

(72) 발명자

윤지욱

대전광역시 유성구 신성로84번길 43-14 (신성동)
동호빌라 102

김훈영

대전광역시 유성구 신성남로111번길 20 (신성동)
302호

김재구

충남 금산군 복수면 수영1길 24

황경현

서울특별시 중구 청구로 64 (신당동, 청구e편한세
상) 106-905

명세서

청구범위

청구항 1

레이저 가공을 수행하는 레이저 가공 장치(100)에 있어서,

레이저 광원(110);

상기 레이저 광원(110)에서 출사되어 가공 대상물(500)에 조사되는 레이저 빔의 광경로 상에 배치되어 빔 프로파일이 가우시안 형태 또는 플랫폼 형태 중 어느 하나가 되도록 전환시키는 모드 전환기(120);

상기 모드 전환기(120)에서 출사된 빔을 상기 가공 대상물(500)의 가공 부위로 집광하는 대물 렌즈(objective lens, 130);

상기 가공 대상물(500)이 그 위에 놓여지며, 제어부(150)에 의하여 x, y, z 3축 방향으로 이동 가능하도록 형성되는 스테이지(140);

를 포함하여 이루어지는 것을 특징으로 하는 멀티 모달 레이저 가공 장치.

청구항 2

제 1항에 있어서, 상기 모드 전환기(120)는

상기 레이저 광원(110)으로부터 진행되어 온 레이저 빔의 일부만을 통과시키는 구멍을 구비하며, 상기 구멍의 크기 및 형상이 변경 가능하도록 형성되는 능동 슬릿(121);

상기 능동 슬릿(121)을 통과하여 온 레이저 빔의 광경로 상에 배치되어 레이저 빔이 상기 가공 대상물(500) 상의 가공 부위에서 디포커싱(defocusing)되도록 레이저 빔을 집속하는 결상 렌즈(imaging lens, 122);

상기 결상 렌즈(122)의 위치를 변경시키는 결상 렌즈 이동부(123);

를 포함하여 이루어지는 것을 특징으로 하는 멀티 모달 레이저 가공 장치.

청구항 3

제 2항에 있어서, 상기 모드 전환기(120)는

상기 능동 슬릿(121)을 통과하여 온 레이저 빔의 광경로 상에 상기 결상 렌즈(122)를 배치시킴으로써 빔 프로파일을 플랫폼 형태로 전환하고,

상기 능동 슬릿(121)을 통과하여 온 레이저 빔의 광경로 상에서 상기 결상 렌즈(122)를 제거함으로써 빔 프로파일을 가우시안 형태로 전환하도록 구동되는 것을 특징으로 하는 멀티 모달 레이저 가공 장치.

청구항 4

제 2항에 있어서, 상기 능동 슬릿(121)은

상기 구멍의 크기가 가변되는 조리개 형태,

다수 개의 서로 다른 크기 및 형상의 구멍들이 교체 배치되는 교체식 형태,

상기 조리개 형태 및 상기 교체식 형태가 결합된 형태

중 선택되는 어느 하나의 형태로 이루어지는 것을 특징으로 하는 멀티 모달 레이저 가공 장치.

청구항 5

제 1항에 있어서, 상기 레이저 가공 장치(100)는

상기 모드 전환기(120) 및 상기 대물 렌즈(130) 사이에서 상기 가공 대상물(500)로부터 반사되어 온 레이저 빔을 입사받아, 상기 가공 대상물(500)의 가공 부위 영상을 촬영하는 영상 획득부(160);

를 더 포함하여 이루어지는 것을 특징으로 하는 멀티 모달 레이저 가공 장치.

청구항 6

제 5항에 있어서, 상기 레이저 가공 장치(100)는

상기 영상 획득부(160)로 입사되는 레이저 빔 광경로 상의 전방에 배치되는 자동 초점 조절부(auto focusing module, 167);

을 더 포함하여 이루어지는 것을 특징으로 하는 멀티 모달 레이저 가공 장치.

청구항 7

제 1항에 있어서, 상기 레이저 가공 장치(100)는

상기 모드 전환기(120) 및 상기 대물 렌즈(130) 사이에서 상기 가공 대상물(500)로부터 반사되어 온 레이저 빔을 입사받아, 상기 가공 대상물(500)의 분광 스펙트럼을 측정하는 스펙트로미터(170);

를 더 포함하여 이루어지는 것을 특징으로 하는 멀티 모달 레이저 가공 장치.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 멀티 모달 레이저 가공 장치에 관한 것이다.

[0002] 최근 IT(Information Technology), NT(Nano Technology), BT(BioTechnology) 등의 산업이 발달하면서, 수십 μm ~ 수십 mm 크기의 소형 정밀 부품의 수요가 급증하고 있으며, 이를 가공하기 위한 다양한 가공법의 개발과 상용화도 활발히 이루어지고 있다. 이와 같은 정밀 부품의 정밀도는 점차 나노 급까지 내려가고 있으며, 이에 따라 정밀 부품의 제작에 있어 MEMS, NEMS 기술을 이용하는 방법이 확산되고 있다. 기존의 선삭, 밀링, 성형과 같은 기계 가공 방식을 사용할 경우 이러한 정밀 부품에서 요구하는 정밀도를 실현할 수 없는 한계가 발생하는 바, 정밀도 향상을 위한 장비의 조정밀화, 초미세화 기술에 대한 개발 요구가 더욱 높아져 가고 있다. 이러한 기술로서 현재 널리 사용되는 것 중 하나가 레이저 미세 가공 기술로서, 레이저 미세 가공 기술은 전기, 전자, 반도체 또는 디스플레이 산업 등에서 폭넓게 사용되고 있다.

[0003] 특히 디스플레이 산업 분야에 있어서, 디스플레이 생산 과정에서 발생하는 이물질 혼입 등과 같은 불량 발생 시, 레이저 가공을 이용해서 해당 부분의 이물질을 제거하는 방식을 사용하여 리페어하는 기술에 대한 연구 및 실제 현장으로의 적용 노력이 이루어지고 있다. 최근 대면적 디스플레이 부품의 생산성을 향상시켜야 할 필요가 높아짐에 따라, 기존에 소형 디스플레이 부품의 경우 불량 발생 시 폐기하였던 것과는 달리 리페어를 수행하는 것이 보다 경제적인 효과가 있음이 알려지면서 더욱 이러한 연구가 가속화되고 있다.

[0004] 이와 같이 다양한 기술 분야에 있어 레이저 가공이 응용되어 사용되고 있는 바, 레이저 가공 장치도 어떤 단일의 목적에 맞추어져 만들어지는 것으로 이러한 변화에 대처하기에는 어려움이 있다. 즉 한 가지 기능으로 충분했던 이전과는 다르게 요즘에는 레이저를 이용한 가공 영역이 많이 넓어지고 재료 및 응용 분야 또한 다양해지기 때문에 한 가지의 가공 기능으로는 충분하지 않은 것이다.

배경 기술

[0005] 일반적으로 레이저는 그 세기의 분포가 종 모양인 가우시안 빔 프로파일을 가지며, 가공 역시 종 모양으로 가공된다. 그러나 가공할 재료나 응용에 따라 균일하게 가공이 필요한 경우가 있으며 가공 형상 또한 원형 가공이나 사각 가공 등과 같이 다양하게 변화된다. 일반적으로 가우시안 빔을 플랫폼 빔으로 만들기 위해서는 회절광학소자를 설계하거나 특수한 광학계를 설계하여 적용하고 있다.

