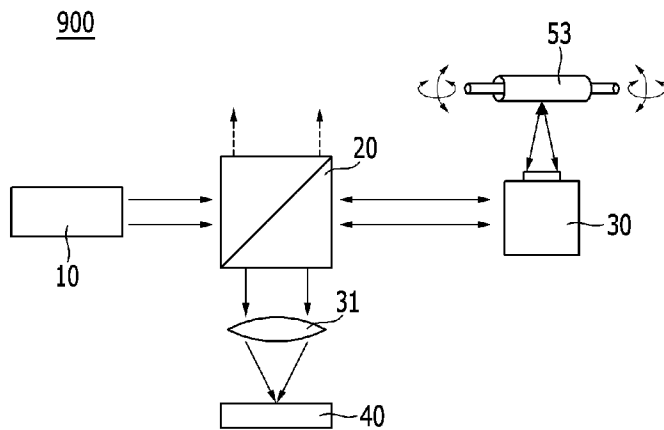
[Fig. 32]



[Fig. 33]



[Fig. 34]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/KR2014/007026**A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER****B23K 26/06(2006.01)i**

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

B23K 26/06; B23K 26/064; H01S 3/10; B23K 26/046; B23K 26/08; B23K 26/04; H01L 21/30; G01C 3/06; G02B 27/40; G03B 13/36

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Korean Utility models and applications for Utility models: IPC as above

Japanese Utility models and applications for Utility models: IPC as above

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

eKOMPASS (KIPO internal) & Keywords: beam profiler, focusing, laser

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	KR 10-1279578 B1 (EO TECHNICS CO., LTD) 27 June 2013	1,3,10-14,26-27
A	See abstract, paragraphs 29-50, figures 1-6.	2,4-9,15-25,28-31
Y	JP 2008-119716 A (MARUBUN CORP.) 29 May 2008	1,3,10-20,26-27
A	See abstract, paragraphs 1-71, figures 1-4.	2,4-9,21-25,28-31
Y	KR 10-2009-0061138 A (KOREA INSTITUTE OF SCIENCE AND TECHNOLOGY et al.)	3,15-20
A	16 June 2009 See abstract, paragraphs 8-46, figures 1-3.	1-2,4-14,21-31
Y	KR 10-1994-0001227 B1 (KOREA INSTITUTE OF SCIENCE AND TECHNOLOGY)	6-7,10
A	17 February 1994 See pages 2-3, figures 1-3.	1-5,8-9,11-31
Y	KR 10-2011-0120110 A (DUCKIN CO., LTD) 03 November 2011	6-7,10,18-20
A	See abstract, paragraphs 16-43, figures 1-10.	1-5,8-9,11-17,21-31



Further documents are listed in the continuation of Box C.



See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"I" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

07 NOVEMBER 2014 (07.11.2014)

Date of mailing of the international search report

10 NOVEMBER 2014 (10.11.2014)

Name and mailing address of the ISA/KR



Korean Intellectual Property Office
Government Complex-Daejeon, 189 Seonsa-ro, Daejeon 302-701,
Republic of Korea

Facsimile No. 82-42-472-7140

Authorized officer

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/KR2014/007026

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y A	JP 2008-290090 A (PULSTEC INDUSTRIAL CO., LTD. et al.) 04 December 2008 See abstract, paragraphs 29-91, figures 1-14.	11-12 1-10,13-31

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/KR2014/007026

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member	Publication date
KR 10-1279578 B1	27/06/2013	NONE	
JP 2008-119716 A	29/05/2008	NONE	
KR 10-2009-0061138 A	16/06/2009	KR 10-0939679 B1	03/02/2010
KR 10-1994-0001227 B1	17/02/1994	KR 10-1993-0003251 A	24/02/1993
KR 10-2011-0120110 A	03/11/2011	KR 10-1092232 B1	05/12/2011
JP 2008-290090 A	04/12/2008	NONE	

A. 발명이 속하는 기술분류(국제특허분류(IPC))

B23K 26/06(2006.01)i

B. 조사된 분야

조사된 최소문헌(국제특허분류를 기재)

B23K 26/06; B23K 26/064; H01S 3/10; B23K 26/046; B23K 26/08; B23K 26/04; H01L 21/30; G01C 3/06; G02B 27/40; G03B 13/36

조사된 기술분야에 속하는 최소문헌 이외의 문헌

한국등록실용신안공보 및 한국공개실용신안공보: 조사된 최소문헌란에 기재된 IPC
일본등록실용신안공보 및 일본공개실용신안공보: 조사된 최소문헌란에 기재된 IPC

