



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2019년03월06일
 (11) 등록번호 10-1954697
 (24) 등록일자 2019년02월27일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
 B23K 26/062 (2014.01) B23K 26/046 (2014.01)
 B23K 26/064 (2014.01) B23K 26/067 (2006.01)
 B23K 26/70 (2014.01)
 (52) CPC특허분류
 B23K 26/062 (2015.10)
 B23K 26/046 (2013.01)
 (21) 출원번호 10-2016-0094266
 (22) 출원일자 2016년07월25일
 심사청구일자 2016년07월25일
 (65) 공개번호 10-2018-0011641
 (43) 공개일자 2018년02월02일
 (56) 선행기술조사문헌
 KR1020150114328 A*
 (뒷면에 계속)

(73) 특허권자
 한국기계연구원
 대전광역시 유성구 가정북로 156 (장동)
 (72) 발명자
 조성학
 대전광역시 서구 청사로 70 (월평동,
 누리아파트) 113-1208
 최원석
 대전광역시 유성구 신성로84번길 33-9 (신성동)
 정자빌라 204호
 (뒷면에 계속)
 (74) 대리인
 특허법인 플러스

전체 청구항 수 : 총 13 항

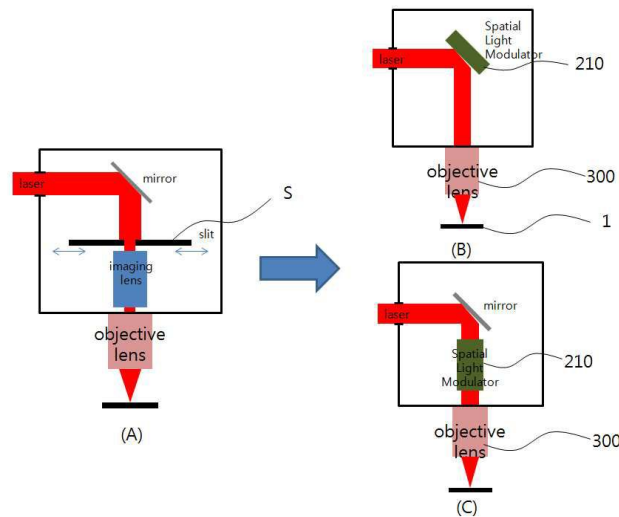
심사관 : 우귀애

(54) 발명의 명칭 자유형상 가공용 극초단 레이저 가공장비

(57) 요약

본 발명은 자유형상 가공용 극초단 레이저 가공장비에 관한 것으로서, 더욱 상세하게는 빔의 형상을 사용자가 원하는 다양한 형상으로 변형하되 빔의 회절현상을 방지할 수 있을 뿐만 아니라, 가공 대상물을 가공하며 가공 대상물을 성형하는 빔에 대한 가공 대상물의 특성과, 변화되는 가공 대상물의 가공 형상을 실시간으로 확인 가능한, 자유형상 가공용 극초단 레이저 가공장비에 관한 것이다.

대표도 - 도2



(52) CPC특허분류

B23K 26/064 (2015.10)

B23K 26/067 (2013.01)

B23K 26/702 (2015.10)

(72) 발명자

김훈영

대전광역시 유성구 신성로61번길 50 (신성동) 201호

전진우

대전광역시 유성구 신성로71번길 36 (신성동) 403호

(56) 선행기술조사문헌

KR1020150121334 A*

JP2001059943 A*

KR1020120039222 A*

JP2006247665 A*

*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

명세서

청구범위

청구항 1

레이저 광원;

입사되는 레이저 빔의 형상을 제어하는 형상 구현장치와, 현상 구현장치에 빛을 조사하는 형상 구현부용 조명부를 포함하며, 상기 레이저 광원에서 출사되어 가공 대상물에 조사되는 레이저 빔의 광 경로 상에 배치되어 입사되는 레이저 빔의 입사 위치별 반사각 또는 투과율을 선택제어하여 레이저 빔의 형상을 변형 제어하는 형상 구현부;

상기 형상 구현부에서 출사된 빔을 상기 가공 대상물의 가공 부위로 집광하는 대물렌즈;

상기 가공 대상물에서 반사되어 온 레이저 빔을 입사받아, 상기 가공 대상물의 가공 부위 영상을 실시간으로 촬영하여, 가공 부위의 위치와 레이저의 초점을 디스플레이화하는 제1 측정부;

상기 가공 대상물에서 반사되는 빛과, 가공 대상물 가공 시 발생하는 플라즈마의 강도와 스펙트럼 중 선택되는 하나 이상을 측정하여, 상기 가공 대상물의 성분을 분석하고 상기 가공 대상물의 에너지 흡수 정도를 디스플레이화하는 제2 측정부; 및

상기 제2 측정부에서 분석한 상기 가공대상물의 성분, 에너지 흡수 정도와 상기 제1 측정부에서 측정한 데이터를 이용하여, 레이저 빔의 파장, 펄스 세기, 펄스 폭 중 적어도 하나 이상을 제어하는 제어부;

를 포함하며,

상기 형상 구현부의 형상 구현장치는

입사되는 레이저 빔을 반사시켜 레이저 빔의 형상을 제어하는 반사식으로, 입사되는 레이저 빔을 반사하는 광학 표면 모듈과, 상기 광학표면 모듈의 형상을 제어하는 광학표면 제어부를 포함하되,

상기 광학표면 제어부는

입력되는 전압과 전류 중 어느 하나 이상을 제어하여 상기 광학표면 모듈의 형상을 제어하도록,

제1 전극이 형성되는 기판과, 상기 광학표면 모듈을 지지하는 구동력 전달부와, 상기 구동력 전달부의 하측에 형성되며 상기 제1 전극에서 인가되는 전기신호에 의해 발생하는 정전기력에 따라 형상이 변형되는 구동력 전달 표면과, 상기 구동력 전달 표면을 지지하는 구동력 전달 표면 지지부를 더 포함하며,

상기 제1 전극에 인가되는 전기신호에 의해 발생하는 정전기력으로 상기 구동력 전달 표면의 형상을 국부적으로 변형시켜 상기 광학표면 모듈을 지지하는 상기 구동력 전달부의 높이를 제어하는, 자유형상 가공용 극초단 레이저 가공장비.

청구항 2

삭제

청구항 3

삭제

청구항 4

삭제

청구항 5

레이저 광원;

입사되는 레이저 빔의 형상을 제어하는 형상 구현장치와, 현상 구현장치에 빛을 조사하는 형상 구현부용 조명부를 포함하며, 상기 레이저 광원에서 출사되어 가공 대상물에 조사되는 레이저 빔의 광 경로 상에 배치되어 입사되는 레이저 빔의 입사 위치별 반사각 또는 투과율을 선택제어하여 레이저 빔의 형상을 변형 제어하는 형상 구현부;

상기 형상 구현부에서 출사된 빔을 상기 가공 대상물의 가공 부위로 집광하는 대물렌즈;

상기 가공 대상물에서 반사되어 온 레이저 빔을 입사받아, 상기 가공 대상물의 가공 부위 영상을 실시간으로 촬영하여, 가공 부위의 위치와 레이저의 초점을 디스플레이화하는 제1 측정부;

상기 가공 대상물에서 반사되는 빛과, 가공 대상물 가공 시 발생하는 플라즈마의 강도와 스펙트럼 중 선택되는 하나 이상을 측정하여, 상기 가공 대상물의 성분을 분석하고 상기 가공 대상물의 에너지 흡수 정도를 디스플레이화하는 제2 측정부; 및

상기 제2 측정부에서 분석한 상기 가공대상물의 성분, 에너지 흡수 정도와 상기 제1 측정부에서 측정한 데이터를 이용하여, 레이저 빔의 파장, 펄스 세기, 펄스 폭 중 적어도 하나 이상을 제어하는 제어부;

를 포함하며,

상기 형상 구현부의 형상 구현장치는

입사되는 레이저 빔을 반사시켜 레이저 빔의 형상을 제어하는 반사식으로, 입사되는 레이저 빔을 반사하는 광학 표면 모듈과, 상기 광학표면 모듈의 형상을 제어하는 광학표면 제어부를 포함하되,

상기 광학표면 제어부는

입력되는 전압을 제어하여 상기 광학표면 모듈의 형상을 제어하도록,

제2 전극이 형성되는 기관과, 상기 제2 전극에 인가되는 전압에 의해 부피가 변형되는 압전재료를 더 포함하며,

상기 제2 전극에서 상기 압전재료에 전압을 가하여 상기 압전재료의 부피를 변형시켜 상기 압전재료의 상측에 위치되는 상기 광학표면 모듈의 형상을 가변하는, 자유형상 가공용 극초단 레이저 가공장비.

청구항 6

레이저 광원;

입사되는 레이저 빔의 형상을 제어하는 형상 구현장치와, 현상 구현장치에 빛을 조사하는 형상 구현부용 조명부를 포함하며, 상기 레이저 광원에서 출사되어 가공 대상물에 조사되는 레이저 빔의 광 경로 상에 배치되어 입사되는 레이저 빔의 입사 위치별 반사각 또는 투과율을 선택제어하여 레이저 빔의 형상을 변형 제어하는 형상 구현부;

상기 형상 구현부에서 출사된 빔을 상기 가공 대상물의 가공 부위로 집광하는 대물렌즈;

상기 가공 대상물에서 반사되어 온 레이저 빔을 입사받아, 상기 가공 대상물의 가공 부위 영상을 실시간으로 촬영하여, 가공 부위의 위치와 레이저의 초점을 디스플레이화하는 제1 측정부;

상기 가공 대상물에서 반사되는 빛과, 가공 대상물 가공 시 발생하는 플라즈마의 강도와 스펙트럼 중 선택되는 하나 이상을 측정하여, 상기 가공 대상물의 성분을 분석하고 상기 가공 대상물의 에너지 흡수 정도를 디스플레이화하는 제2 측정부; 및

상기 제2 측정부에서 분석한 상기 가공대상물의 성분, 에너지 흡수 정도와 상기 제1 측정부에서 측정한 데이터를 이용하여, 레이저 빔의 파장, 펄스 세기, 펄스 폭 중 적어도 하나 이상을 제어하는 제어부;

를 포함하며,

상기 형상 구현부의 형상 구현장치는

입사되는 레이저 빔을 통과시켜 레이저 빔의 위상을 제어하는 투과식으로,

전기필드 생성부에서 입력되는 전기 신호에 대응하여 발생하는 전기장을 통해 레이저가 통과하는 액정의 정렬 각도가 제어되어, 액정을 통과하는 레이저 빔의 국부적 위상을 제어하는, 자유형상 가공용 극초단 레이저 가공

장비.