[0006] 한국특허공개 제2004-0070158호("극초단 펄스 레이저 빔을 이용한 초정밀 직접 패터닝 방법 및 장치", 이하 선행문헌)에는 가우시안 형태의 빔을 플랫폼 형태의 빔으로 바꾸기 위하여 사용되는 빔 균질기의 구성이 개시된다. 선행문헌에 개시된 빔 균질기는, 빔을 오목렌즈, 분할 및 집광렌즈, 콜리메이터 등이 순차적으로 배열된 광학계로 입사시켜 공간밀도분포를 균질하게 하여 출사시키도록 하고 있다. 앞서 설명한 바와 같이 종래에 가우시안 빔을 플랫폼 빔으로 만들기 위해서는 바로 선행문헌에 개시된 바와 같은 특수한 광학계를 사용하여 왔던 것이다.

[0007] 이러한 방식은 물론 가우시안 빔을 플랫폼 빔으로 만들기에 유용하기는 하지만, 사각 형상의 빔을 만들기 어렵다는 단점, 또한 그 크기를 실시간으로 변화시키기 어려운 단점 등 여러 문제점이 있다. 뿐만 아니라 앞서 설명한 바와 같이 가공 요구 조건이 아주 다양하게 변화되는 최근의 산업 경향을 볼 때, 가공 요구 조건에 따라 필요할 때마다 설계하고 시스템을 변경하는 것이 아닌 요구되는 형상과 그 크기를 실시간으로 변화시키는 방법이 필요하다.

선행기술문헌

특허문헌

[0008] (특허문헌 0001) 한국특허공개 제2004-0070158호("극초단 펄스 레이저 빔을 이용한 초정밀 직접 패터닝 방법 및 장치")

발명의 내용

해결하려는 과제

[0009] 따라서, 본 발명은 상기한 바와 같은 종래 기술의 문제점을 해결하기 위하여 안출된 것으로, 본 발명의 목적은 레이저 가공 대상 및 목적에 따라 다양한 가공 조건을 쉽게 변화시켜 적용할 수 있도록 구성되는 멀티 모달 레이저 가공 장치를 제공함에 있다. 보다 구체적으로는, 가우시안 빔 또는 플랫폼 빔 양쪽으로의 전환과, 빔의 크기 및 형상 조절이 용이하도록 함과 동시에, 가공이 올바르게 이루어지고 있는지를 실시간으로 확인할 수 있도록 하는, 멀티 모달 레이저 가공 장치를 제공함에 있다.

과제의 해결 수단

[0010] 상기한 바와 같은 목적을 달성하기 위한 본 발명의 멀티 모달 레이저 가공 장치는, 레이저 가공을 수행하는 레이저 가공 장치(100)에 있어서, 레이저 광원(110); 상기 레이저 광원(110)에서 출사되어 가공 대상물(500)에 조사되는 레이저 빔의 광경로 상에 배치되어 빔 프로파일이 가우시안 형태 또는 플랫폼 형태 중 어느 하나가 되도록 전환시키는 모드 전환기(120); 상기 모드 전환기(120)에서 출사된 빔을 상기 가공 대상물(500)의 가공 부위로 집광하는 대물 렌즈(objective lens, 130); 상기 가공 대상물(500)이 그 위에 놓여지며, 제어부(150)에 의하여 x, y, z 3축 방향으로 이동 가능하도록 형성되는 스테이지(140); 를 포함하여 이루어질 수 있다.

[0011] 이 때 상기 모드 전환기(120)는, 상기 레이저 광원(110)으로부터 진행되어 온 레이저 빔의 일부만을 통과시키는 구멍을 구비하며, 상기 구멍의 크기 및 형상이 변경 가능하도록 형성되는 능동 슬릿(121); 상기 능동 슬릿(121)을 통과하여 온 레이저 빔의 광경로 상에 배치되어 레이저 빔이 상기 가공 대상물(500) 상의 가공 부위에서 디포커싱(defocusing)되도록 레이저 빔을 집속하는 결상 렌즈(imaging lens, 122); 상기 결상 렌즈(122)의 위치를 변경시키는 결상 렌즈 이동부(123); 를 포함하여 이루어질 수 있다.

[0012] 또한 이 때 상기 모드 전환기(120)는, 상기 능동 슬릿(121)을 통과하여 온 레이저 빔의 광경로 상에 상기 결상 렌즈(122)를 배치시킴으로써 빔 프로파일을 플랫폼 형태로 전환하고, 상기 능동 슬릿(121)을 통과하여 온 레이저 빔의 광경로 상에서 상기 결상 렌즈(122)를 제거함으로써 빔 프로파일을 가우시안 형태로 전환하도록 구동되도록 이루어질 수 있다.

[0013] 또한 상기 능동 슬릿(121)은, 상기 구멍의 크기가 가변되는 조리개 형태, 다수 개의 서로 다른 크기 및 형상의 구멍들이 교체 배치되는 교체식 형태, 상기 조리개 형태 및 상기 교체식 형태가 결합된 형태 중 선택되는 어느 하나의 형태로 이루어질 수 있다.

[0014] 더불어 상기 레이저 가공 장치(100)는, 상기 모드 전환기(120) 및 상기 대물 렌즈(130) 사이에서 상기 가공 대상물(500)로부터 반사되어 온 레이저 빔을 입사받아, 상기 가공 대상물(500)의 가공 부위 영상을 촬영하는 영상 획득부(160); 를 더 포함하여 이루어질 수 있다. 이 때 상기 레이저 가공 장치(100)는, 상기 영상 획득부(160)로 입사되는 레이저 빔 광경로 상의 전방에 배치되는 자동 초점 조절부(auto focusing module, 167); 을 더 포함하여 이루어질 수 있다.

[0015] 또한 상기 레이저 가공 장치(100)는, 상기 모드 전환기(120) 및 상기 대물 렌즈(130) 사이에서 상기 가공 대상물(500)로부터 반사되어 온 레이저 빔을 입사받아, 상기 가공 대상물(500)의 분광 스펙트럼을 측정하는 스펙트로미터(170); 를 더 포함하여 이루어질 수 있다.

발명의 효과

[0016] 본 발명에 의하면, 하나의 레이저 가공 장치를 가지고 다양한 가공 조건에 맞게 용이 가변 가능하도록 구성함으로써, 다양한 요구 조건에 맞는 가공을 하나의 장치로 용이 수행할 수 있게 되는 큰 효과가 있다. 보다 구체적으로는, 본 발명에 의하면 간단한 구성만을 사용하여 가우시안 빔 및 플랫폼 빔의 전환이 자유롭게 구성됨으로써 원형 가공 및 사각 가공을 원하는 대로 전환하여 수행할 수 있는 장점이 있으며, 또한 이와 연계하여 슬릿의 교체 구성이 가능하도록 구성됨으로써 가공 면적의 조절 또한 자유롭게 이루어질 수 있는 장점이 있는 것이다.

[0017] 뿐만 아니라 본 발명에 의하면, CCD 카메라 및 스펙트로미터를 사용하여 가공 부위를 관찰함으로써, 가공되고 있는 형상 및 가공되고 있는 물질을 실시간으로 정확하게 판별 가능하도록 하는 큰 효과가 있다. 이에 따라 가공이 수행되고 있는 중 원하는 가공이 올바르게 이루어지고 있는지를 용이하면서도 신속하게 실시간으로 파악할 수 있게 하는 장점이 있으며, 이처럼 가공 상황을 실시간으로 모니터링함으로써 공정 상 및 양산 라인 상의 불량률을 크게 줄일 수 있는 효과가 있다.

