



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2014년10월17일
 (11) 등록번호 10-1450767
 (24) 등록일자 2014년10월07일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
 H01L 51/56 (2006.01) B23K 26/00 (2014.01)
 (21) 출원번호 10-2013-0044803
 (22) 출원일자 2013년04월23일
 심사청구일자 2013년04월23일
 (56) 선행기술조사문헌
 KR1020130007897 A
 JP2011170980 A
 KR1020090126614 A

(73) 특허권자
 한국기계연구원
 대전광역시 유성구 가정북로 156 (장동)
 (72) 발명자
 조성학
 대전광역시 서구 청사로 70, 113-1208 (월평동, 누리아파트)
 윤지욱
 대전광역시 유성구 신성로84번길 43-14, 102호 (신성동)
 (뒷면에 계속)
 (74) 대리인
 김종관, 권오식, 박창희

전체 청구항 수 : 총 18 항

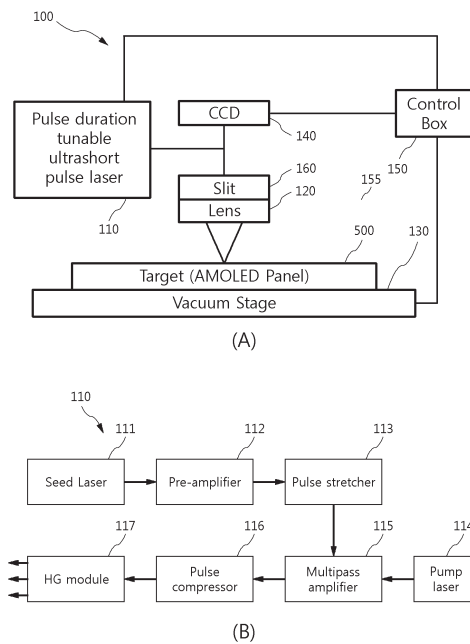
심사관 : 김효욱

(54) 발명의 명칭 **선택적 펄스 폭 가변형 레이저를 이용한 능동형 유기 자체 발광 소자의 비열 리페어 방법 및 장치**

(57) 요약

본 발명의 목적은 능동형 유기 자체 발광 소자에 불량 화소가 발생된 경우, 선택적 펄스 폭 가변형 극초단 펄스 레이저를 사용하여 리페어를 수행함으로써, 리페어 공정을 통해 의도치 않은 신호가 전달되는 문제나 리페어 공정 시 불량 발생부 이외의 주변부로 공정 영향이 미쳐 손상이 발생하는 문제를 근본적으로 해결하여, 능동형 유기 자체 발광 소자 자체의 손상을 최소화하면서 리페어가 가능하게 하는, 선택적 펄스 폭 가변형 능동형 유기 자체 발광 소자의 비열 리페어 방법 및 장치를 제공함에 있다. 또한 본 발명의 목적은, 극초단 펄스 레이저를 사용하여 레이저 가공을 수행하되, 가공 대상물 또는 집속렌즈를 진동시킴으로써 가공 품질 및 절단 효율을 극대화하는, 선택적 펄스 폭 가변형 능동형 유기 자체 발광 소자의 비열 리페어 방법 및 장치를 제공함에 있다.

대표도 - 도3



(72) 발명자

김재구

충청남도 금산군 복수면 수영1길 24

황경현

서울특별시 중구 청구로 64, 106동 905호 (신당동,
청구e편한세상)

최두선

대전광역시 유성구 은구비로156번길 99-13 (죽동)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 NK175D

부처명 지식경제부

연구관리전문기관 산업기술연구회

연구사업명 주요사업

연구과제명 나노/마이크로 복합구조 공정 및 응용 기술개발

기 여 율 1/1

주관기관 한국기계연구원

연구기간 2013.01.01 ~ 2013.12.31

특허청구의 범위

청구항 1

능동형 유기 자체 발광 소자(Active Matrix Organic Light Emitting Diode, AMOLED)의 불량 화소를 리페어 (repair)하는 방법으로서,

능동형 유기 자체 발광 소자를 구성하는 각 레이어의 물성적 또는 형태적 특성에 따라 레이저의 문턱값 (threshold) 및 펄스 폭을 포함하는 가공 조건을 결정하는 준비 단계;

상기 결정된 가공 조건을 가지도록 처프 펄스 증폭(chirped pulse amplification)에 의하여 펄스 폭이 선택적으로 가변 조절되는 극초단 펄스 레이저를 능동형 유기 자체 발광 소자의 불량 화소의 가공 대상 부위에 조사하는 가공 단계;

를 포함하여 이루어지는 것을 특징으로 하는 선택적 펄스 폭 가변형 레이저를 이용한 능동형 유기 자체 발광 소자의 비열 리페어 방법.