청구항 7

삭제

청구항 8

제 1항, 제 5항 및 제 6항 중 선택되는 어느 한 항에 있어서,

레이저 빔의 분산을 제한하는 저분산 광학계와 분산보정 모듈을 더 포함하는, 자유형상 가공용 극초단 레이저 가공장비.

청구항 9

제 8항에 있어서,

상기 저분산 광학계는, 저분산 미러와, 저분산 스플리터와, 저분산 렌즈 중 선택되는 어느 하나 이상을 포함하는, 자유형상 가공용 극초단 레이저 가공장비.

청구항 10

제 8항에 있어서,

상기 분산보정 모듈은, 분산 보정 처프미러와, 분산 보정 웨지 페어와, 분산 보정 프리즘 페어 중 선택되는 어느 하나 이상을 포함하는, 자유형상 가공용 극초단 레이저 가공장비.

청구항 11

제 1항, 제 5항 및 제 6항 중 선택되는 어느 한 항에 있어서,

상기 레이저 광원에서 출사되어 상기 가공 대상물에 조사되는 레이저 빔의 광 경로상에 배치되며, 입사되는 빔을 동일 이동경로를 가지되 시간차를 가지는 복수개의 빔으로 분리하는 펄프 프로브를 더 포함하는, 자유형상 가공용 극초단 레이저 가공장비.

청구항 12

제 11항에 있어서,

상기 펄프 프로브는, 분리된 빔의 파장을 제어하는 파장 변환부를 더 포함하는, 자유형상 가공용 극초단 레이저 가공장비.

청구항 13

제 11항에 있어서,

상기 펄프 프로브는, 분리된 빔의 시간차를 제어하는 시간제어 스테이지를 더 포함하는, 자유형상 가공용 극초단 레이저 가공장비.

청구항 14

삭제

청구항 15

레이저를 가공 대상물을 향해 방출하는 레이저 방출단계;
 가공 대상물을 향해 방출되는 레이저의 형상을 제어하는 형상 제어단계; 및
 가공 대상물의 가공부를 촬영하며 레이저의 초점을 제어하는 초점 제어단계;
 를 포함하며,

상기 형상 제어단계는

입사되는 레이저 빔을 반사하는 광학표면 모듈과, 입사되는 레이저 빔의 형상을 제어하는 형상 구현장치와, 현상 구현장치에 빛을 조사하는 형상 구현부용 조명부를 이용하여,

입력되는 전압과 전류 중 어느 하나 이상을 제어하여 정전기력(Electro-Static Force, Electro-Mechanical)으로 상기 광학표면 모듈의 형상을 제어하여 레이저 빔의 형상을 제어하거나,

전기필드 생성부에서 입력되는 전기 신호에 대응하여 발생하는 전기장을 통해 레이저 빔이 통과하는 액정의 정렬 각도가 제어되어, 액정을 통과하는 레이저 빔의 국부적 위상을 제어하여, 방출되는 레이저의 형상을 제어하며,

상기 초점 제어단계는

상기 가공 대상물의 가공 부위 영상을 실시간으로 촬영하여 가공 부위의 위치와 레이저의 초점을 디스플레이하고 상기 가공 대상물 가공 시 반사되는 빛과, 발생하는 플라즈마의 강도와 스펙트럼 중 선택되는 어느 하나 이상을 측정하여, 레이저 빔의 파장, 펄스 세기, 펄스 폭 중 적어도 하나 이상을 제어하여 상기 가공 대상물의 가공을 위한 레이저 빔으로 제어하는, 자유형상 가공용 극초단 레이저 가공장비를 이용한 가공방법.

청구항 16

제 15 항에 있어서,

레이저의 분산을 보정하는 레이저 분산 보정단계를 더 포함하는, 자유형상 가공용 극초단 레이저 가공장비를 이용한 가공방법.

청구항 17

제 15 항에 있어서,

레이저 빔을 동일한 이동경로를 가지되 시간차를 가지는 복수개의 빔으로 분리시키는 분리단계를 더 포함하는, 자유형상 가공용 극초단 레이저 가공장비를 이용한 가공방법.

청구항 18

제 17 항에 있어서,

가공 대상물의 특성을 파악하여 분리된 각각의 레이저 빔을 가공 대상물의 가공에 적합한 파장의 빔으로 변환하는 파장 변환단계를 더 포함하는, 자유형상 가공용 극초단 레이저 가공장비를 이용한 가공방법.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 자유형상 가공용 극초단 레이저 가공장비에 관한 것으로서, 빔의 크기 및 형상 조절이 자유로울 뿐만 아니라, 가공 대상물의 가공이 올바르게 이루어지고 있는지를 실시간으로 확인 가능하여, 대상물에 대응하여 빔을 제어 가능한, 자유형상 가공용 극초단 레이저 가공장비에 관한 것이다.

[0002]

배경 기술

[0003] 단수의 빔으로 대상 물체를 가공하던 종래의 레이저 가공장비는, 레이저를 이용한 가공분야가 넓어지고 가공되는 재료 및 응용분야 또한 다양해지며 한계를 가지게 되었다.

[0004] 상세히 설명하면, 일반적으로 산업 양산라인에서 사용되는 레이저 가공장비는 빔의 세기 분포가 종 모양인 가우시안 빔 프로파일을 가지기 때문에, 가공 역시 종 모양으로 가공된다. 그러나 가공 재료나 응용에 따라 깊이 방향으로 균일하게 혹은 특정한 형상을 갖는 가공이 필요한 부분이 발생하므로, 원형가공이나 사각가공 또는 다양한 자유 형상 가공이 가능한 레이저 가공장비의 필요성이 대두된 것이다.

[0005] 이러한 문제점을 해결하고자, 기존에 산업에서 사용되던 종 모양의 가우시안 빔 웨이핑 광학계를 이중슬릿을 사용하여 종모양의 가우시안 프로파일에서 가운데 부분만 남기고 나머지를 잘라 플랫탑 빔 프로파일을 만드는 방법이 사용되었으나, 이중 슬릿을 이용한 빔 성형 방법은 슬릿의 칼날 끝부분에서 발생하는 빔의 회절현상을 피할 수 없으며, 이로 인해 최종 가공영역에 규칙적인 회절에 의한 간섭무늬가 발생하므로, 가공 대상물의 가공부 표면조도가 저해되고, 가공깊이의 불균일성이 발생하므로, 후 공정을 필요로 하거나 회절패턴으로 인해 공정상 불량률이 발생하였다.

[0006] 따라서, 회절패턴이 발생하지 않으며 빔을 가공 대상에 대응하여 다양한 형상 및 파장을 가지도록 변환시킬 수 있는 레이저 가공장비의 필요성이 대두되고 있다.

선행기술문헌

특허문헌

[0007] (특허문헌 0001) 한국등록특허 제1582455호

(특허문헌 0002) 한국공개특허 제2013-0044832호

발명의 내용

해결하려는 과제

[0008] 본 발명은 상기와 같은 문제점을 해결하기 위하여 안출된 것으로서 본 발명의 목적은, 레이저 빔의 형상 변화 시 빛의 회절 현상이 발생하는 것을 방지함으로써, 가공의 정밀성을 향상시키는 것이다.

[0009] 또한, 가공 대상물을 가공부를 가공과 동시에 측정하여 디스플레이화 함으로서 작업자가 가공 대상물의 변형에 대응하여 빔의 파장과 형상을 제어하여 가공의 신뢰성을 향상시키는 것이다.

과제의 해결 수단

[0010] 상기한 바와 같은 목적을 달성하기 위한 본 발명인 자유형상 가공용 극초단 레이저 가공장비는, 레이저 광원; 상기 레이저 광원에서 출사되어 가공 대상물에 조사되는 레이저 빔의 광 경로 상에 배치되며, 레이저 빔의 형상을 제어하는 형상 구현부; 및 상기 형상 구현부에서 출사된 빔을 상기 가공 대상물의 가공 부위로 집광하는 대물렌즈를 포함하는 것을 특징으로 한다.

[0011] 또한, 상기 가공 대상물에서 반사되어 온 레이저 빔을 입사받아, 상기 가공 대상물의 가공 부위 영상을 촬영하는 제1 측정부를 더 포함하는 것을 특징으로 한다.

[0012] 또한, 상기 형상 구현부는 입사되는 레이저 빔을 반사하는 광학표면 모듈과, 상기 광학표면 모듈의 형상을 제어하는 광학표면 제어부를 포함하는 것을 특징으로 한다.

[0013] 또한, 상기 광학표면 제어부는 제1 전극이 형성되는 기관, 상기 제1 전극에 인가되는 전기 신호에 의해 형상이

변형되는 구동력 전달 표면, 상기 구동력 전달 표면 상에 형성되며 상기 광학표면 모듈을 지지하는 구동력 전달 부를 포함하는 것을 특징으로 한다.

- [0014] 또한, 상기 광학표면 제어부는 제2 전극이 형성되는 기관, 상기 제2 전극에 인가되는 전압에 의해 부피가 변형되는 압전재료를 포함하는 것을 특징으로 한다.
- [0015] 또한, 상기 형상 구현부는 통과하는 레이저 빔의 위상을 제어하는 투과식인 것을 특징으로 한다.
- [0016] 또한, 상기 형상 구현부는 전기필드 생성부에서 입력되는 전기 신호에 대응하여 레이저가 통과하는 액정의 배열이 제어되는 것을 특징으로 한다.
- [0017] 또한, 레이저 빔의 분산을 제한하는 저분산 광학계와 분산보정 모듈을 더 포함하는 것을 특징으로 한다.
- [0018] 또한, 상기 저분산 광학계는, 저분산 미러와, 저분산 스플리터와, 저분산 렌즈 중 선택되는 어느 하나 이상을 포함하는 것을 특징으로 한다.
- [0019] 또한, 상기 분산보정 모듈은, 분산 보정 처프미러와, 분산 보정 ??지 페어와, 분산 보정 프리즘 페어 중 선택되는 어느 하나 이상을 포함하는 것을 특징으로 한다.
- [0020] 또한, 상기 레이저 광원에서 출사되어 상기 가공 대상물에 조사되는 레이저 빔의 광 경로상에 배치되며, 입사되는 빔을 동일 이동경로를 가지되 시간차를 가지는 복수개의 빔으로 분리하는 펄프 프로브를 더 포함하는 것을 특징으로 한다.
- [0021] 또한, 상기 펄프 프로브는, 분리된 빔의 파장을 제어하는 파장 변환부를 더 포함하는 것을 특징으로 한다.
- [0022] 또한, 상기 펄프 프로브는, 분리된 빔의 시간차를 제어하는 시간제어 스테이지를 더 포함하는 것을 특징으로 한다.
- [0023] 또한, 상기 가공 대상물에서 반사되는 빛과, 상기 가공대상물 가공 시 발생하는 플라즈마의 강도와 스펙트럼 중 선택되는 하나 이상을 측정하는 제2 측정부를 더 포함하는 것을 특징으로 한다.
- [0024] 상기한 바와 같은 목적을 달성하기 위한 본 발명인 자유형상 가공용 극초단 레이저 가공장비를 이용한 가공방법은, 레이저를 가공 대상물을 향해 방출하는 레이저 방출단계; 가공 대상물을 향해 방출되는 레이저의 형상을 제어하는 형상 제어단계; 및 가공 대상물의 가공부를 촬영하며 레이저의 초점을 제어하는 초점 제어단계; 를 포함하는 것을 특징으로 한다.
- [0025] 또한, 레이저의 분산을 보정하는 레이저 분산 보정단계를 더 포함하는 것을 특징으로 한다.
- [0026] 또한, 레이저 빔을 동일한 이동경로를 가지되 시간차를 가지는 복수개의 빔으로 분리시키는 분리단계를 더 포함하는 것을 특징으로 한다.
- [0027] 또한, 가공 대상물의 특성을 파악하여 분리된 각각의 레이저 빔을 가공 대상물의 가공에 적합한 파장의 빔으로 변환하는 파장 변환단계를 더 포함하는 것을 특징으로 한다.