[0018] 이처럼 본 발명에 의하면, 최근 레이저 가공 기술의 적용 분야가 확대 및 다양화됨에 따라 요구되는 가공 조건이 다양화되는 추세에 있어, 하나의 장치를 가지고도 다양하게 변화되는 요구 조건에 빠르게 호환 적용이 가능하기 때문에, 종래에 이러한 요구 조건에 맞추기 위하여 일일이 새로운 설비를 구비하여야 하는 경우에 비하여 훨씬 경제적인 생산이 가능하게 되는 효과가 있다. 더불어 상술한 바와 같이 가공 중 실시간 모니터링을 통해 불량률을 줄이는 효과와 연계하여, 결과적으로 레이저 가공에 의한 생산품의 생산 효율 및 경제성을 크게 향상하는 효과가 있다.

도면의 간단한 설명

- [0019] 도 1은 본 발명의 멀티 모달 레이저 가공 장치의 일실시예.
- 도 2는 레이저 빔의 가우시안 프로파일 및 플랫폼 프로파일의 비교 예시.
- 도 3은 레이저 가공에 있어서 가우시안 프로파일의 레이저 빔으로 가공한 결과 및 플랫폼 프로파일의 레이저 빔으로 가공한 결과의 비교 예시.
- 도 4는 슬릿을 이용한 빔 형상 변경 예시.
- 도 5는 본 발명의 능동 슬릿의 구멍 가변 구조의 여러 실시예.
- 도 6은 본 발명의 멀티 모달 레이저 가공 장치의 모드 전환기에서의 프로파일 모드 전환 예시.
- 도 7은 본 발명의 멀티 모달 레이저 가공 장치의 일실시예로 실제 가공된 가공 대상물의 가공 부위 영상 획득

실시에.

도 8은 본 발명의 멀티 모달 레이저 가공 장치의 일실시예로 실제 측정된 가공 대상물의 가공 부위 분광 스펙트럼 측정 실시예.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0020] 이하, 상기한 바와 같은 구성을 가지는 본 발명에 의한 멀티 모달 레이저 가공 장치를 첨부된 도면을 참고하여 상세하게 설명한다.

- [0021] 도 1은 본 발명의 멀티 모달 레이저 가공 장치의 일실시예를 도시하고 있다. 본 발명의 멀티 모달 레이저 가공 장치(100)는 도 1에 도시된 바와 같이, 레이저 광원(110), 모드 전환기(120), 대물 렌즈(130), 스테이지(140), 제어부(150) 등을 포함하여 이루어질 수 있다. 여기에 부가적으로 영상 획득부(160), 스펙트럼미터(170)를 더 포함하여 이루어질 수 있다. 여기에서, 레이저 광원(110), 대물 렌즈(130), 스테이지(140), 제어부(150)는 일반적인 레이저 가공 장치에 사용되는 것과 유사한 역할을 하는 것으로, 이들에 대하여 간략히 설명하자면 다음과 같다.

- [0022] 레이저 광원(110)은 가공에 사용될 레이저를 발생시키는 장치로서, 가공 대상물(500)이 어떤 물질인가, 또한 가공 요구 조건은 어떠한가 등에 따라 적절한 것이 사용될 수 있다. 일반적으로 현재 상용화되어 레이저 가공에 널리 사용되는 것은 펄스폭이 나노초 수준인 나노초 레이저인데, 나노초 레이저의 경우 가공 속도가 빠르고 안정적이며 파워가 높다는 장점이 있는 반면 가공 부위 주변에서의 열적 변형이 일어나는 문제가 있어 초정밀 가공에 사용되기에는 부족하다는 문제점이 지적되어 오고 있다. 이를 해결하기 위해 펄스폭이 펨토초 또는 그 이하인 초고속 레이저로서 펨토초 레이저, 아토초 레이저, 피코초 레이저 등이 현재 실험실 단계에서 사용되고 있는데, 이러한 초고속 레이저의 경우 비열적 가공이 가능하기 때문에 훨씬 초정밀의 가공이 가능한 대신 아직 가공 속도가 느리고 안정성이 떨어지며 파워가 낮은 등의 해결해야 할 문제가 있어 널리 상용화되어 있지는 않다.

- [0023] 상기 대물 렌즈(objective lens, 130)는 상기 모드 전환기(120)에서 출사된 빔을 상기 가공 대상물(500)의 가공 부위로 집광하게 된다. 이와 같이 상기 대물 렌즈(130)에 의하여 상기 가공 대상물(500)의 가공 부위에 초점이 맞추어짐으로써 해당 부분에서 가공이 일어나게 되는 것이다. 도 1에서는 상기 레이저 광원(110)으로부터 출사된 빔이 미러(115)에 의하여 방향이 전환되어 상기 대물 렌즈(130) 쪽으로 광경로가 형성되도록 도시되어 있는데, 물론 이는 하나의 예시일 뿐으로 이로써 본 발명이 한정되는 것은 전혀 아니며 광경로는 필요에 따라 하나 이상의 미러나 다른 광학 부품을 사용하여 적절하게 변경될 수 있음은 당연하다.

- [0024] 상기 스테이지(140)는 상기 가공 대상물(500)이 그 위에 놓여지게 되며, 상기 제어부(150)에 의하여 x, y, z 3축 방향으로 이동 가능하도록 형성되어 상기 대물 렌즈(130)에서 집광되는 레이저 빔의 초점 위치에 상기 가공 대상물(500)의 가공을 원하는 부위가 맞추어져 배치될 수 있도록 움직이게 된다.

- [0025] 상기 제어부(150)는 상술한 바와 같이 상기 스테이지(140)를 포함하여 상기 레이저 가공 장치(100)에 구비되는 다양한 구동부 또는 측정부들을 제어하는 역할을 한다.

- [0026] 본 발명의 레이저 가공 장치(100)는 레이저 빔의 프로파일을 가우시안(Gaussian) 형태 또는 플랫폼(Flat-top) 형태로 용이 변경이 가능하다는 특징을 가지고 있다. 이 역할을 하는 것이 바로 상기 모드 전환기(120)인데, 먼저 빔 프로파일 및 이에 따른 레이저 가공 결과의 차이에 대하여 설명하면 다음과 같다.

- [0027] 도 2는 레이저 빔의 가우시안 프로파일 및 플랫폼 프로파일의 비교 예시로서, 도 2(A)가 가우시안 형태를, 도 2(B)가 플랫폼 형태를 도시하고 있다. 또한 도 3은 레이저 가공에 있어서 가우시안 프로파일의 레이저 빔으로 가공한 결과 및 플랫폼 프로파일의 레이저 빔으로 가공한 결과의 비교 예시이다.

- [0028] 실제로 일반적인 레이저 가공 장치들에서 가공 시 사용되는 레이저 빔의 프로파일은 대부분 도 2(A)와 같은 형상을 가지고 있다. 이처럼 중 모양으로 형성되는 레이저 빔 프로파일을 가우시안 빔 혹은 TEM⁰⁰ 빔이라 한다. 이러한 빔 프로파일은 공기 증을 지나거나 여러 광학계를 지나도 그 형태를 유지한다. 즉, 렌즈에 의해 재료 표면에 작게 집속하여도 집속된 빔의 프로파일은 가우시안 형태를 유지하게 된다. 그러나 광학적 회절 한계에 의해 아무리 레이저 빔을 작게 집속하여도 사용하는 레이저의 파장 길이보다 작게 집속하는 것은 어려우며, 재료를 파장 길이보다 작은 폭으로 가공하는 것 또한 어렵다. 이와 같은 가우시안 형태의 프로파일을 가지는 레이저 빔

으로 가공을 수행할 경우, 도 3(A)에 도시된 바와 같이 상면에서 볼 때에는 원형 형태를 가지고 측면에서 볼 때에는 (프로파일과 유사하게) 종 모양, 즉 중심 부분이 가장 깊고 가장자리로 갈수록 깊이가 얕아지는 형상의 구멍이 만들어진다.