청구항 2

제 1항에 있어서, 상기 가공 조건은

레이저의 파장, 펄스 에너지, 반복률, 조사 시간을 포함하는 것을 특징으로 하는 선택적 펄스 폭 가변형 레이저를 이용한 능동형 유기 자체 발광 소자의 비열 리페어 방법.

청구항 3

제 1항에 있어서, 상기 문턱값은

$10^9 \text{ W/cm}^2 \sim 10^{12} \text{ W/cm}^2$ 범위 내인 것을 특징으로 하는 선택적 펄스 폭 가변형 레이저를 이용한 능동형 유기 자체 발광 소자의 비열 리페어 방법.

청구항 4

제 1항에 있어서, 상기 극초단 펄스 레이저는

피코초(10^{-12} s) 레이저, 펨토초(10^{-15} s) 레이저 중 선택되는 어느 하나인 것을 특징으로 하는 선택적 펄스 폭 가변형 레이저를 이용한 능동형 유기 자체 발광 소자의 비열 리페어 방법.

청구항 5

제 4항에 있어서, 상기 극초단 펄스 레이저는

펄스 폭이 10fs ~ 100ps 범위 내인 것을 특징으로 하는 선택적 펄스 폭 가변형 레이저를 이용한 능동형 유기 자체 발광 소자의 비열 리페어 방법.

청구항 6

제 1항에 있어서, 상기 극초단 펄스 레이저는

파장 대역이 Deep UV, UV, VIS(Visible), NIR(Near Infrared Ray), IR(Infrared) 중 선택되는 어느 하나인 것을 특징으로 하는 선택적 펄스 폭 가변형 레이저를 이용한 능동형 유기 자체 발광 소자의 비열 리페어 방법.

청구항 7

제 6항에 있어서, 상기 극초단 펄스 레이저는

과장이 $10^2\text{nm} \sim 10^4\text{nm}$ 범위 내인 것을 특징으로 하는 선택적 펄스 폭 가변형 레이저를 이용한 능동형 유기 자체 발광 소자의 비열 리페어 방법.

청구항 8

제 1항에 있어서, 상기 극초단 펄스 레이저는

펄스 에너지가 $1\mu\text{J} \sim 1\text{mJ}$ 범위 내인 것을 특징으로 하는 선택적 펄스 폭 가변형 레이저를 이용한 능동형 유기 자체 발광 소자의 비열 리페어 방법.

청구항 9

제 1항에 있어서, 상기 극초단 펄스 레이저는

반복률이 $1\text{Hz} \sim 1\text{MHz}$ 범위 내인 것을 특징으로 하는 선택적 펄스 폭 가변형 레이저를 이용한 능동형 유기 자체 발광 소자의 비열 리페어 방법.

청구항 10

제 1항에 있어서, 상기 극초단 펄스 레이저는

조사 시간이 $1\text{ns} \sim 10^2\text{s}$ 범위 내인 것을 특징으로 하는 선택적 펄스 폭 가변형 레이저를 이용한 능동형 유기 자체 발광 소자의 비열 리페어 방법.

청구항 11

제 1항에 있어서, 상기 가공 단계는

가공 대상 부위에 대하여 능동형 유기 자체 발광 소자를 형성하는 레이어들 중 일부를 제거하여 리페어하거나, 또는 전체를 제거하여 홀을 형성하는 단계인 것을 특징으로 하는 선택적 펄스 폭 가변형 레이저를 이용한 능동형 유기 자체 발광 소자의 비열 리페어 방법.

청구항 12

제 1항에 있어서, 상기 레이어 특성은

레이어 재질의 물성적 특징으로서 과장에 대한 흡수율을 포함하며, 레이어의 형태적 특성으로서 레이어 두께를 포함하는 것을 특징으로 하는 선택적 펄스 폭 가변형 레이저를 이용한 능동형 유기 자체 발광 소자의 비열 리페어 방법.