발명의 효과

- [0028] 상기와 같은 구성에 의한 본 발명인 자유형상 가공용 극초단 레이저 가공장비는, 형상 구현부를 이용하여 레이저 빔의 형상을 기존의 사각 또는 원형 외에도 다양한 형상으로 변형 가능한 장점을 가진다.
- [0029] 그리고, 광학계가 분산을 최소화 혹은 보상하는 분산보정 광학계로 이루어져 빔이 공기, 렌즈, 미러를 통과 또는 반사하며 분산에 의해 발생하는 레이저의 펄스폭 변화를 최소화 또는 보상하여 줌으로서, 대상물 가공의 신뢰성을 향상 시키는 장점을 가진다.
- [0030] 아울러, 펄프 프로브를 이용하여 하나의 레이저 빔을 동일한 광경로를 시간차를 사지고 이동하되, 서로 다른 파위를 가지는 복수개의 빔으로 구분하여, 가공과 동시에 가공 대상물의 변형을 측정할 수 있을 뿐만 아니라, 반사광의 강도를 측정하여 레이저빔의 파장을 대상물체에 적합한 파장으로 변화시킬 수 있는 장점을 가진다.

도면의 간단한 설명

- [0031] 도 1은 본 발명의 제1 실시예에 따른 자유형상 가공용 극초단 레이저 가공장비를 개략적으로 도시한 것이다.
 도 2는 슬릿을 이용한 종래의 레이저 가공장비와 형상 구현부가 구비된 레이저 가공장비를 비교한 개념도이다.

- 도 3은 슬릿을 이용한 종래의 레이저 가공장비로 가공된 가공대상물과 본 발명에 따른 레이저 가공장비로 가공된 가공대상물을 비교한 실험데이터를 도시한 것이다.
- 도 4는 반사식 형상 구현장치의 일례를 도시한 것이다.
- 도 5는 반사식 형상 구현장치의 다른 예를 도시한 것이다.
- 도 6은 반사식 형상 구현장치의 변형을 도시한 것이다.
- 도 7은 프로그램을 이용한 형상 제어부의 제어와, 제어된 형상 제어부의 형상을 촬영한 데이터이다.
- 도 8은 투과식 형상 구현부의 일례를 도시한 것이다.
- 도 9는 본 발명의 제2 실시예에 따른 자유형상 가공용 극초단 레이저 가공장비를 개략적으로 도시한 것이다.
- 도 10은 분산 보정 처프미러와, 분산 보정 ??지 페어와, 분산 보정 프리즘 페어를 이용하여 빔의 분산을 보정하는 것을 나타낸 개념도이다.
- 도 11은 저분산 미러를 대체할 수 있는 한 쌍의 처프 미러가 결합된 저분산 모듈을 나타낸 개념도이다.
- 도 12는 본 발명의 제3 실시예에 따른 자유형상 가공용 극초단 레이저 가공장비를 개략적으로 도시한 것이다.
- 도 13은 펌프 프로브의 광학계를 나타낸 개념도이다.
- 도 14는 분리된 빔의 파워와 시간차를 나타낸 개념도이다.
- 도 15는 본 발명의 제4 실시예에 따른 자유형상 가공용 극초단 레이저 가공장비를 개략적으로 도시한 것이다.
- 도 16은 본 발명의 제5 실시예에 따른 자유형상 가공용 극초단 레이저 가공장비를 개략적으로 도시한 것이다.
- 도 17은 이미지렌즈가 구비된 자유형상 가공용 극초단 레이저 가공장비와 이미지렌즈가 구비되지 않은 가공장비의 비교도이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0032] 이하, 첨부된 도면을 참조하여 본 발명의 실시예에 따른 자유형상 가공용 극초단 레이저 가공장비를 설명한다.
- [0033] [제1 실시예]
- [0034] 도 1은 본 발명의 제1 실시예에 따른 자유형상 가공용 극초단 레이저 가공장비를 개략적으로 도시한 것이다.
- [0035] 도 1에 도시된 바와 같이, 본 발명의 제1 실시예에 따른 자유형상 가공용 극초단 레이저 가공장비는 레이저 광원(100), 상기 레이저 광원(100)에서 출사되어 가공 대상물(1)에 조사되는 레이저 빔의 광 경로 상에 배치되며, 입사되는 빔의 광학특성 즉, 입사 위치별 반사각, 투과율을 선택 제어하는 형상 구현부(200), 형상 구현부(200)에서 출사된 빔을 상기 가공 대상물(1)의 가공 부위로 집광하는 대물렌즈(300) 및 가공 대상물에서 반사되어 온 레이저 빔을 입사받아, 상기 가공 대상물(1)의 가공 부위 영상을 촬영 및 디스플레이화 하는 제1 측정부(600)를 포함한다.
- [0036] 형상 구현부(200)는 입사되는 빔을 반사 또는 투과시키는 과정에서 사용자가 원하는 형상으로 빔을 변형 출사시켜 자유로운 가공 형상을 만드는 것으로, 형상 구현부(200)의 구체적인 구성에 대해서는 후술하기로 한다.
- [0037] 제1 측정부(600)는 가공부의 위치와 초점을 육안으로 확인하기 위한 영상 획득부(610), 조명을 비추는 영상 획득부용 조명부(620), 자동 초점 조절을 위한 자동 초점 조절부(630)를 포함할 수 있다.
- [0038] 즉, 제1 측정부(600)는 가공 대상물(1)을 가공하며 반사되는 빔을 이용하여 가공 영상을 디스플레이화 함으로서, 사용자가 가공 부위의 위치와 레이저의 초점을 육안으로 확인할 수 있도록 한다.
- [0039] 도 2는 슬릿을 이용한 종래의 레이저 가공장비와 본 발명에 따른 형상 구현부가 구비된 레이저 가공장비를 비교한 개념도이다.
- [0040] 종래의 레이저 가공장비는 도 2의 A에 도시된 바와 같이 슬릿(S)을 이용하여 빔의 형상을 제어하였기 때문에, 원형 또는 사각 형상의 빔만을 만들 수 있었다.
- [0041] 즉, 종래의 레이저 가공장비로는 가공 대상물(1)의 가공에 적합한 형상으로 레이저 빔의 형상을 제어할 수 없었기 때문에, 가공 깊이가 불균일해지는 단점이 있었고, 빔이 슬릿(S)의 칼날 부분을 통과하며 발생하는 회절 현

상으로 인하여 도 3의 A에 도시된 바와 같이 최종 가공영역에서 회절에 의한 간섭무늬가 발생하고, 가공부의 표면조도가 저해되는 문제가 있었다.

- [0042] 따라서, 본 발명에서는 도 2의 B 또는 도 2의 C에 도시된 바와 같이 형상 구현부(200)를 이용하여 빔을 반사 또는 투과시키는 과정에서 빔의 형상을 제어함으로써, 도 3의 B에 도시된 바와 같이 가공의 신뢰성을 향상시킨 것이다.
- [0043] 이하에서는 형상 구현부(200)의 구성에 대하여 구체적으로 설명한다.
- [0044] 도 1에 도시된 바와 같이, 형상 구현부(200)는 빔의 형상을 제어하는 형상 구현장치(210)와, 형상 구현장치(210)에 빛을 조사하는 형상 구현부용 조명부(220)를 포함하여 이루어질 수 있다.
- [0045] 형상 구현장치(210)는 입사되는 레이저 빔을 반사시켜 레이저빔의 형상을 제어하는 반사식, 또는 레이저 빔을 통과시키는 과정에서 레이저 빔의 위상을 제어하는 투과식으로 구성될 수 있으며, 도 4 내지 7을 참조하여 각 구성에 대해 구체적으로 설명한다.
- [0046] 도 4는 반사식 형상 구현장치(210)의 일례를 도시한 것이다.
- [0047] 도 4에 도시된 형상 구현장치(210)는 입사되는 레이저 빔을 반사하여 레이저빔의 형상을 제어하는 반사식 형상 구현부로, 입사되는 빛을 반사하는 광학표면 모듈(211)의 표면 형상을 광학표면 제어부(212)로 제어한다.
- [0048] 형상 구현장치(210)가 반사식으로 구성되는 경우, 광학표면 제어부(212)로 입력되는 전압과 전류 중 어느 하나 이상을 조절하여 광학표면 모듈(211)의 형상을 변화시킬 수 있고, 이로써 최종 가공영역에서 원하는 가공패턴을 만들 수 있다.
- [0049] 도 4를 참조하여 설명하면, 형상 구현장치(210)는 광학표면 모듈(211)과 광학표면 제어부(212)를 포함하며, 광학표면 제어부(212)는 상기 광학표면 모듈(211)을 지지하는 구동력 전달부(212-1)와, 상기 구동력 전달부(212-1)의 하측에 형성되며 제1 전극(212-4)에서 인가되는 정전기력에 의해 형상이 변형되는 구동력 전달 표면(212-2)과, 상기 구동력 전달 표면(212-2)을 지지하는 구동력 전달 표면 지지부(212-3) 및 기판(212-5)을 포함하여 이루어질 수 있다.
- [0050] 상세히 설명하면, 상기 광학표면 모듈(211)로 입사 후 반사되는 빔을 사용자가 원하는 일정 형상으로 만들기 위하여, 상기 제1 전극(212-4)에 일정한 신호가 입력되고, 상기 제1 전극(212-4)에서 정전기력(Electro-Static Force, Electro-Mechanical)으로 상기 구동력 전달 표면(212-2)의 형상을 국부적으로 변형시켜 광학표면 모듈(211)을 지지하는 구동력 전달부(212-1)의 높이를 제어하는 것이다.
- [0051] 이때, 상기 제1 전극(212-4)이 형성하는 정전기력은 상기 구동력 전달 표면(212-2)을 당기는 인력 또는 구동력 전달 표면(212-2)을 미는 척력을 구현 가능하므로, 상기 구동력 전달 표면(212-2)은 상기 제1 전극(212-4)이 위치되는 하측 또는 상기 광학표면 모듈(211)이 형성되는 상측으로 양방향 변위를 가질 수 있음은 물론이다.
- [0052] 도 5는 반사식 형상 구현장치(210)의 다른 예를 도시한 것이다.
- [0053] 도 5를 참조하여 설명하면, 형상 구현장치(210)는 상기 광학표면 모듈(211)의 하측에 광학표면 제어부(212)가 형성되며, 상기 광학표면 제어부(212)가 제2 전극(212-6)에서 입력되는 전압에 의해 부피가 변형되는 압전재료(212-7)로 이루어져, 상기 제2 전극(212-6)에서 상기 압전재료(212-7)에 전압을 인가하여 광학표면 모듈(211)의 표면 형상을 제어할 수 있다.
- [0054] 다시한번 설명하면, 상기 압전재료(Piezoelectric material)(212-7)는 전기를 가하면 변형되는 물질이므로, 상기 제2 전극(212-6)에서 상기 압전재료(212-7)의 일정 지역에 전기에너지를 가하면, 상기 압전재료(212-7)의 형상이 변형되며 압전재료(212-7)의 상측에 위치되는 상기 광학표면 모듈(211)의 형상이 가변되는 것이다.
- [0055] 이때, 상기 압전재료(212-7)는 입력되는 전기 에너지에 의해 형성되는 전기장에 대응하여 변형되는 정도가 커지거나 작아지므로, 도 6의 (b)에 도시된 바와 같이 일정한 전압이 입력되는 지점을 상기 광학표면 모듈(211)의 변형이 발생하지 않는 기준점으로 지정하고, 도 6의 (a)와 (c)에 도시된 바와 같이 전압을 더하거나 빼주는 방법으로 상기 광학표면 모듈(211)의 변형 정도를 제어할 수 있다.
- [0056] 아울러, 도 5를 참조하면 상기 광학표면 제어부(212)는 상기 광학표면 모듈(211)을 구성하는 유리(212-8)와 상기 압전재료(212-7) 사이에, 제3 전극(212-9)이 형성될 수 있고, 상기 유리(212-8)와 상기 제3 전극(212-9)은 접착제로 연결될 수 있다.