[0029] 한편 도 2(B)와 같이 전체적으로 균일한 형태의 플랫폼 프로파일의 경우 도 3(B)에 도시된 바와 같이 측면에서 볼 때 전체적으로 균일한 깊이를 가지는 형상의 구멍을 만들 수 있다. 이러한 플랫폼 빔을 만들 때는 레이저에서 발진된 가우시안 빔의 직경을 광학적인 설계가 이루어진 광학계를 지나면서 원래 직경에 비해 큰 직경을 가지도록 직경을 넓힌다. 이 경우, 상대적으로 높은 에너지 분포를 가지는 부분의 레이저 강도가 가우시안 빔과는 달리 렌즈에 의해 집중되면 집중되기 전의 플랫폼 모양을 유지하기 어렵다. 따라서 원하는 위치에서 플랫폼이 나오도록 하는 광학적인 설계가 필요하다.

[0030] 앞서 설명한 바와 같이 최근 레이저를 이용한 가공이 응용되는 분야가 매우 넓고 다양해지고 있기 때문에, 레이저 가공 시 그 응용 분야에 따라 원형 가공, 사각 가공 등 가공 형상을 바꾸어야 할 필요가 있으며, 또한 깊이 방향으로 재료가 제거되는 정도도 균일하게 제거할 것인지, 가운데를 주변보다 더 깊게 제거할 것인지가 상황에 따라 다르게 요구될 수 있다. 종래에는 기본적으로 가우시안 빔이 발생하는 레이저 가공 장치가 사용되었으나, 플랫폼 빔이 요구되는 가공 수요가 많아짐에 따라 이를 위한 특별한 광학계가 구비된 레이저 가공 장치가 개발되어 사용되어 왔다. 그런데, 이처럼 종래에는 필요할 때마다 원하는 가공 형상과 빔 프로파일로 가공이 가능하게 하기 위해서는 레이저 가공 장치 자체를 바꾸어야 했기 때문에, 장비 설비에 드는 비용이 지나치게 높아지는 문제가 있었다.

[0031] 한편, 도 2(A)의 가우시안 빔의 경우 상면에서 보았을 때 도 3(C)와 비슷하게 원형에 가까운 형상이 나오게 되는데, 가우시안 빔을 사용하면서도 상면에서 보았을 때 도 3(D)와 같이 사각 형상이 나오게 하기를 원하는 경우가 있을 수도 있다. 또한 가우시안 빔을 사용하여 가공한다 하더라도 깨끗한 원형이 나오는 것이 아니므로 완벽하게 도 3(C)와 같은 원형을 만들기 위해서는 다른 방안이 필요하다. 또는 플랫폼 빔으로 도 3(C)의 원형 형상 또는 도 3(D)의 사각 형상이 나오게 하기를 원하는 경우가 있을 수도 있는 등, 요구되는 조건은 매우 다양하게 변경될 수 있다.

[0032] 본 발명에서는 바로 상기 모드 전환기(120)를 이용하여 가우시안 빔 및 플랫폼 빔 간의 전환이 이루어지도록 하며, 또한 빔의 크기와 형상을 용이하고 자유롭게 변경할 수 있도록 구성된다. 즉 본 발명은 상술한 바와 같은 여러 가지 문제를 해결하기 위하여, 하나의 장치로도 쉽게 가우시안 빔 및 플랫폼 빔의 전환이 가능하도록 하며, 특히 플랫폼 빔으로 전환 시 설계가 복잡하고 변경이 어려운 고가의 광학계를 사용하는 것이 아니라 다양한 요구에 맞게 쉽게 가공 조건의 변경이 가능하면서도 요구에 부합하는 정도의 플랫폼 빔 프로파일을 얻을 수 있도록 하는 구성을 가지는 멀티 모달 레이저 가공 장치를 제시하고자 하는 것이다. 이에 대하여 이하 보다 상세히 설명한다.

[0033] 상기 모드 전환기(120)는 도 1에 도시된 실시예에서와 같이 능동 슬릿(121), 결상 렌즈(imaging lens, 122), 결상 렌즈 이동부(123)를 포함하여 이루어질 수 있다. 간략하게는, 상기 모드 전환기(120)는, 상기 능동 슬릿(121)을 통과하여 온 레이저 빔의 광경로 상에 상기 결상 렌즈(122)를 배치시킴으로써 빔 프로파일을 플랫폼 형태로 전환하고, 상기 능동 슬릿(121)을 통과하여 온 레이저 빔의 광경로 상에서 상기 결상 렌즈(122)를 제거함으로써 빔 프로파일을 가우시안 형태로 전환하도록 구동될 수 있다. 먼저 각부에 대하여 설명하면 다음과 같다.

[0034] 상기 능동 슬릿(121)은 상기 레이저 광원(110)으로부터 진행되어 온 레이저 빔의 일부만을 통과시키는 구멍을 구비하며, 상기 구멍의 크기 및 형상이 변경 가능하도록 형성된다. 도 4는 슬릿을 이용한 빔 형상 변경 예시를 도시한 것으로서, 원래의 레이저 빔은 도 4(A), (B)의 상측에 보이는 바와 같이 원형 형태에 상대적으로 큰 직경을 가지고 있었다면, 도 4(A), (B)에 보이는 바와 같이 그 중 일부만을 통과시키는 구멍이 구비된 슬릿이 배치됨으로써 사각 형태로 빔 형상을 바꾸어 줄 수 있다. 특히 도 4(A)에 도시된 바와 같이 작은 슬릿을 사용하거나 도 4(B)에 도시된 바와 같이 큰 슬릿을 사용함으로써 빔 크기도 원하는 대로 조절할 수 있다. 물론 도 4의 예시에서는 사각 형태의 구멍을 적용함으로써 사각 형태로 빔 형상을 바꾸도록 되어 있지만, 원형 형태의 구멍을 적용하여 형상은 원형을 유지하되 빔의 크기가 조절되도록 할 수도 있는 등 다양한 변경 실시가 가능함은 당연하다.

[0035] 상술한 바와 같이 상기 능동 슬릿(121)은, 바로 이와 같은 다양한 빔 형상을 요구 조건에 맞게 원하는 대로 바

꿀 수 있도록, 구멍 크기 및 형상이 가변되도록 형성된다. 도 5는 본 발명의 능동 슬릿의 구멍 가변 구조의 여러 실시예를 도시한 것으로서, 도 5(A)는 상기 구멍의 크기가 가변되는 조리개 형태를, 도 5(B)는 다수 개의 서로 다른 크기 및 형상의 구멍들이 교체 배치되는 교체식 형태를 도시하고 있으며, 도 5(C)는 상기 조리개 형태 및 상기 교체식 형태가 결합된 형태를 도시하고 있다. 물론 도 5는 단지 어떤 예시일 뿐이므로, 이로써 본 발명이 한정되는 것은 전혀 아니다.