청구항 13

제 1항 내지 제 12항 중 선택되는 어느 한 항에 의한 방법을 사용하여 가공 대상물(500)인 능동형 유기 자체 발광 소자(Active Matrix Organic Light Emitting Diode, AMOLED)의 불량 화소를 리페어(repair)하는 장치(100)로서,

극초단 펄스 레이저 광을 발생시키되, 처프 펄스 증폭(chirped pulse amplification)에 의하여 펄스 폭이 선택적으로 가변 조절되도록 이루어지는 레이저 광원(110);

상기 레이저 광원(110)에서 발생된 레이저를 상기 가공 대상물(500)의 가공 대상 부위로 조사시키는 렌즈부(120);

그 위에 상기 가공 대상물(500)이 놓여지며, X, Y, Z 3축 방향으로 이동 가능하게 형성되는 스테이지(130);

상기 가공 대상물(500)의 가공 대상 부위를 촬영하여 영상 정보를 획득하는 촬영부(140);

상기 촬영부(140)에서 획득된 영상 정보를 사용하여 상기 스테이지(130)의 3축 이동을 제어하는 제어부(150);

를 포함하여 이루어지는 것을 특징으로 하는 선택적 펄스 폭 가변형 레이저를 이용한 능동형 유기 자체 발광 소자의 비열 리페어 장치.

청구항 14

제 13항에 있어서, 상기 레이저 광원(110)은

극초단 펄스 레이저 광을 발생시키는 시드 레이저(seed laser, 111), 상기 시드 레이저(111)에서 발생된 레이저 광을 증폭하는 예비 증폭기(pre-amplifier, 112), 상기 예비 증폭기(112)에서 증폭된 레이저 광의 펄스폭을 신장하는 펄스 신장기(pulse stretcher, 113), 펌핑용 레이저 광을 발생시키는 펌프 레이저(pump laser, 114), 상기 펄스 신장기(113) 및 상기 펌프 레이저(114)에서 입력된 레이저 광들을 증폭하는 다중 증폭기(multipass-amplifier, 115), 각도가 가변되는 적어도 한 쌍의 회절 격자(116a, 116b)와 적어도 하나의 미러(116c)와 적어도 하나의 편광판(116d)을 포함하여 이루어지며 상기 다중증폭기(115)를 통과한 레이저 광을 입사받아 압축하는 펄스 압축기(pulse compressor, 116), 상기 펄스 압축기(116)에 의하여 펄스폭이 압축된 레이저 광의 파장을 조절하여 외부로 조사하는 HG 모듈(harmonic generation module, 117)을 포함하여 이루어지며,

상기 펄스 압축기(116)의 상기 회절 격자(116a, 116b)의 각도 변경에 의하여 상기 시드 레이저(111)에서 발생된 극초단 펄스 레이저 광의 펄스폭이 가변되도록 형성되는 것을 특징으로 하는 선택적 펄스 폭 가변형 레이저를 이용한 능동형 유기 자체 발광 소자의 비열 리페어 장치.

청구항 15

제 13항에 있어서, 상기 리페어 장치(100)는

레이저 빔 크기를 조절하도록, 상기 레이저 광원(110)에서 발생된 레이저의 광로 상에 배치되어 레이저의 일부만을 통과시키는 슬릿이 형성되는 슬릿부(160);

을 더 포함하여 이루어지는 것을 특징으로 하는 선택적 펄스 폭 가변형 레이저를 이용한 능동형 유기 자체 발광 소자의 비열 리페어 장치.

청구항 16

제 15항에 있어서, 상기 슬릿은

크기가 $1\mu\text{m} \times 1\mu\text{m} \sim 10^2\mu\text{m} \times 10^2\mu\text{m}$ 범위 내인 것을 특징으로 하는 선택적 펄스 폭 가변형 레이저를 이용한 능동형 유기 자체 발광 소자의 비열 리페어 장치.

청구항 17

제 15항에 있어서, 상기 슬릿부(160)는

크기 또는 형상이 서로 다르게 형성되는 적어도 하나 이상의 슬릿이 서로 이격 배치된 형태로 형성되는 것을 특

징으로 하는 선택적 펄스 폭 가변형 레이저를 이용한 능동형 유기 자체 발광 소자의 비열 리페어 장치.