- [0057] 본 발명의 일실시예에 따르면 반사식 형상 구현장치(210)는 도 7에 도시된 바와 같이 일정한 프로그램 톨을 사용 가능하여 제어할 수 있다.
- [0058] 상세히 설명하면, 도 7의 A에 도시된 바와 같이 프로그램 톨을 이용하여 광학표면 모듈(211) 상에 패턴(P)을 형성 시, 제1 전극(212-4) 또는 제2 전극(212-6)에 일정한 전압이 입력되어, 상기 광학표면 모듈(211)에서 휨(deflection)이 발생하므로, 광학표면 모듈(211)의 지정 위치 표면 곡률이 변형되는 것이다.
- [0059] 이하, 투과식 형상 구현장치(210)에 대하여 설명한다.
- [0060] 도 8은 형상 구현장치(210)가 투과식으로 구성된 일례를 도시한 것이다.
- [0061] 도 8에 도시된 바와 같이, 형상 구현장치(210)는 통과하는 레이저 빔의 위상을 제어하며, 전기필드 생성부(213)에서 입력되는 전기신호에 대응하여 레이저가 통과하는 액정(214)의 배열을 제어하여 레이저 빔의 형상을 제어하는 것이다.
- [0062] 상세히 설명하면, 도 8의 (a)에 도시된 바와 같이 배향막(215)(Liquid Cristal Alignment Layer)과 셀 스페이서(216)(cell spacer)를 이용하여 액정(Liquid Cristal)(214)이 위치되는 일정한 공간(217)을 형성하고, 도 8의 (b)에 도시된 바와 같이 배향막(215)과 셀 스페이서(216)의 외면에 위치한 전기필드 생성부(213)에서 전압을 인가 시 발생하는 전기장(E)을 통해 액정의 정렬 각도를 제어하여, 액정을 통과하는 레이저 빔의 국부적 위상을 바꿔주는 것이다.
- [0063] 이때, 도 8에서는 상기 액정이 위치되는 공간(217)이 상기 배향막(215)과 상기 셀 스페이서(216)가 연결되어 형성되는 것을 도시하였지만, 이는 일 실시예이며 다양한 방법으로 구성될 수 있다.
- [0064] 아울러, 도 8에는 하나의 공간(217)에만 액정(214)이 위치된 것을 도시하였지만, 액정(214)의 정렬 각도를 세밀하게 제어하기 위하여 상기 공간(217)을 더욱 작은 다수 개의 좁은 공간으로 분리하고, 분리된 각각의 좁은 공간에 상기 액정(214)이 위치될 수 있으며, 이외에도 즉, 도 8에 도시된 형상 구현장치(210)가 복수개 결합되어 일정한 크기의 모듈을 형성하는 것 또한 가능하다.
- [0065] [제2 실시예]
- [0066] 도 9는 본 발명의 제2 실시예에 따른 자유형상 가공용 극초단 레이저 가공장비를 개략적으로 도시한 것이다.
- [0067] 본 발명의 제2 실시예에 따르면, 자유형상 가공용 극초단 레이저 가공장비는 제1 실시예의 구성에 분산보정 모듈(800)을 더 포함한다.
- [0068] 또한, 빔의 분산을 억제하기 위하여 광학계를 구성하는 미러, 스플리터 및 광학 장비에 사용되는 렌즈가 각각 저분산 미러(M), 저분산 스플리터(S), 저분산 렌즈로 이루어질 수 있다.
- [0069] 즉, 저분산 미러, 저분산 스플리터, 저분산 렌즈를 이용하여 분산을 최소화함으로써, 레이저의 펄스폭이 늘어나는 것을 방지하고, 상기 분산보정 모듈(800)을 이용하여 분산에 의해 늘어난 펄스폭을 보정함으로써, 상기 레이저 광원(100)에서 방출되는 펄스폭 레이저의 특성이 변형되지 않고 상기 가공 대상물(1)을 가공할 수 있게 한 것이다.
- [0070] 상세히 설명하면, 본 발명은 레이저 가공에서 펄스폭의 펄스폭을 가지는 레이저를 사용하므로, 재료가공 시 레이저의 펄스폭이 재료의 열전달에 필요한 시간보다 짧기 때문에 HAZ가 발생하지 않는 장점이 있을 뿐만 아니라, 높은 피크파워를 얻을 수 있다.
- [0071] 이때, 상기 HAZ는 가공부 주위로 열에너지가 번져나가며 발생하는 열영향부를 의미하며, 이러한 열영향부는 열전달에 의해 발생되 열전달은 약 10ps의 딜레이 시간(electron-phonon relaxation time, electron-phonon coupling time)을 필요로 하므로, 본 발명에서는 레이저의 펄스폭을 열전달 딜레이 시간보다 짧은 수펨토(10ps 미만)로 제어하여, 나노초 레이저에서 발생하는 HAZ나 Burr, 충격파, 표면왜곡등이 발생하는 것을 방지한 것이다.
- [0072] 그리고, 상기 피크파워는 순간적으로 낼수있는 출력을 말하며, 펄스폭이 수펨토초인 본 발명은 순간적으로 페타와트 이상의 높은 출력을 구현하여, 포톤을 흡수 시키는 경향성을 높일 수 있으므로, 가공이 어려운, 공기, 난삭재, 초경 등 기계적 물성치에 상관 없이 대부분의 재료를 가공할 수 있는 것이다.
- [0073] 상기와 같은 장점은 본 발명이 펄스폭 영역의 매우 짧은 펄스폭 레이저를 사용하여 발생하므로, 본 발명에서는 상기 저분산 광학계와, 상기 분산보정 광학계를 사용하여 펄스폭이 늘어나는 것을 제한함으로써, 펄스폭 영역의

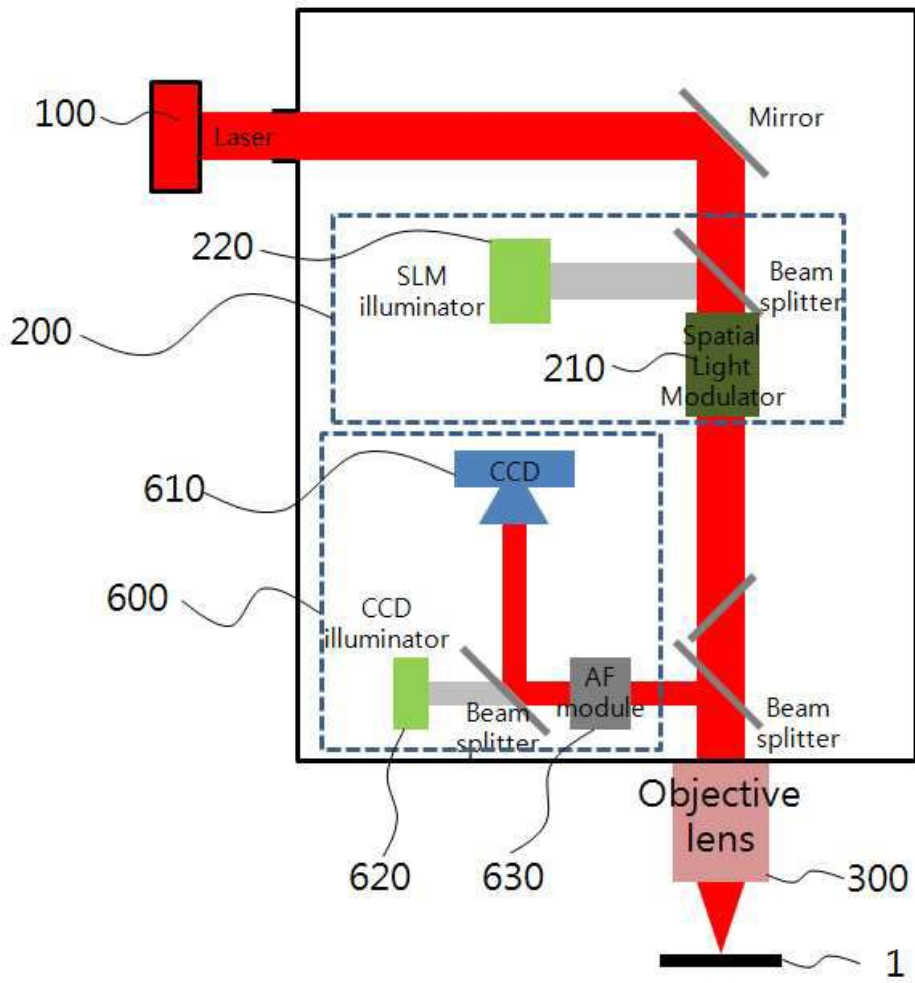
펄스폭을 가지는 레이저의 장점을 유지시키는 것이다.