[0036] 더불어 도 1에 도시된 바와 같이, 상기 능동 슬릿(121)에 조명을 부가할 수 있도록, 상기 미러(115) 및 상기 모드 전환기(120) 사이의 레이저 빔 광경로 상에 능동 슬릿용 빔 스플리터(125)가 구비되고, 상기 능동 슬릿용 빔 스플리터(125)에 의해 상기 능동 슬릿(121) 상으로 조명을 비추어 주는 능동 슬릿용 조명부(illuminator, 126)가 더 구비될 수 있다.

[0037] 상기 결상 렌즈(imaging lens, 122)는 상기 능동 슬릿(121)을 통과하여 온 레이저 빔의 광경로 상에 배치되어, 레이저 빔이 상기 가공 대상물(500) 상의 가공 부위에서 디포커싱(defocusing)되도록 레이저 빔을 집속하는 역할을 한다. 또한 상기 결상 렌즈 이동부(123)는 상기 결상 렌즈(122)의 위치를 변경하는 역할을 하는데, 보다 구체적으로는 레이저 빔의 광경로 상에 상기 결상 렌즈(122)를 배치시키거나 또는 제거하는 역할을 한다. 본 발명에서는 바로 이 상기 결상 렌즈(122)의 레이저 빔 광경로 상의 배치 또는 제거를 통해 가우시안 빔에서 플랫폼 빔으로의 전환이 이루어질 수 있게 한다. 이하에서 그 원리에 대하여 보다 상세히 설명한다.

[0038] 도 6은 위와 같이 설명된 본 발명의 멀티 모드 레이저 가공 장치의 모드 전환기에서의 프로파일 모드 전환 예시를 도시하고 있다. 상기 결상 렌즈(122)가 없을 경우, 즉 도 6(B)에 도시된 바와 같은 경우에는 상기 대물 렌즈(130)에 의하여 상기 가공 대상물(500)의 가공 부위에 초점이 맞추어져서 일반적인 가우시안 빔의 레이저 가공과 같은 가공이 일어난다. 도 6(B)의 가공 부위에서의 프로파일(도 6(B)b)을 보면, 원래의 레이저 빔에서의 프로파일(도 6(B)a)에 상응하는 형태이되 훨씬 압축된 형상의 종 모양이 나타나는 것을 확인할 수 있으며, 이러한 상태에서 이루어지는 가공은 일반적인 레이저 가공 장치에서 수행되는 가공, 즉 가우시안 빔을 이용한 레이저 가공이 된다. 즉 본 발명의 장치에서 레이저 광경로 상에서 결상 렌즈(122)를 제거한 경우는 가우시안 모드가 되는 것이다. 가우시안 모드는 가공 깊이가 중심부에서 깊고 가장자리로 갈수록 얕아지는 형태의 가공 형상이 요구되는 경우, 가공 형상의 단면 형상이 그다지 중요하지 않은 홀 가공을 하는 경우, 높은 정밀도보다는 강한 인텐시티로 빠르게 가공이 이루어지는 것이 요구되는 경우 등에 매우 유리하게 적용될 수 있다.

[0039] 한편 이렇게 대물 렌즈(130)에 의하여 초점이 맞추어진 상태에서 도 6(A)에 도시된 바와 같이 상기 결상 렌즈(122)를 광경로 중간에 배치시키게 되면, 레이저 빔이 상기 결상 렌즈(122)를 통과하면서 더 집속되게 때문에 초점은 상기 대물 렌즈(130)와 상기 가공 대상물(500) 사이의 어느 위치에 형성되며, 정작 상기 가공 대상물(500)의 가공 부위에서는 초점 이탈, 즉 디포커싱(defocusing)이 일어나게 된다. 초점 부분에서의 프로파일(도 6(A)b)은 (슬릿에 의하여 종 모양의 프로파일 양쪽 끝단이 일부 잘려 있다는 점을 빼면) 가우시안 빔 가공 모드에서의 초점 부분에서의 프로파일(도 6(B)b)과 유사한 형태를 보인다. 한편 가공 대상물(500)의 가공 부위에서는 디포커싱에 의하여 인텐시티가 좀더 넓은 범위에 배분되어 분포되며, 따라서 가공 부위에서의 프로파일(도 6(A)c)은 중심 부분이 약간 볼록하나 전반적으로 평평한 형태로 나타난다.

[0040] 이러한 프로파일이 엄밀히 말하면 완전한 플랫폼 형태인 것은 아니지만, 가우시안 빔과 비교하여 볼 때 대략적으로 플랫폼이라고 할 수 있다. 원래 가우시안 프로파일은 말하자면 종 모양으로 되어 있는 것으로, 중심에 가까워질수록 기울기가 수평에 가깝고 가장자리로 갈수록 기울기가 급격해지는 형태이다. 이러한 가우시안 프로파일이 슬릿에 의하여 양쪽 끝단이 일부 잘라내지고, 상술한 바와 같이 레이저 빔이 가공 부위에서 디포커싱되도록 함으로써 인텐시티가 가공 부위 면적 전체에 걸쳐 분포되면서, 원래의 가우시안 형태에 비해서는 훨씬 균일도가 높은 형태가 되는 것으로, 대략적인 플랫폼이라고 할 수 있는 수준이 되는 것이다.

[0041] 이처럼 디포커싱에 의하여 도 6(A)c와 같이 대략적인 플랫폼 프로파일을 가지는 레이저 빔이 가공 대상물(500)의 가공 부위 상에 조사됨으로써, 결과적으로 도 3(B)에 나타난 바와 같은, 가공 깊이가 균일하게 나타나는 형상을 보다 용이하게 가공할 수 있다. 실질적으로 기존에 복잡한 광학 부품들을 사용하여 만들어지는 플랫폼 빔이라 할지라도 완벽한 플랫폼 형태를 보이는 것은 아니며, 본 발명에서와 같은 대략적인 플랫폼 형태로도 현재 요구에 맞는 수준의 가공 깊이가 균일도를 훌륭히 달성할 수 있다.

[0042] 다시 한 번 정리하자면 다음과 같다. 본 발명에서는, 대물 렌즈(130)에 의하여 원래 가공 부위에서 초점이 맞추어지도록 되어 있는 상태에서, 광경로 상에 결상 렌즈(122)를 더 배치시킴으로써 대물 렌즈(130)와 가공 부위

사이의 어느 위치에 초점이 맺히도록 하고, 가공 부위에서는 디포커싱이 일어나도록 유도한다. 이 때 레이저 빔은 능동 슬릿(121)을 통과해 오는 과정에서 프로파일 양쪽 끝단의 급격하게 인텐시티가 줄어드는 부분은 이미 제거된 상태이며, 상술한 바와 같이 대물 렌즈(130)와 결상 렌즈(122)에 의하여 가공 부위에서 디포커싱됨으로써 인텐시티 분포가 보통의 가우시안 빔에 비해 훨씬 플랫폼하게 형성되어, 대략적으로 플랫폼 프로파일을 형성하게 된다. 이러한 레이저 빔으로 가공을 수행했을 경우, 기존의 플랫폼 빔으로 가공을 수행했을 경우에 상응하는 수준의 가공 깊이가 균일도를 달성할 수 있다. 즉 본 발명의 장치에서 대물 렌즈(130) 및 결상 렌즈(122)를 함께 사용하여 디포커싱을 해 주는 경우는 플랫폼 모드가 되는 것으로, 앞서 설명한 바와 같이 가공 부위에서 가공 면적 전체에 걸쳐 가공 깊이가 균일하게 이루어질 것이 요구되는 경우에 있어 매우 유리하게 적용될 수 있다.