청구항 18

제 15항에 있어서, 상기 슬릿부(160)는

상기 제어부(150)에 의해 이동 가능하게 형성되는 것을 특징으로 하는 선택적 펄스 폭 가변형 레이저를 이용한 능동형 유기 자체 발광 소자의 비열 리페어 장치.

명세서

기술분야

[0001] 본 발명은 선택적 펄스 폭 가변형 레이저를 이용한 능동형 유기 자체 발광 소자의 비열 리페어 방법 및 장치에 관한 것이다.

[0002] 최근 능동형 유기 자체 발광 소자(Active Matrix Organic Light Emitting Diode, AMOLED)를 이용한 디스플레이는 액정화면(LCD)에 비해 자체 발광이 가능하다는 점, 소비 전력이 기존의 타 소자보다 훨씬 효율적이라는 점 등의 우수한 특성으로 인하여 차세대 디스플레이로서 각광을 받고 있다. 이에 소형 휴대 기기류의 디스플레이로부터 점차로 대면적의 디스플레이까지 그 사용이 확대되어 가는 추세에 있다.

[0003] 능동형 유기 자체 발광 소자는 통상적으로 2개의 전극과 이들 사이의 유기 발광층들로 구성된다. 전극을 통해 유기 발광층으로 전자 및 정공을 주입하여 전류를 가시광으로 변화시키면서 빛을 발하는 과정을 거쳐 작동이 된다. 도 1은 유연 능동형 유기 자체 발광 소자의 구성을 도시한 것이다. 보다 상세히는, 도 1(A)는 유연 능동형 유기 자체 발광 소자의 개략적인 구성을, 도 1(B)는 전면 발광형으로 형성되는 유연 능동형 유기 자체 발광 소자의 실시 구성 및 개념적으로 간략화된 구성을 각각 도시하고 있다.

[0004] 한편, 이러한 능동형 유기 자체 발광 소자는 제품의 생산 공정 중의 오류, 열에 의한 의도하지 않은 전극의 비정상적인 형성, 유기 발광층들 사이의 불안정성 등에 의해 불량 화소로 표현되는 잠재적인 문제점을 가질 수 있다. 이러한 불량 화소는 제품으로서의 가치를 떨어뜨릴 뿐만 능동형 유기 자체 발광 소자를 활용하여 제작되는 디스플레이 장치의 치명적인 약점이 된다.

[0005] 기존의 LCD 등과 같은 디스플레이에서도 위와 같은 이유에 의하여 불량 화소가 발생하는 경우가 많이 있고, 이럴 경우 레이저 장비를 이용하여 해당 부분에 레이저를 조사하여 좁으므로 리페어(repair)하는 공정이 일반적으로 사용되고 있다. 그런데, 현재의 능동형 유기 자체 발광 소자는 100℃ 이상의 열이 가해지게 될 시 이를 구성하고 있는 물질의 변질 혹은 변형이 발생하게 된다. 따라서 기존의 LCD 등과 같은 디스플레이의 리페어에 사용되고 있는 레이저 장비를 유기 자체 발광 소자의 리페어에 사용할 경우, 가공 대상 부분에 레이저 빔이 조사될 때 대상 주변부에 열에 의한 불가피한 손상이 발생하게 되는 문제가 있다.

배경기술

[0006] 이러한 능동형 유기 자체 발광 소자를 포함하는 디스플레이 장치의 리페어를 위하여 다양한 기술이 개시되어 왔다.

[0007] 한국특허공개 제2011-0137460호(2011.12.23, "레이저 리페어 장치 및 그 리페어 방법", 이하 선행기술 1)에는, 디스플레이의 불량 화소 생성 부분에 레이저 빔을 조사하여 수정할 수 있도록 하는 레이저 장치가 개시된다. 선행기술 1의 장치는 특히, 레이저 빔의 크기를 확대할 수 있는 빔 익스팬더 및 레이저 빔을 일부만 통과시켜 크기를 줄일 수 있도록 하는 슬릿 등을 이용하여, 불량 부위의 크기에 따라 적절하게 레이저 빔의 크기를 변경해 줄 수 있도록 하고 있다. 그러나 선행기술 1의 장치는, 앞서 설명한 바와 같이 현재 사용되는 일반적인 레이저 공정 장비와 마찬가지로 물질의 열적 변형을 일으킨다는 문제점을 여전히 내포하고 있어, 능동형 유기 자체 발광 소자의 리페어에 사용할 수 없다.