- [0074] 상세히 설명하면, 레이저의 펄스폭은 투명물질을 통과할 때 늘어나게 된다. 즉, 광학계를 구성하는 렌즈, 미러, 스플리터 뿐만이 아니라 공기중을 통과할 때에도 펄스폭이 증가하는 현상이 발생한다. 이러한 펄스폭이 늘어나는 현상은 공기를 포함하는 투명재료가 분산이라는 광학적인 재료 특성을 가지고 있기 때문이므로, 본 발명에서는 일반적인 반사 미러 또는 스플리터 대신 저분산 미러(M) 또는 저분산 스플리터를(S) 사용하고, 일반적인 렌즈 대신 저분산 렌즈를 사용하며, 일차적으로 펄스폭 변화를 최소화 하고, 변화된 파장 변화를 상기 분산보정 모듈(800)을 이용하여 보정하여 줌으로서, 레이저 광원(100)에서 방출된 레이저 빔의 펄스폭이 가공 대상물(1)로 이동하는 과정에서 변형되는 것을 제한하는 것이다.
- [0075] 이때, 상기 분산보정 모듈(800)은 상기 레이저 광원(100)에서 출사되는 레이저 빔의 펄스폭을 측정하고, 상기 대물렌즈(300)와 상기 가공 대상물(1) 사이에서 가공 대상물(1)에 입사되는 레이저 빔의 펄스폭을 측정하여, 두 개의 펄스폭을 비교한 후 출사되는 레이저 빔의 펄스폭을 제어할 수 있는 장치이면 충분하므로 다양한 방법과 장치가 사용될 수 있다.
- [0076] 상세히 설명하면, 상기 분산보정 모듈(800)은 도 10에 도시된 분산 보정 처프 미러(a), 분산 보정 웨지 페어(b), 분산 보정 프리즘 페어(c) 등의 분산보정 방법을 사용하는 장치일 수 있는 것이다.
- [0077] 상기 처프 미러는 도 10의 (a)에 도시된 바와 같이 늘어난 빔의 펄스 폭을 반사되는 미러의 표면에 형성된 반사층의 위치 또는 두께를 가변하는 방법으로 보정하고, 상기 분산 보정 웨지 페어는 도 10의 (b)에 도시된 바와 같이 빔이 통과하는 삼각형상의 단면을 가지는 렌즈간의 이격거리 또는 통과하는 렌즈 단면의 두께를 가변하는 방법으로 펄스폭을 제어하고, 상기 분산 보정 프리즘 페어는 도 10의 (c)에 도시된 바와 같이 빔이 투과되는 삼각 프리즘의 위치를 제어하여 레이저 빔의 펄스폭을 제어하는 방법이다.
- [0078] 아울러, 상기 저분산 미러(M)는 도 11에 도시된 바와 같이 두 개의 처프 미러가 조합되어 이루어질 수 있다.
- [0079] 상세히 설명하면, 저분산 미러(M)는 일반적인 반사 미러에 비하여 반사시키는 빔의 파장 변화를 최소화 할 수 있지만, 빔의 파장 변화를 완벽하게 제한할 수 없다. 결국, 빔을 구성하는 다양한 파장은 저분산 미러(M)의 표면에 형성된 서로 다른 높이의 반사층(C-1,2,3,4,5,6,7,8,9)에서 각각 반사되며 펄스폭이 길어지는 것이다.
- [0080] 따라서, 본 발명에서는 저분산 미러(M) 대신 서로 역순의 반사층이 형성된 한 쌍의 처프미러를 서로의 반사층이 마주보게 위치시키고, 서로의 반사층이 마주보는 내측으로 빔을 통과시켜, 순방향 반사층을 가지는 제1 처프미러에서 반사되며 길어진 펄스폭이 역방향 반사층을 가지는 제2 처프미러에서 반사되며 복원지게 한 것이다.
- [0081] [제3 실시예]
- [0082] 도 12는 본 발명의 제3 실시예에 따른 자유형상 가공용 극초단 레이저 가공장비를 도시한 것이다.
- [0083] 도 12에 도시된 바와 같이, 본 발명의 제6 실시예에 따른 자유형상 가공용 극초단 레이저 가공장비는 제1 실시예의 구성에 펌프 프로브(400)를 더 포함한다.
- [0084] 펌프 프로브(400)는 레이저 광원(100)에서 출사되어 가공 대상물(1)에 조사되는 레이저 빔의 광 경로 상에 배치되며, 입사되는 빔을 시간차를 가지는 복수개의 빔으로 분리한다.
- [0085] 구체적으로, 도 13에 도시된 바와 같이 레이저 광원(100)에서 입사된 빔이 제1 빔 스플리터(BS1)에서 분리되어 프로브(400)를 구성하는 제1 빔 형성부(410)와, 제2 빔 형성부(420)를 각각 통과하게 되고, 각각의 빔 형성부(410, 420)를 이동하는 빔은, 시간제어 스테이지(440)와 상기 제2 빔 스플리터(BS2)의 이격거리 에 대응하여 시간차를 가지게된 후, 제3 빔 스플리터(BS3)에서 다시 합쳐져 동일 이동경로를 가지게 되는 것이다.
- [0086] 이때, 상기 제1 빔 형성부(410)와 상기 제2 빔 형성부(430)는 도 13에 도시된 바와 같이 빔의 파장을 제어하는 파장 변환부(430)를 더 포함할 수 있으며, 도 14에 도시된 바와 같이 파장 변환부(430)를 통해 빔의 파장과, 파워(펄스폭)를 제어하고, 상기 시간제어 스테이지(440)를 통해 각각의 빔의 시간차를 제어함으로써, 가공 대상물(1)의 가공을 더욱 용이하게 할 수 있다.
- [0087] 상세히 설명하면, 레이저 가공 시 서로 다른 펄스폭을 가지는 레이저를 시간 간격을 두고 차례로 조사할 경우, 처음 방출되는 레이저를 가공 대상물(1)을 가열하는데 사용하고, 두 번째 방출되는 레이저를 가공 대상물(1)을 가공하는 레이저로 사용할 경우, 처음 방출되는 레이저에 의해 가공 대상물(1)이 가열되어 두 번째 방출되는 레이저가 가공 대상물(1)을 가공하는데 필요한 에너지가 감소되므로, 가공 단면이 매끄럽게 형성된다.

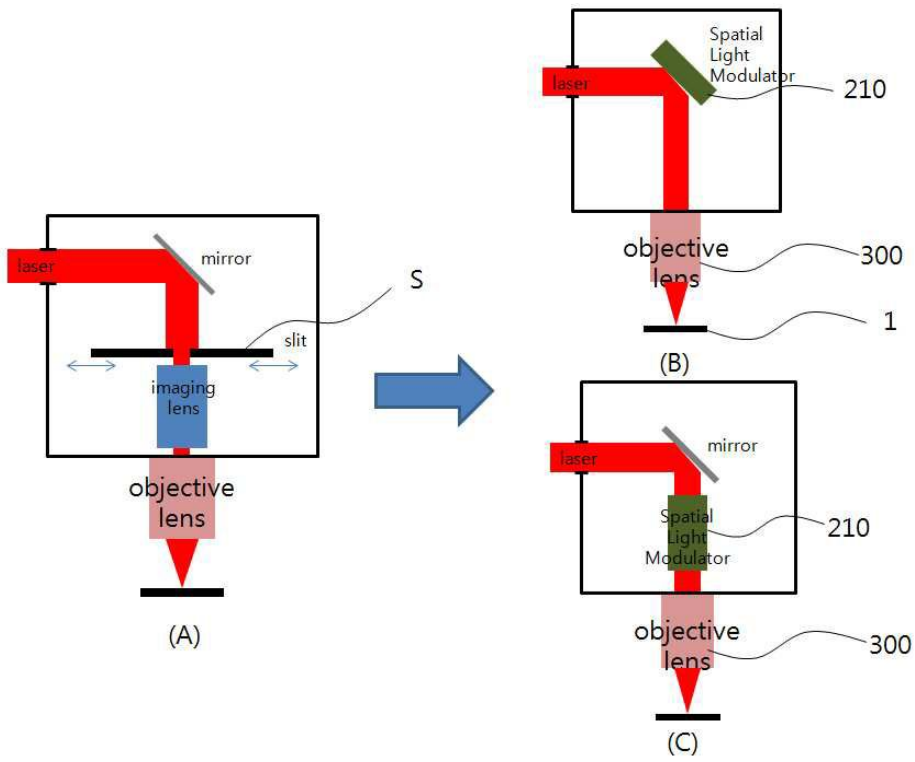
- [0088] 그리고, 이와는 반대로 첫 번째 레이저의 펄스를 두 번째 레이저에 비해 강하게 하여 가공을 위한 레이저로 사용하고, 두 번째 레이저의 펄스를 첫 번째 레이저에 비해 약하게 하여 가공 대상물(1)의 가공부를 가열하는 용도로 사용하면, 가공된 가공 대상물(1)의 표면을 가공과 동시에 열처리하는 효과를 얻을 수 있는 것이다.
- [0089] 아울러, 상기와 같은 방법 이외에도 첫 번째 방출되는 레이저를 이용하여 플라즈마를 발생시키고, 두 번째 방출되는 레이저를 이용하여 첫 번째 레이저가 형성하는 플라즈마를 확장시키는 방법과, 첫 번째 레이저를 이용하여 가공 대상물(1)을 가공하고, 두 번째 레이저를 이용하여 가공 대상물(1)의 가공부를 측정하는 것 또한 가능하며, 상기와 같이 첫 번째 레이저를 이용하여 가공 대상물(1)을 가공하고, 두 번째 레이저를 측정용으로 사용할 경우, 가공 시 발생하는 충격파, 플라즈마 등의 현상을 짧은 시간 간격으로 관찰할 수 있으므로, 관찰한 결과를 기반으로 가공 변수 조절과 최적화가 가능한 것은 물론이다.
- [0090] 상세히 설명하면, 가공 대상물(1)을 가공하는 것은 레이저의 파장과 무관하지만 가공 대상물(1)의 레이저 파장에 대한 흡수율을 포함한 기초적인 반응성을 차이가 존재하며, 가공 경향성 또한 파장에 따라 차이가 존재한다.
- [0091] 따라서, 가공 대상물(1)을 가공하기 위하여 UV부터 IR까지 넓은 범위의 파장을 지원하여, 가공 대상물(1)에 대응하여 레이저 빔의 파장을 가변할 수 있게 한 것이다.
- [0092] [제4 실시예]
- [0093] 도 15는 본 발명의 제4 실시예에 따른 자유형상 가공용 극초단 레이저 가공장비를 도시한 것이다.
- [0094] 도 15에 도시된 바와 같이, 본 발명의 제4 실시예에 따른 자유형상 가공용 극초단 레이저 가공장비는 제2 측정부(500)와 제어부(700)를 더 포함한다.
- [0095] 제2 측정부(500)는 가공 대상물(1)의 빔 반사도를 측정하는 포토 다이오드(510)와, 스펙트럼을 측정하는 스펙트로미터(520)를 포함하여, 가공 대상물(1)에서 반사되는 빛과, 가공 대상물(1) 가공 시 발생하는 플라즈마의 강도와, 스펙트럼 중 선택되는 하나 이상을 측정한다.
- [0096] 제어부(700)는 제2 측정부(500)에서 측정된 데이터를 이용하여 본 발명인 자유형상 가공용 극초단 레이저 가공장비를 제어하는 것으로, 상기 포토 다이오드(510)와 상기 스펙트로미터(520)에서 측정된 반사 빔의 데이터를 이용하여 가공빔에 대한 상기 가공 대상물(1)의 특징을 파악하고, 레이저 빔을 가공 대상물(1) 가공에 최적화된 빔으로 제어한다.
- [0097] 상세히 설명하면, 상기 제2 측정부(500)는 상기 가공 대상물(1) 가공 시 발생하는 플라즈마를 스펙트럼과 반사광의 강도를 측정하여, 현재 가공 중인 가공 대상물(1)의 성분을 분석하고, 가공이 올바르게 진행되고 있는지에 대한 상황을 모니터링 할 뿐만 아니라, 반사광을 통해 가공 대상물(1)의 성분을 분석하여 가공 대상물(1)의 에너지 흡수 정도 또한 디스플레이화 한다.
- [0098] 따라서, 작업자 또는 상기 제어부(700)가 실시간으로 가공 변수에 대응함과 동시에 피드백을 통해 가공 시스템을 최적화 시킬 수 있는 것이다.
- [0099] 이때, 상기 제2 측정부(500)에서 측정된 데이터 외에도 상기 제1 측정부(600)에서 측정된 영상을 통해 사용자가 레이저 빔의 파장, 펄스 세기, 펄스 폭 등을 제어하여 효율적으로 가공 대상물(1)을 가공할 수 있음은 물론이다.
- [0100] [제5 실시예]
- [0101] 도 16은 본 발명의 제5 실시예에 따른 자유형상 가공용 극초단 레이저 가공장비를 도시한 것이다.
- [0102] 도 16에 도시된 바와 같이, 본 발명의 제5 실시예에 따르면 자유형상 가공용 극초단 레이저 가공장비는 제1 실시예의 기본 구성 외에 제2 내지 제4 실시예에서 설명한 분산보정 보들(800), 펌프 프로브(400), 제2 측정부(500) 및 제어부(700)를 모두 포함하여 구성된다.
- [0103] 또한, 본 발명의 제5 실시예에 따르면, 대물렌즈(300)와 형상 구현장치(210) 사이에 이미지렌즈(900)가 더 구비될 수 있다.
- [0104] 상세히 설명하면, 상기 대물렌즈(300)는 도 17의 (a)에 도시된 바와 같이 평행광이 들어올 때 최고의 성능을 발휘할 수 있도록 설계되므로, 상기 이미지렌즈(900)를 이용하여 입사되는 레이저 빔을 평행광으로 만들어주는 것이다.