[0043]

물론 도 6(A), (B)의 가공 조건만으로 본 발명의 멀티 모달 레이저 가공 장치(100)의 동작 상태가 한정되는 것은 아니다. 예를 들어 상기 능동 슬릿(121)의 구멍 크기를 도 4(A)와 같이 작게 할 경우 대략적인 플랫폼 프로파일이 얻어지지만, 도 4(B)와 같이 적절히 크게 할 경우 대략적인 가우시안 프로파일을 갖되 원래의 레이저 빔보다는 작은 크기의 레이저 빔을 얻을 수 있다. 즉 상기 결상 렌즈(122)는 레이저 빔 광경로 상에서 제거된 상태에서 상기 능동 슬릿(121)의 구멍은 도 4(B)와 같이 적절한 크기를 가지게 함으로써 레이저 일부를 통과시키도록 함으로써, 원래의 레이저 빔으로 가공되는 것보다는 더욱 세밀한 가공을 할 수 있음과 동시에 가우시안 빔으로 가공되었을 때 얻어지는 가공 형상을 얻을 수도 있다. 이와 같이 본 발명의 멀티 모달 레이저 가공 장치(100)는, 상기 능동 슬릿(121)과 상기 결상 렌즈(122)의 적절한 동작의 조합을 통하여, 레이저 가공에서 요구되는 수없이 다양한 형상들에 대하여 모두 대응이 가능하게 되는 큰 장점을 가진다.

[0044]

더불어, 본 발명의 멀티 모달 레이저 가공 장치(100)는, 상기 모드 전환기(120) 및 상기 대물 렌즈(130) 사이에서 상기 가공 대상물(500)로부터 반사되어 온 레이저 빔을 입사받아, 상기 가공 대상물(500)의 가공 부위 영상을 촬영하는 영상 획득부(160)를 더 포함하여 이루어질 수 있다. 상기 영상 획득부(160)로 반사빔을 보내 줄 수 있도록, 상기 모드 전환기(120) 및 상기 대물 렌즈(130) 사이에는 영상 획득부용 빔 스플리터(165)가 구비되게 한다. 이와 같이 영상 획득부(160)를 더 구비함으로써, 가공 부위의 영상을 직접 실시간으로 확인하면서 원하는 대로 올바르게 가공이 이루어지고 있는지를 직관적으로 판단할 수 있다.

[0045]

도 7은 본 발명의 멀티 모달 레이저 가공 장치의 일 실시예로 실제 가공된 가공 대상물의 가공 부위 영상 획득 실시예를 도시한 것이다. 도 7(A)는 가우시안 빔을 사용하여 가공된 결과를, 도 7(B)는 사각 플랫폼 빔을 사용하여 가공된 결과를 각각 도시하고 있다. 또한 도 7(C)는 원형 형상 가공 예시의 확대도를, 도 7(D)는 사각 형상 가공 예시의 확대도를 각각 도시하고 있다. 도 7(B)는 사각 형상의 플랫폼 가공 모드로 가공된 결과로서, 수 μm 단위의 미세 가공을 실현함에 있어서 사각 형상으로 가공된 가공 부위의 가장자리가 거의 직선 형태를 이루는 우수한 형상을 얻을 수 있음을 확인할 수 있다.

[0046]

이처럼 영상을 획득할 경우 영상을 보다 선명하게 얻을 수 있도록, 상기 영상 획득부(160)에 조명을 부가할 수 있는 구성이 더 구비될 수 있다. 즉 도 1에 도시된 바와 같이, 상기 영상 획득부용 빔 스플리터(165)를 통해 상기 영상 획득부(160) 상으로 조명을 비추어 주는 영상 획득부용 조명부(illuminator, 166)가 더 구비될 수 있다. 더불어 더욱 선명한 영상을 얻기 위해서, 상기 영상 획득부(160)로 입사되는 레이저 빔 광경로 상의 전방에 배치되는 자동 초점 조절부(auto focusing module, 167)가 더 구비될 수도 있다.

[0047]

더불어, 본 발명의 멀티 모달 레이저 가공 장치(100)는, 상기 모드 전환기(120) 및 상기 대물 렌즈(130) 사이에서 상기 가공 대상물(500)로부터 반사되어 온 레이저 빔을 입사받아, 상기 가공 대상물(500)의 분광 스펙트럼을 측정하는 스펙트로미터(170)를 더 포함하여 이루어질 수 있다. 상기 스펙트로미터(170)로 반사빔을 보내 줄 수 있도록, 상기 모드 전환기(120) 및 상기 대물 렌즈(130) 사이에는 스펙트로미터용 빔 스플리터(175)가 구비되게 한다. 이와 같이 스펙트로미터(170)를 더 구비함으로써, 현재 가공되고 있는 물질이 무엇인지를 정확하게 실시간으로 파악함으로써, 역시 가공이 원하는 대로 올바르게 진행되고 있는지를 실시간으로 모니터링할 수 있다.

[0048]

앞서 설명한 바와 같이 레이저 가공은 매우 다양한 분야에 사용되는데, 그 중 디스플레이 부품이나 반도체 기판 등과 같은 전자 제품의 제작 또는 리페어 등에 사용되기도 한다. 가공 대상물(500)이 이러한 디스플레이 부품, 반도체 기판 등과 같은 물체인 경우, 이들은 일반적으로 다수 개의 박막이 적층되어 이루어지는 적층체 형태로 이루어진다. 이 때 원하는 부위 및 깊이만큼만 가공이 이루어지기를 원할 수도 있는데, 예를 들어 다수 개의 박막이 적층된 적층체에서 상측 박막만이 가공되고 하측 박막은 손상되지 않도록 가공이 이루어지게 하기를 원하

는 경우 등이 있다. 이런 때에 가공이 이루어지고 있는 물질이 어떤 물질인지 정확하게 실시간으로 파악된다면, 즉 현재 가공되고 있는 것이 상측 박막 물질인지 혹은 하측 박막 물질인지가 파악된다면, 가공 중 실시간 모니터링을 함으로써 하측 박막이 손상될 만큼 지나치게 깊이 구멍을 형성한다거나 하는 위험성을 훨씬 효과적으로 배제할 수 있다.

[0049] 도 8은 본 발명의 멀티 모달 레이저 가공 장치의 일실시예로 실제 측정된 가공 대상물의 가공 부위 분광 스펙트럼 측정 실시예로서, 도 8(A)는 실리카 유리의 분광 스펙트럼을, 도 8(B)는 알루미늄의 분광 스펙트럼을 도시하고 있다. 이처럼 실제 가공이 진행되는 중 현재 가공되고 있는 물질의 파악이 정확하게 이루어짐으로써, 결과적으로 가공 정밀도를 더욱 높일 수 있게 되는 장점이 있다.