[0008] 일본특허공개 제2011-071032호(2011.04.07, "유기 EL 소자 및 그 리페어 방법 및 제조 방법", 이하 선행기술 2)에는, 유기 발광 소자의 제조 과정에서 적층체 사이에 이물이 끼어 불량이 된 경우, 이를 리페어할 수 있도록 유기 발광 소자의 일측에 마이크로 렌즈가 형성되도록 한 유기 발광 소자 및 이를 이용한 리페어 기술이 개시된

다. 선행기술 2에서는, 마이크로 렌즈의 초점 위치가 이물이 존재하는 위치와 동일하도록 형성되게 하고, 레이저를 마이크로 렌즈를 통해 조사하여 줌으로써, 마이크로 렌즈를 통해 레이저가 이물로 정확하게 조사되어 주변 부로의 영향을 최소화하고 이물을 제거할 수 있도록 하고 있다. 그런데, 선행기술 2는 불량이 발생하였을 때 해당 부분에 정확하게 초점이 맞는 마이크로 렌즈를 배치시켜야 하는 과정 자체가 실질적으로 상당한 어렵기 때문에, 이러한 배치 과정에 많은 시간이 소요될 수밖에 없는 문제가 있다. 또한 디스플레이 제조 과정에서 발생하는 불량은 이물 혼입 뿐 아니라 다양한 형태로 존재하는데, 선행기술 2에 의하면 이물 혼입 이외의 불량을 리페어하는 데에 사용하기에는 어려움이 있다.

[0009] 한편 최근에는 레이저를 사용하여 리페어 공정을 수행하는 경우에 있어서, 여러 펄스 폭을 가지는 레이저를 필요에 따라 바꾸어 가며 사용하는 기술의 활용이 늘어가고 있다. 일반적인 레이저 가공의 경우 레이저의 빔 품질 및 안정성의 문제로 펄스 폭을 고정한 상태에서 가공이 진행된다. 즉 하나의 레이저 광원에서 나오는 레이저는 매우 제한적인 범위의 펄스 폭을 가지도록 고정적으로 설정된 채로 사용되기 때문에, 여러 펄스 폭을 가지는 레이저를 사용하고 싶을 경우 다수 개의 레이저 광원을 사용해야만 하는 불편이 있었다.

선행기술문헌

특허문헌

[0010] (특허문헌 0001) 1. 한국특허공개 제2011-0137460호(2011.12.23, "레이저 리페어 장치 및 그 리페어 방법")
 (특허문헌 0002) 2. 일본특허공개 제2011-071032호(2011.04.07, "유기 EL 소자 및 그 리페어 방법 및 제조 방법")

발명의 내용

해결하려는 과제

[0011] 따라서, 본 발명은 상기한 바와 같은 종래 기술의 문제점을 해결하기 위하여 안출된 것으로, 본 발명의 목적은 능동형 유기 자체 발광 소자에 불량 화소가 발생된 경우, 선택적 펄스 폭 가변형 레이저를 이용한 극초단 펄스 레이저를 사용하여 리페어를 수행함으로써, 리페어 공정을 통해 의도치 않은 신호가 전달되는 문제나 리페어 공정 시 불량 발생부 이외의 주변부로 공정 영향이 미쳐 손상이 발생하는 문제를 근본적으로 해결하여, 능동형 유기 자체 발광 소자 자체의 손상을 최소화하면서 리페어가 가능하게 하는, 선택적 펄스 폭 가변형 레이저를 이용한 능동형 유기 자체 발광 소자의 비열 리페어 방법 및 장치를 제공함에 있다. 또한 본 발명의 목적은, 선택적 펄스 폭 가변형 극초단 펄스 레이저를 사용하여 레이저 가공을 수행하되, 하나의 레이저 광원을 사용하면서도 매우 넓은 범위의 선택적 펄스 폭 가변이 가능하도록 함으로써, 원하는 가공 조건을 보다 편리하게 선택하여 가공을 수행할 수 있도록 하는, 능동형 유기 자체 발광 소자의 비열 리페어 방법 및 장치를 제공함에 있다.