국제조사에 이용된 전산 데이터베이스(데이터베이스의 명칭 및 검색어(해당하는 경우))

eKOMPASS(특허청 내부 검색시스템) & 키워드: 빔 프로파일러, 포커싱, 레이저

C. 관련 문헌

카테고리*	인용문헌명 및 관련 구절(해당하는 경우)의 기재	관련 청구항
Y A	KR 10-1279578 B1 (주식회사 이오테크닉스) 2013.06.27 요약, 단락 29-50, 도면 1-6 참조.	1,3,10-14,26-27 2,4-9,15-25,28-31
Y A	JP 2008-119716 A (MARUBUN CORP.) 2008.05.29 요약, 단락 1-71, 도면 1-4 참조.	1,3,10-20,26-27 2,4-9,21-25,28-31
Y A	KR 10-2009-0061138 A (한국과학기술원 외 1명) 2009.06.16 요약, 단락 8-46, 도면 1-3 참조.	3,15-20 1-2,4-14,21-31
Y A	KR 10-1994-0001227 B1 (한국과학기술연구원) 1994.02.17 페이지 2-3, 도면 1-3 참조.	6-7,10 1-5,8-9,11-31
Y A	KR 10-2011-0120110 A (주식회사 덕인) 2011.11.03 요약, 단락 16-43, 도면 1-10 참조.	6-7,10,18-20 1-5,8-9,11-17,21-31

☒ 추가 문헌이 C(계속)에 기재되어 있습니다.

☒ 대응특허에 관한 별지를 참조하십시오.

* 인용된 문헌의 특별 카테고리:

“A” 특별히 관련이 없는 것으로 보이는 일반적인 기술수준을 정의한 문헌

“T” 국제출원일 또는 우선일 후에 공개된 문헌으로, 출원과 상충하지 않으며 발명의 기초가 되는 원리나 이론을 이해하기 위해 인용된 문헌

“E” 국제출원일보다 빠른 출원일 또는 우선일을 가지나 국제출원일 이후에 공개된 선출원 또는 특허 문헌

“X” 특별한 관련이 있는 문헌. 해당 문헌 하나만으로 청구된 발명의 신규성 또는 진보성이 없는 것으로 본다.

“L” 우선권 주장에 의문을 제기하는 문헌 또는 다른 인용문헌의 공개일 또는 다른 특별한 이유(이유를 명시)를 밝히기 위하여 인용된 문헌

“Y” 특별한 관련이 있는 문헌. 해당 문헌이 하나 이상의 다른 문헌과 조합하는 경우로 그 조합이 당업자에게 자명한 경우 청구된 발명은 진보성이 없는 것으로 본다.

“O” 구두 개시, 사용, 전시 또는 기타 수단을 언급하고 있는 문헌

“&” 동일한 대응특허문헌에 속하는 문헌

“P” 우선일 이후에 공개되었으나 국제출원일 이전에 공개된 문헌

국제조사의 실제 완료일

2014년 11월 07일 (07.11.2014)

국제조사보고서 발송일

2014년 11월 10일 (10.11.2014)

ISA/KR의 명칭 및 우편주소

 대한민국 특허청
(302-701) 대전광역시 서구 청사로 189,
4동 (둔산동, 정부대전청사)

팩스 번호 +82-42-472-7140

심사관

우귀에

전화번호 +82-42-481-5523



C (계속). 관련 문헌

카테고리*	인용문헌명 및 관련 구절(해당하는 경우)의 기재	관련 청구항
Y A	JP 2008-290090 A (PULSTEC INDUSTRIAL CO., LTD. 외 1명) 2008.12.04 요약, 단락 29-91, 도면 1-14 참조.	11-12 1-10, 13-31

국제조사보고서에서 인용된 특허문헌	공개일	대응특허문헌	공개일
KR 10-1279578 B1	2013/06/27	없음	
JP 2008-119716 A	2008/05/29	없음	
KR 10-2009-0061138 A	2009/06/16	KR 10-0939679 B1	2010/02/03
KR 10-1994-0001227 B1	1994/02/17	KR 10-1993-0003251 A	1993/02/24
KR 10-2011-0120110 A	2011/11/03	KR 10-1092232 B1	2011/12/05
JP 2008-290090 A	2008/12/04	없음	