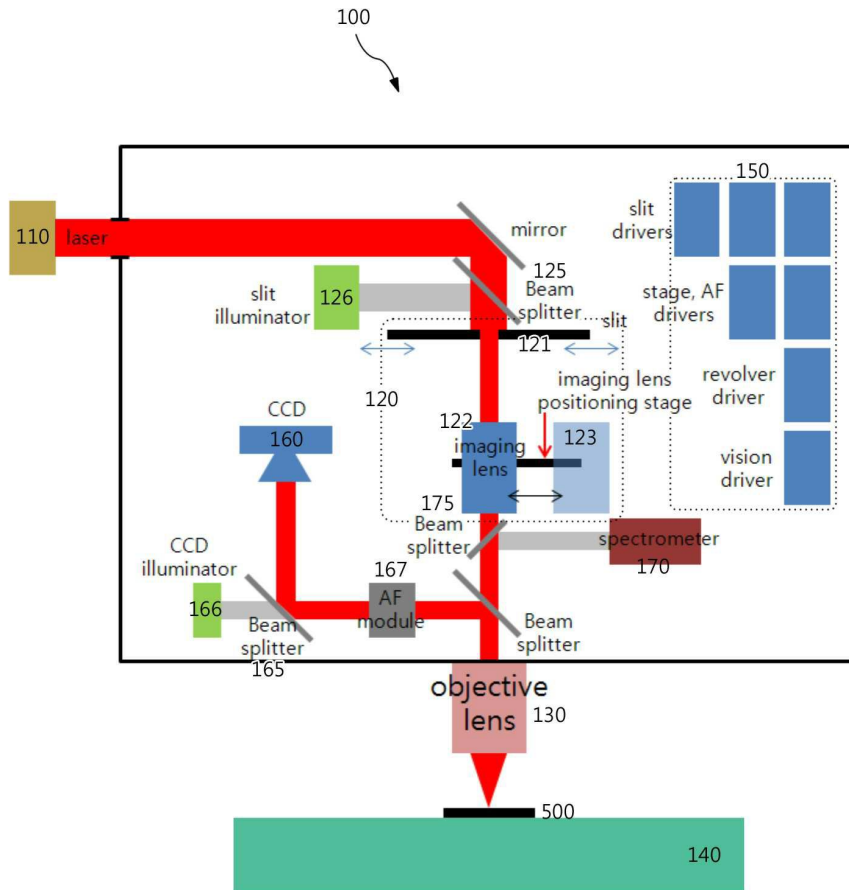
[0050] 본 발명은 상기한 실시예에 한정되지 아니하며, 적용범위가 다양함은 물론이고, 청구범위에서 청구하는 본 발명의 요지를 벗어남이 없이 당해 본 발명이 속하는 분야에서 통상의 지식을 가진 자라면 누구든지 다양한 변형 실시가 가능한 것은 물론이다.

부호의 설명

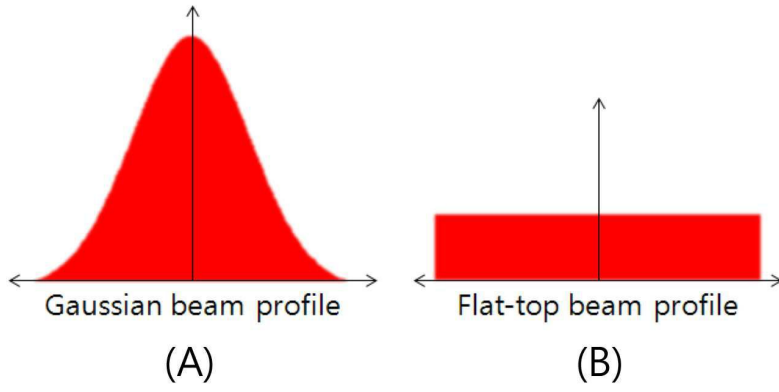
- [0051] 100: (본 발명의) 멀티 모달 레이저 가공 장치
 110: 레이저 광원 115: 미러
 120: 모드 전환기 121: 능동 슬릿
 122: 결상 렌즈 123: 결상 렌즈 이동부
 125: 능동 슬릿용 빔 스플리터 126: 능동 슬릿용 조명부
 130: 대물 렌즈 140: 스테이지
 150: 제어부
 160: 영상 획득부 165: 영상 획득부용 빔 스플리터
 166: 영상 획득부용 조명부 167: 자동 초점 조절부
 170: 스펙트로미터 175: 스펙트로미터용 빔 스플리터
 500: 가공 대상물