과제의 해결 수단

[0012] 상기한 바와 같은 목적을 달성하기 위한 본 발명의 선택적 펄스 폭 가변형 레이저를 이용한 능동형 유기 자체 발광 소자의 비열 리페어 방법은, 상기한 바와 같은 목적을 달성하기 위한 본 발명의 선택적 펄스 폭 가변형 레이저를 이용한 능동형 유기 자체 발광 소자의 비열 리페어 방법은, 능동형 유기 자체 발광 소자(Active Matrix Organic Light Emitting Diode, AMOLED)의 불량 화소를 리페어(repair)하는 방법으로서, 능동형 유기 자체 발광 소자를 구성하는 각 레이어의 물성적 또는 형태적 특성에 따라 레이저의 문턱값(threshold)을 포함하는 가공 조건을 결정하는 준비 단계; 상기 결정된 가공 조건을 가지도록 처프 펄스 증폭(chirped pulse amplification)에 의하여 펄스 폭이 선택적으로 가변 조절되는 극초단 펄스 레이저를 능동형 유기 자체 발광 소자의 불량 화소의 가공 대상 부위에 조사하는 가공 단계; 를 포함하여 이루어지는 것을 특징으로 한다.

[0013] 이 때 상기 가공 조건은, 레이저의 파장, 펄스 에너지, 반복률, 조사 시간을 포함하는 것이 바람직하다.

[0014] 또한 상기 문턱값은, $10^9 \text{ W/cm}^2 \sim 10^{12} \text{ W/cm}^2$ 범위 내인 것이 바람직하다.

- [0015] 또한 상기 극초단 펄스 레이저는, 피코초(10^{-12} s) 레이저, 펨토초(10^{-15} s) 레이저 중 선택되는 어느 하나인 것이 바람직하다. 이 때 상기 극초단 펄스 레이저는, 펄스폭이 10fs ~ 100ps 범위 내인 것이 더욱 바람직하다.
- [0016] 또한 상기 극초단 펄스 레이저는, 파장 대역이 Deep UV, UV, VIS(Visible), NIR(Near Infrared Ray), IR(Infrared) 중 선택되는 어느 하나인 것이 바람직하다. 이 때 상기 극초단 펄스 레이저는, 파장이 10^2 nm ~ 10^4 nm 범위 내인 것이 더욱 바람직하다.
- [0017] 또한 상기 극초단 펄스 레이저는, 펄스 에너지가 1 μ J ~ 1mJ 범위 내인 것이 바람직하다.
- [0018] 또한 상기 극초단 펄스 레이저는, 반복률이 1Hz ~ 1MHz 범위 내인 것이 바람직하다.
- [0019] 또한 상기 극초단 펄스 레이저는, 조사 시간이 1ns ~ 10^2 s 범위 내인 것이 바람직하다.
- [0020] 또한 상기 가공 단계는, 가공 대상 부위에 대하여 능동형 유기 자체 발광 소자를 형성하는 레이어들 중 일부를 제거하여 리페어하거나, 또는 전체를 제거하여 홀을 형성하는 단계인 것이 바람직하다.
- [0021] 또한 상기 레이어 특성은, 레이어 재료의 물성적 특징으로서 파장에 대한 흡수율을 포함하며, 레이어의 형태적 특징으로서 레이어 두께를 포함하는 것이 바람직하다.
- [0022] 또한 본 발명의 선택적 펄스 폭 가변형 레이저를 이용한 능동형 유기 자체 발광 소자의 비열 리페어 장치는, 상술한 바와 같은 방법을 사용하여 가공 대상물(500)인 능동형 유기 자체 발광 소자(Active Matrix Organic Light Emitting Diode, AMOLED)의 불량 화소를 리페어(repair)하는 장치(100)로서, 극초단 펄스 레이저 광을 발생시키되, 처프 펄스 증폭(chirped pulse amplification)에 의하여 펄스 폭이 선택적으로 가변 조절되도록 이루어지는 레이저 광원(110); 상기 레이저 광원(110)에서 발생된 레이저를 상기 가공 대상물(500)의 가공 대상 부위로 조사시키는 렌즈부(120); 그 위에 상기 가공 대상물(500)이 놓여지며, X, Y, Z 3축 방향으로 이동 가능하게 형성되는 스테이지(130); 상기 가공 대상물(500)의 가공 대상 부위를 촬영하여 영상 정보를 획득하는 촬영부(140); 상기 촬영부(140)에서 획득된 영상 정보를 사용하여 상기 스테이지(130)의 3축 이동을 제어하는 제어부(150); 를 포함하여 이루어지는 것을 특징으로 한다.
- [0023] 이 때 상기 레이저 광원(110)은, 극초단 펄스 레이저 광을 발생시키는 시드 레이저(seed laser, 111), 상기 시드 레이저(111)에서 발생된 레이저 광을 증폭하는 예비 증폭기(pre-amplifier, 112), 상기 예비 증폭기(112)에서 증폭된 레이저 광의 펄스폭을 신장하는 펄스 신장기(pulse stretcher, 113), 펄핑용 레이저 광을 발생시키는 펌프 레이저(pump laser, 114), 상기 펄스 신장기(113) 및 상기 펌프 레이저(114)에서 입력된 레이저 광들을 증폭하는 다중 증폭기(multipass-amplifier, 115), 각도가 가변되는 적어도 한 쌍의 회절 격자(116a, 116b)와 적어도 하나의 미러(116c)와 적어도 하나의 편광판(116d)을 포함하여 이루어지며 상기 다중증폭기(115)를 통과한 레이저 광을 입사받아 압축하는 펄스 압축기(pulse compressor, 116), 상기 펄스 압축기(116)에 의하여 펄스폭이 압축된 레이저 광의 파장을 조절하여 외부로 조사하는 HG 모듈(harmonic generation module, 117)을 포함하여 이루어지며, 상기 펄스 압축기(116)의 상기 회절 격자(116a, 116b)의 각도 변경에 의하여 상기 시드 레이저(111)에서 발생된 극초단 펄스 레이저 광의 펄스폭이 가변되도록 형성될 수 있다.
- [0024] 또한 상기 리페어 장치(100)는, 레이저 빔 크기를 조절하도록, 상기 레이저 광원(110)에서 발생된 레이저의 광로 상에 배치되어 레이저의 일부만을 통과시키는 슬릿이 형성되는 슬릿부(160); 을 더 포함하여 이루어지는 것이 바람직하다. 이 때 상기 슬릿은, 크기가 $1\mu\text{m} \times 1\mu\text{m} \sim 10^2\mu\text{m} \times 10^2\mu\text{m}$ 범위 내인 것이 바람직하다. 또한 상기 슬릿부(160)는, 크기 또는 형상이 서로 다르게 형성되는 적어도 하나 이상의 슬릿이 서로 이격 배치된 형태로 형성되는 것이 바람직하다. 또한 상기 슬릿부(160)는, 상기 제어부(150)에 의해 이동 가능하게 형성되는 것이 바람직하다.