도면

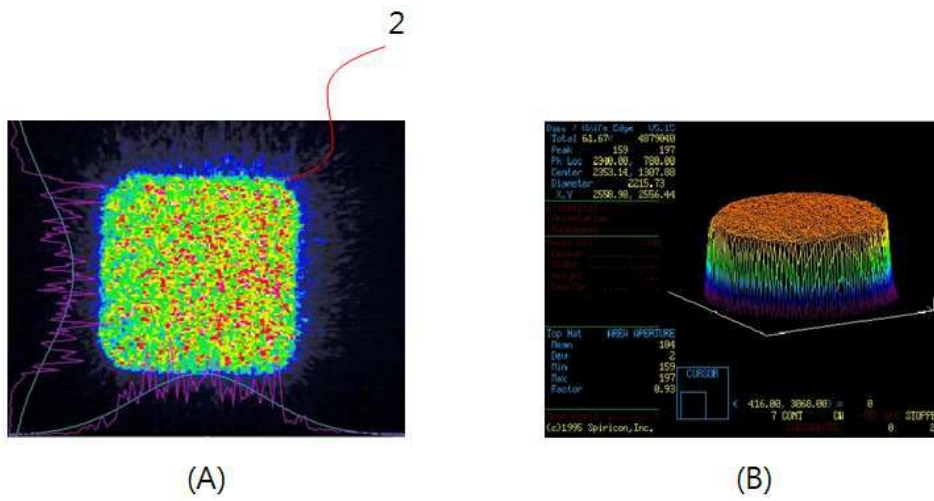
도면1



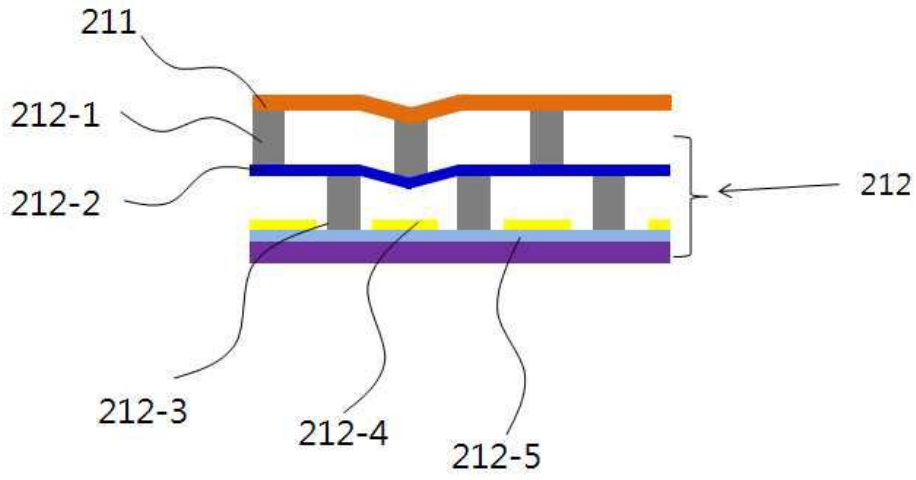
도면2



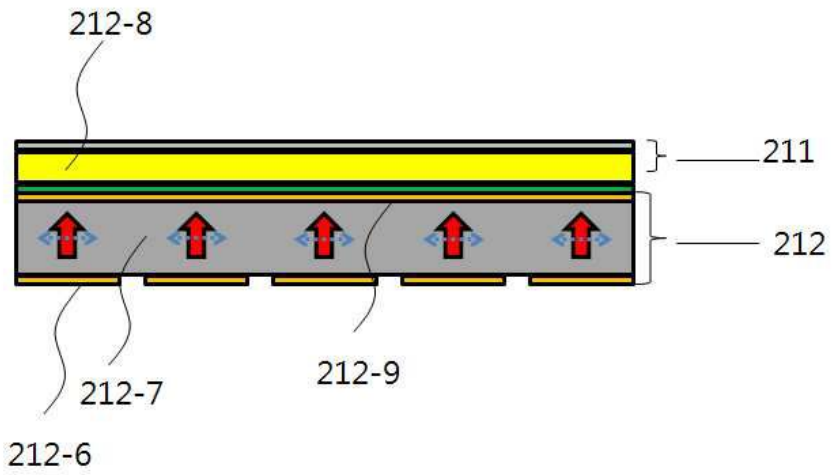
도면3



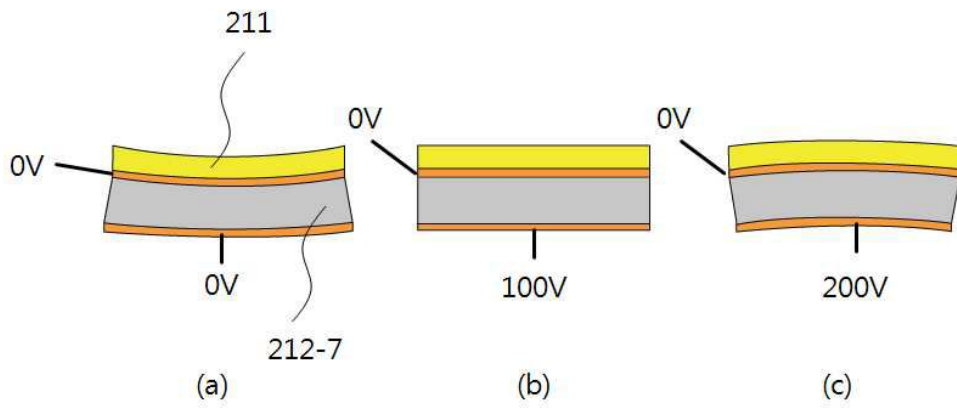
도면4



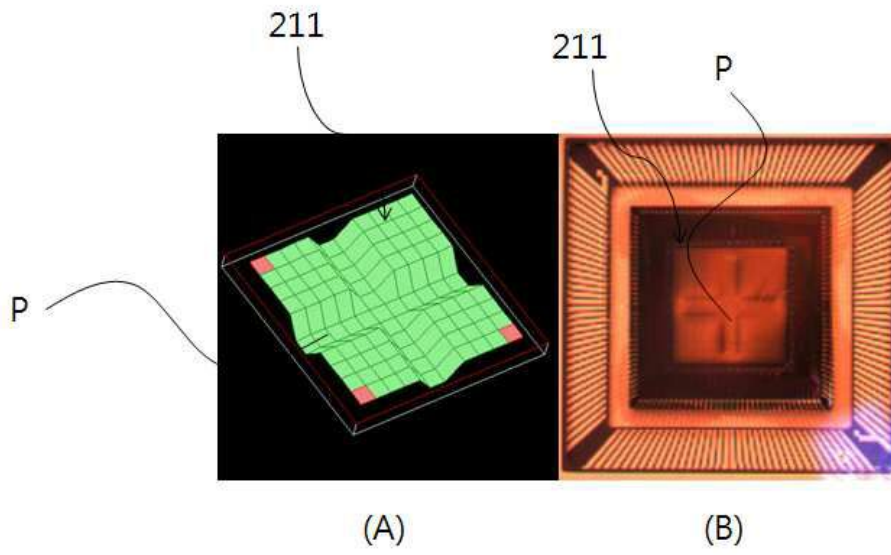
도면5



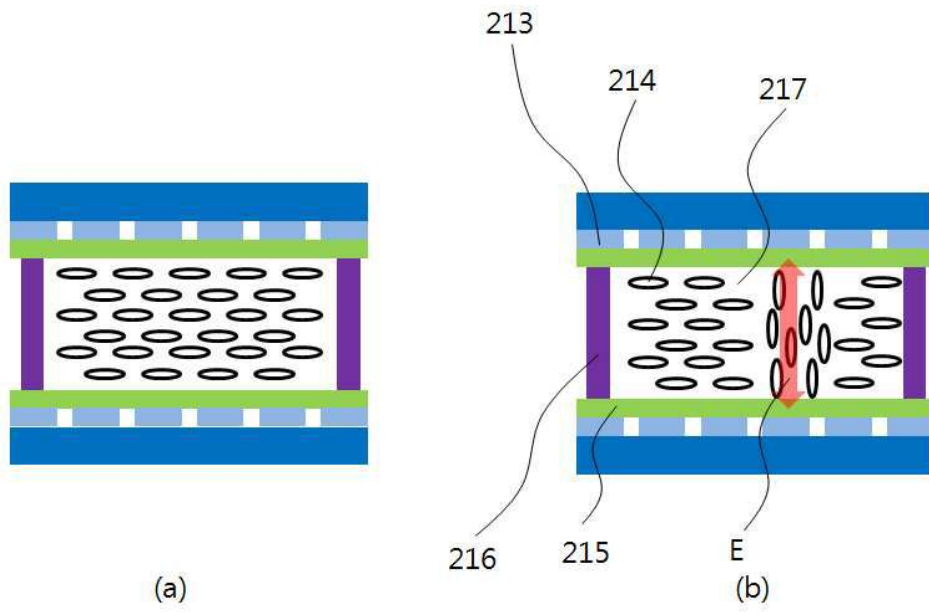