도면

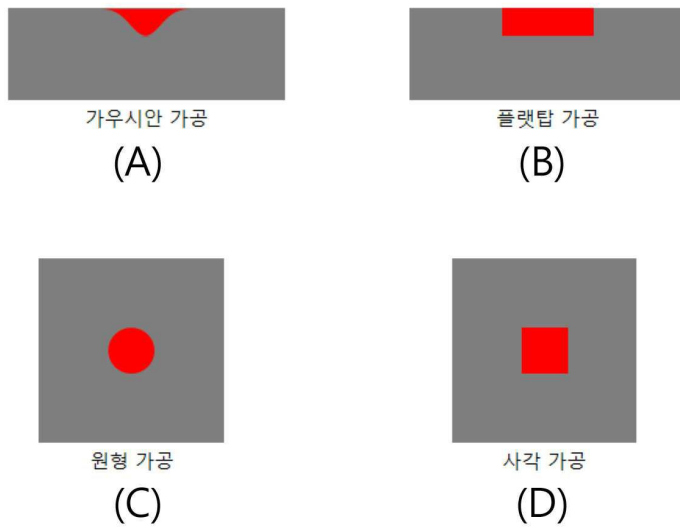
도면1



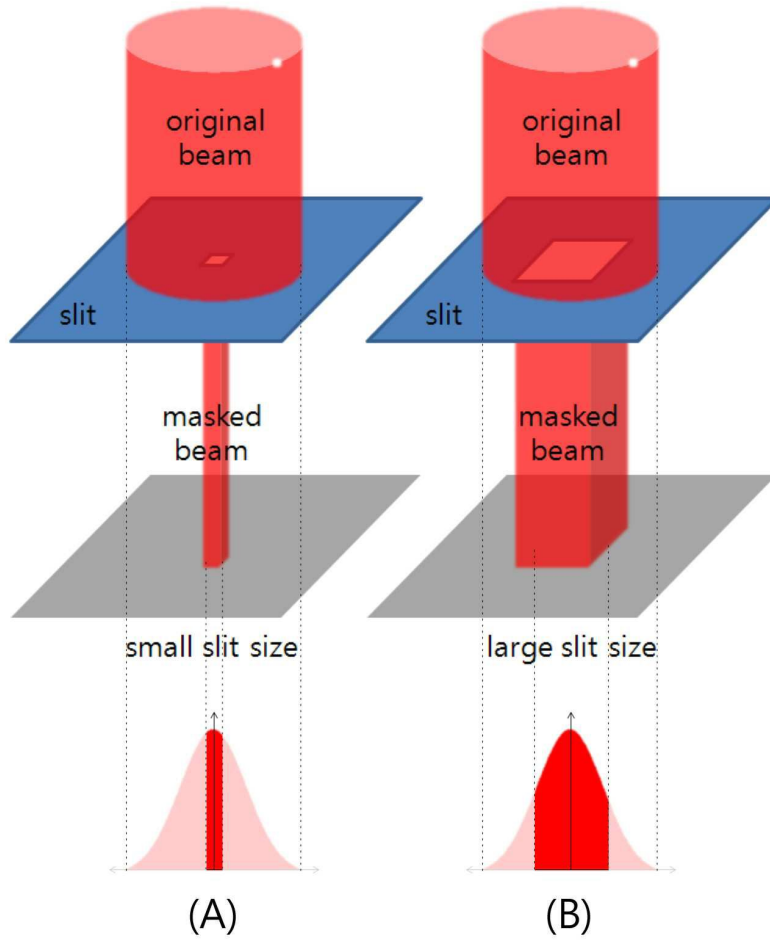
도면2



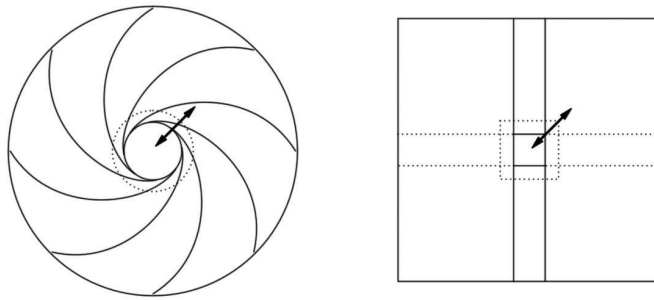
도면3



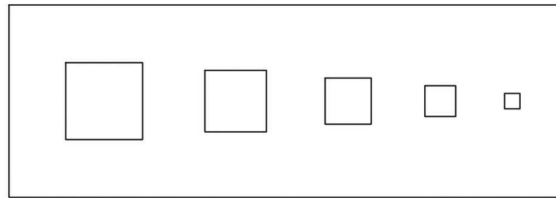
도면4



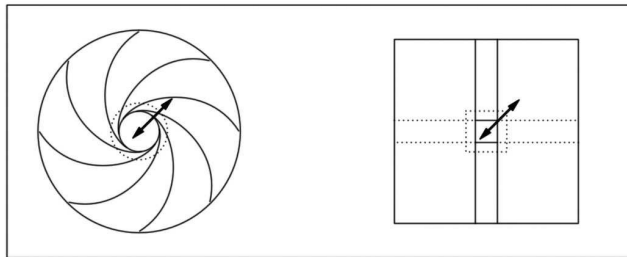
도면5



(A)

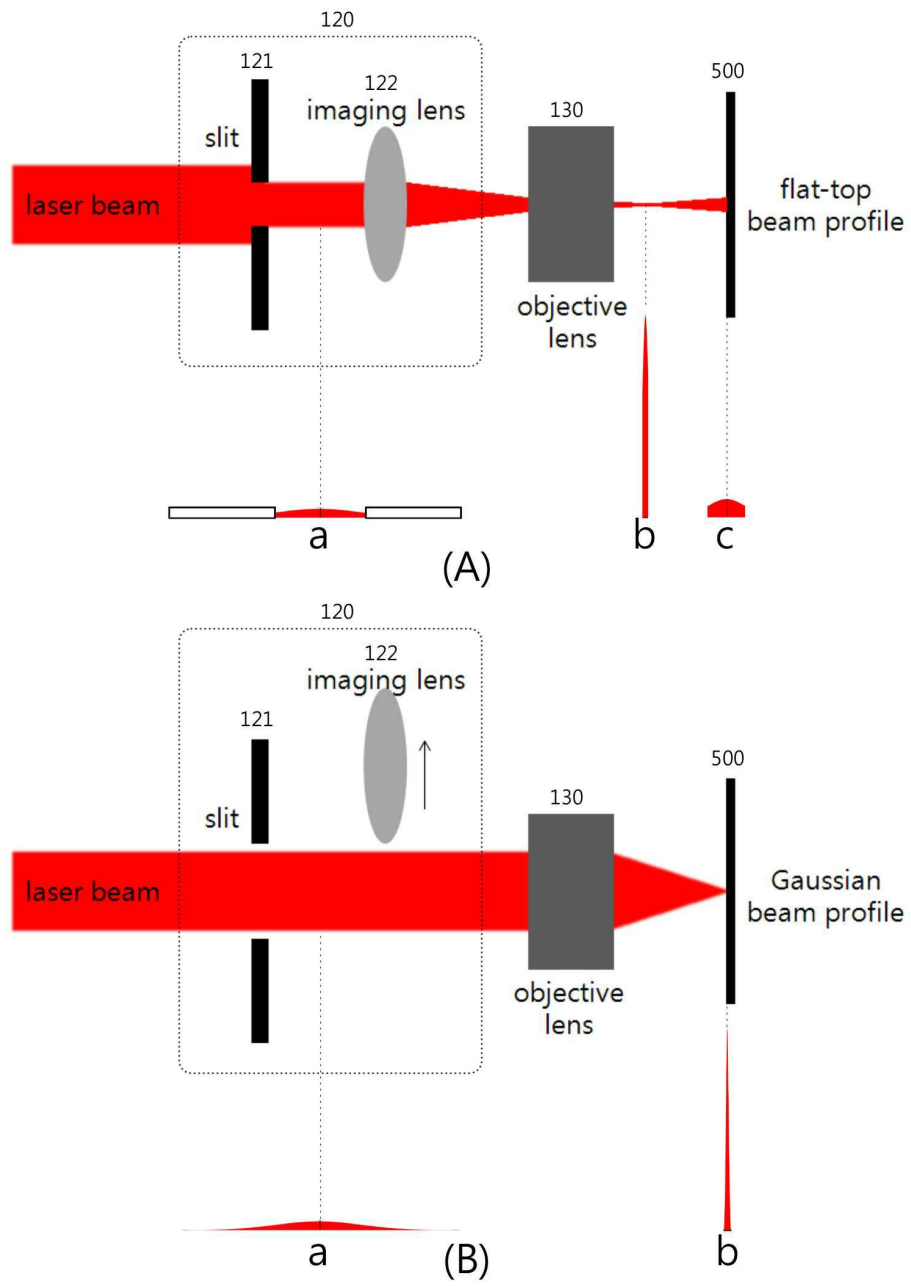


(B)

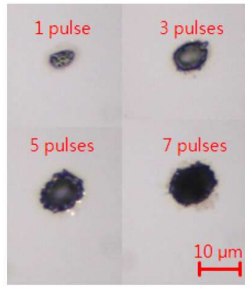


(C)

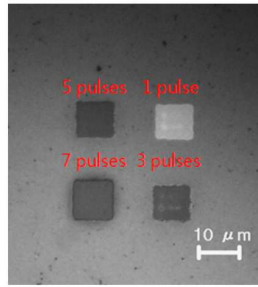
도면6



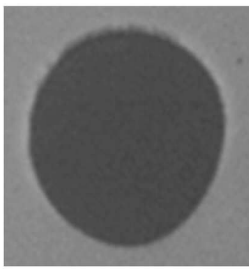
도면7



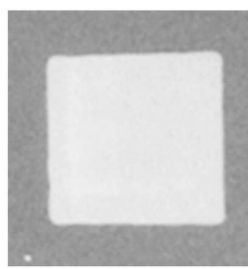
가우시안 빔 프로파일
(A)



플랫탑 빔 프로파일
(B)

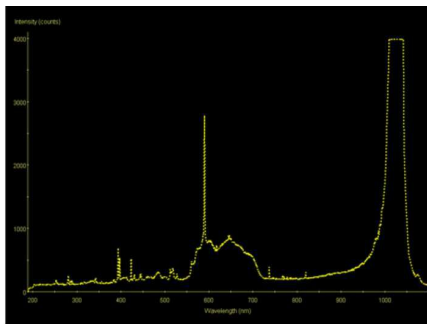


원형가공
(C)

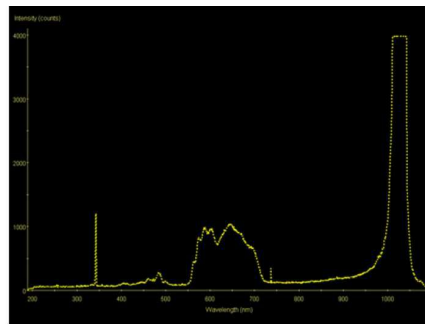


사각가공
(D)

도면8



Silica glass
(A)



Al
(B)