발명의 효과

- [0025] 본 발명에 의하면, 펨토초 급 이상의 극초단 펄스 레이저를 사용하여 가공을 수행함으로써, 비열적, 비접촉적, 선택적, 재료 무의존적 가공이 가능하게 되는 큰 효과가 있다. 특히 능동형 유기 자체 발광 소자(AMOLED)의 경우, 종래의 LCD 등과 같은 디스플레이에 비하여 열적 변형에 대한 손상 문제가 훨씬 커서 종래의 레이저 리페어

장치를 사용하여 리페어하는 것이 불가능했던 문제가 있었다. 그러나 본 발명은 극초단 펄스 레이저를 이용함으로써 비열적 및 선택적 가공이 가능하게 해 주기 때문에, 이러한 능동형 유기 자체 발광 소자도 리페어를 할 수 있게 해 주는 큰 효과가 있다.

[0026] 즉, 본 발명에 의하면 능동형 유기 자체 발광 소자의 불량 화소에 대하여 극초단 펄스 레이저를 사용하여 리페어 또는 홀 가공을 함으로써 불량이 발생하는 지점만을 가공하고 대상의 주변부에 열에 의한 손상을 방지하게 된다. 따라서 본 발명에 의하면, 제품의 생산성과 생산 라인의 안정성 또한 극대화시킬 수 있는 큰 효과가 있다.

[0027] 또한 본 발명은, 레이저 특성 조건을 적절하게 조절해 줌으로써 이물 제거 뿐만 아니라 다양한 불량에 대해서도 적절하게 대처하여 리페어를 수행할 수 있는 큰 효과가 있다.