도면6



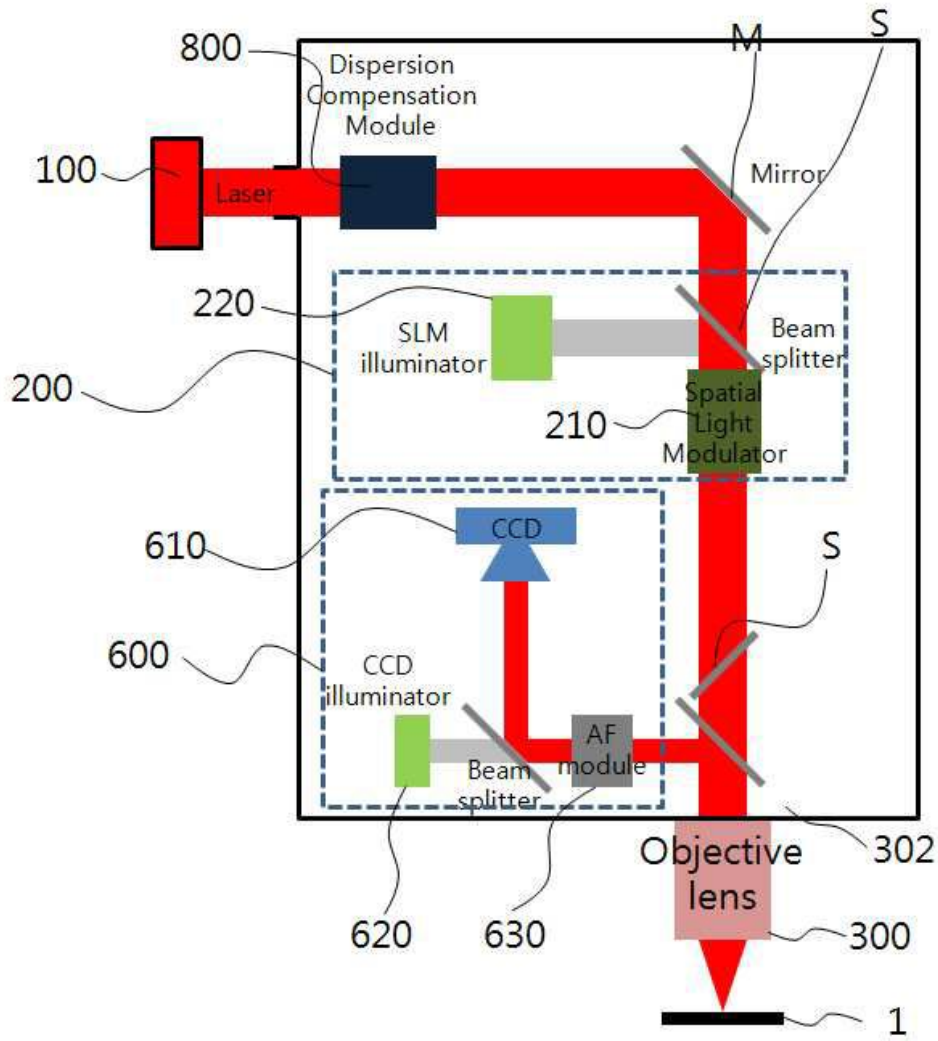
도면7



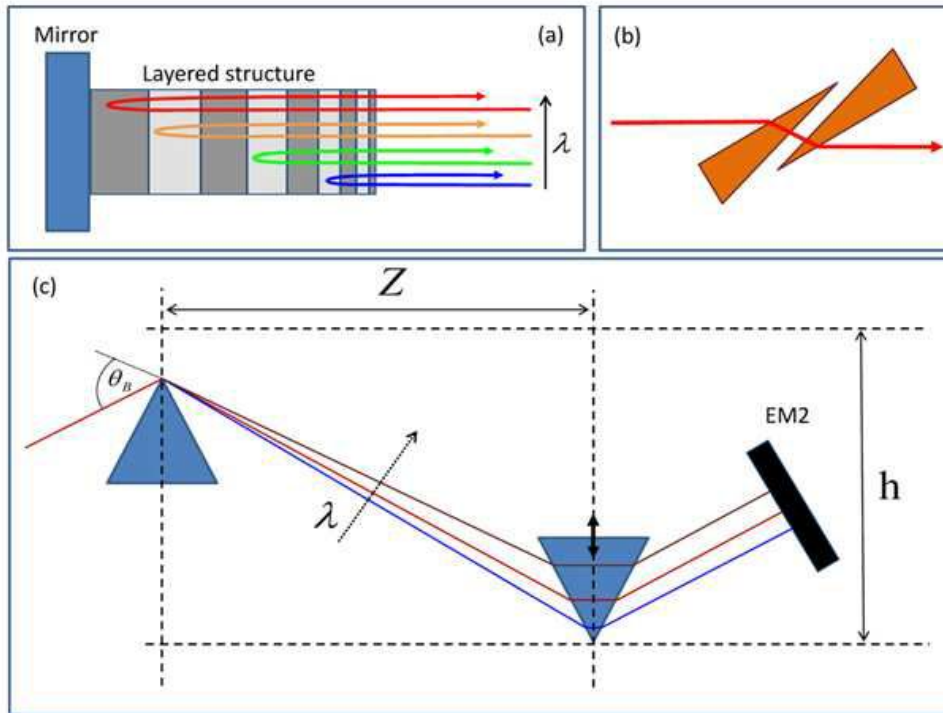
도면8



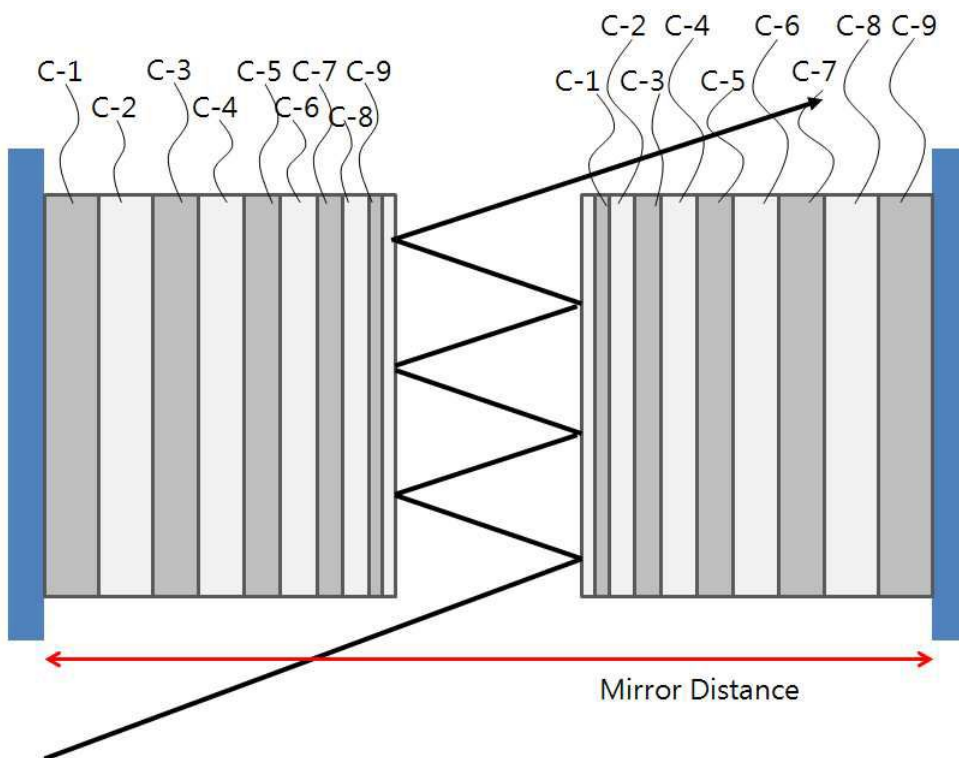
도면9



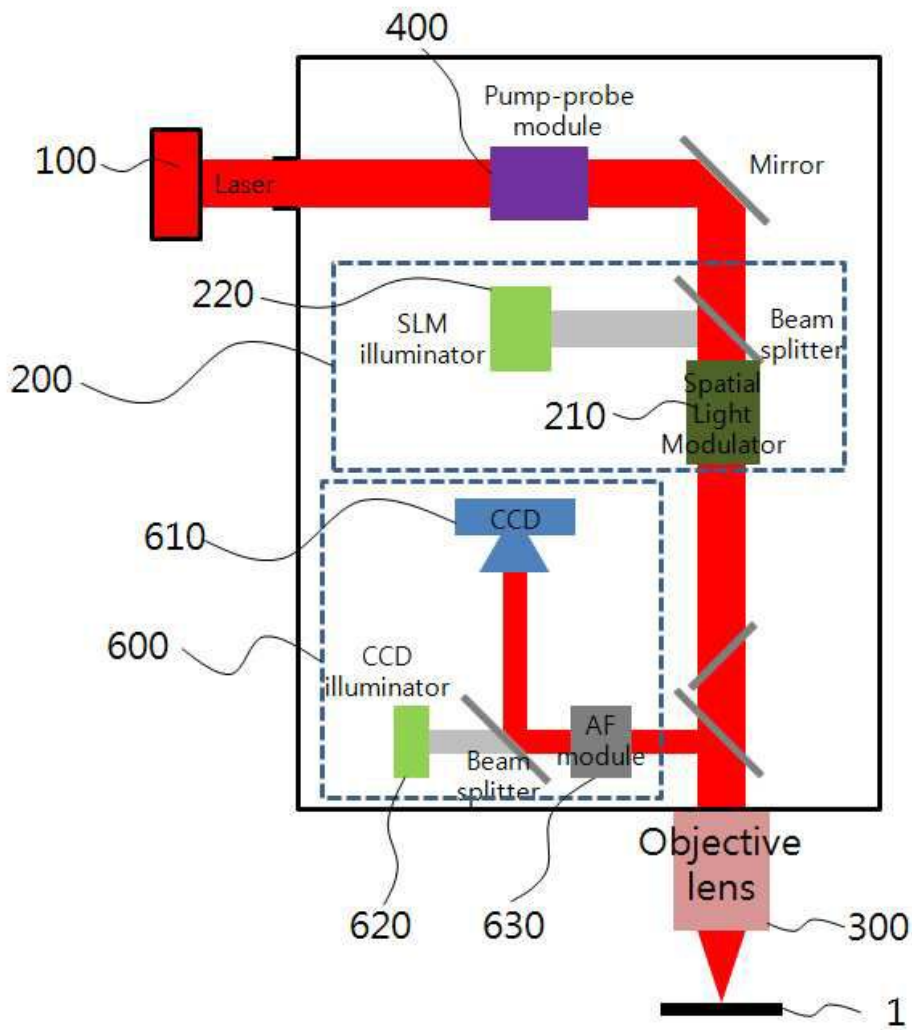
도면10



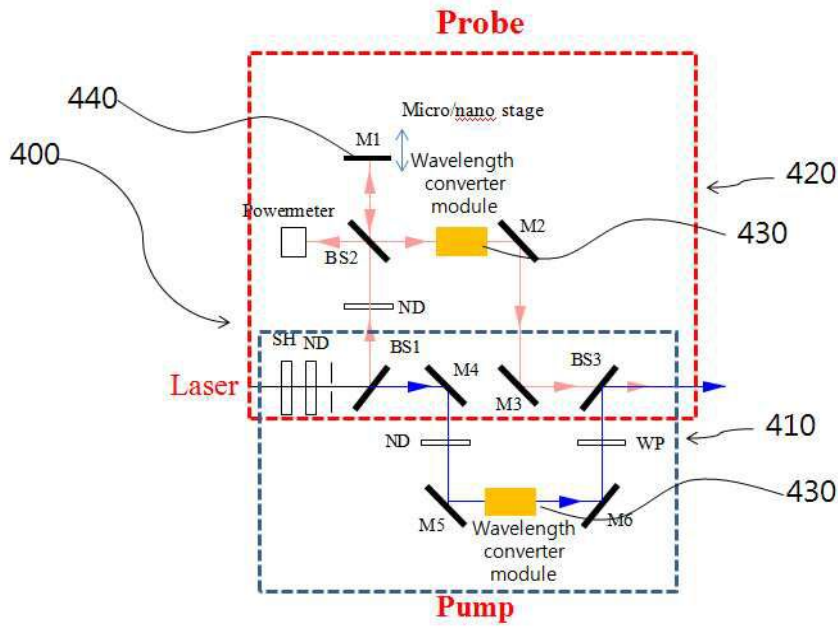
도면11



도면12

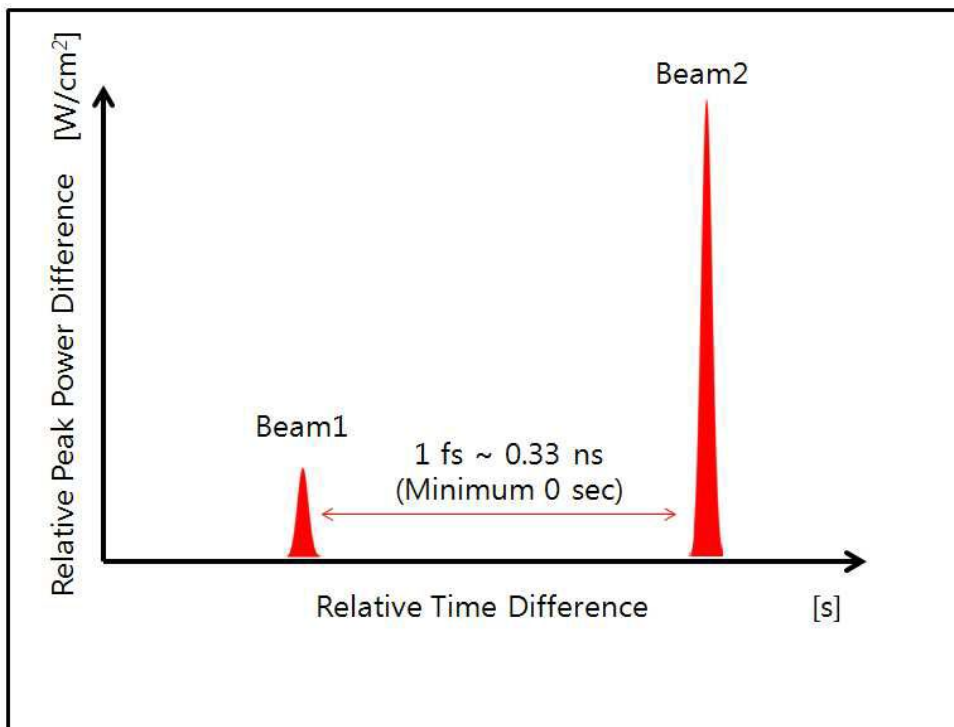


도면13

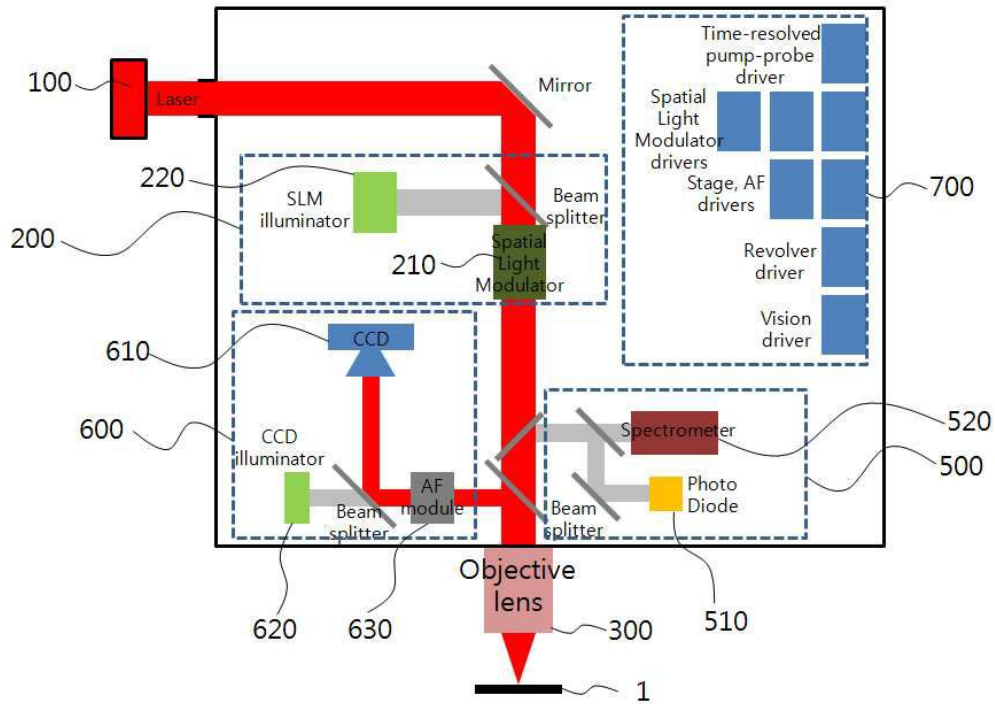


SH: Shutter, ND: Neutral density filter, BS: Beam splitter, M: Mirror, WP: Wavelength plate

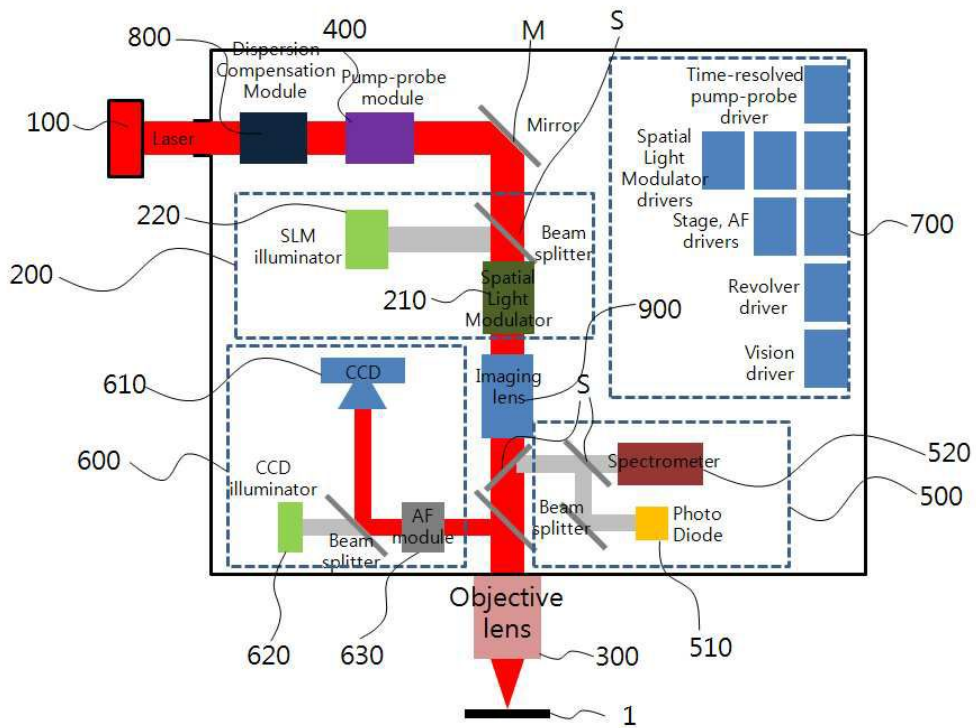
도면14



도면15



도면16



도면17