[0028] 뿐만 아니라 본 발명에 의하면 다음과 같은 특징적인 장점이 있다. 극초단 펄스 레이저를 이용한 가공은 다양한 레이저 파라미터와 가공 공정 조건에 따라서 가공 성과 품질의 차별이 생긴다. 그 중에서도 펄스 폭은 가공 결과물의 품질에 직접적으로 영향을 미치는 핵심 파라미터 중 하나이다. 그런데 종래의 레이저 가공의 경우 매우 제한적인 범위의 펄스 폭을 가지도록 고정된 레이저 광원을 사용하였기 때문에, 원하는 가공 조건들에 맞추어 펄스 폭을 변화시키기 위해서는 원하는 펄스 폭을 가지는 레이저 광원을 다수 개 구비하고, 이를 바꾸어 가면서 조사하는 방법을 사용할 수밖에 없었다. 그러나 본 발명에서는 단일 개의 레이저 광원을 사용하면서도 펄스 폭을 펨토초에서 피코초 범위까지 매우 넓은 범위 내에서 자유롭게 변화 가능하도록 함으로써, 다수 개의 광원을 구비해야 하는 문제와 광원을 바꾸어 줌에 따라 발생하는 여러 가지 불편함(광원 변경에 걸리는 시간 등의 낭비, 광원 변경 후 위치 재조정 등)을 일시에 해소해 주는 큰 효과를 얻을 수 있는 것이다. 물론 이처럼 선택적 펄스 폭 가변이 자유롭게 가능하게 됨으로써 가공 조건 역시 원하는 가공 품질에 따라 자유롭게 변경이 가능한 효과 또한 있으며, 나아가서는 (다수 개의 레이저 광원을 구비해야 하는 종래에 비하여) 훨씬 저렴한 비용으로 다양한 가공을 수행할 수 있도록 해 주는 큰 효과가 있다.

[0029] 더불어 본 발명에 의하면, 유기 자체 발광 소자의 생산 과정에서의 경제성을 극대화시키는 큰 효과가 있다. 종래에는 능동형 유기 자체 발광 소자의 경우 적절한 리페어 기술이 존재하지 않았기 때문에, 실제 제품 생산 과정에서 불량이 발생하면 폐기하는 수준으로 품질 관리가 실시되었는데, 최근 대형 또는 고해상도 AMOLED 디스플레이 제품의 생산이 확대되어 가고 있는 상황에서 그 생산 과정에서 상술한 바와 같이 리페어 불가로 인한 불량 디스플레이 폐기량이 많아질수록 생산 단가가 상승하는 문제가 발생하는 문제가 있었다. 그러나 본 발명의 리페어 기술을 AMOLED 제품 생산 공정에 도입함으로써 불량 제품을 리페어하여 폐기를 피할 수 있어, 경제적 손실 요인을 크게 제거할 수 있게 되므로, 궁극적으로는 생산에 있어서의 경제성을 비약적으로 극대화시킬 수 있는 것이다.

도면의 간단한 설명

- [0030] 도 1은 능동형 유기 자체 발광 소자(AMOLED)의 구성.
- 도 2는 나노초 및 펨토초 레이저의 가공 특성 비교.
- 도 3은 본 발명의 리페어 장치 구성의 한 실시예의 개략도.
- 도 4는 본 발명의 펄스 압축기의 한 실시예의 개략도.
- 도 5는 극초단 펄스 레이저의 펄스 에너지와 펄스 폭의 조정 개념도.
- 도 6는 슬릿부의 한 실시예.
- 도 7은 슬릿을 이용하여 사각 형상으로 조정된 레이저 빔을 조사하여 리페어 또는 홀 가공을 하는 예시.
- 도 8은 단일층별 펄스 폭에 따른 펨토초 레이저 리페어 문턱값(peak intensity로 표현)을 나타낸 그래프.
- 도 9는 Full HD급 고해상도 모바일 능동형 유기 자체 발광 소자 및 일반 해상도 모바일 능동형 유기 자체 발광 소자의 광학 현미경 사진.
- 도 10은 본 발명에 의한 능동형 유기 자체 발광 소자의 특정 레이저의 선택적 제거 예시.
- 도 11 내지 도 16은 능동형 유기 자체 발광 소자의 가공 전 상태 및 다양한 펄스 폭으로 가공 후 상태 사진.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0031] 이하, 상기한 바와 같은 구성을 가지는 본 발명에 의한 선택적 펄스 폭 가변형 레이저를 이용한 능동형 유기 자체 발광 소자의 비열 리페어 방법 및 장치를 첨부된 도면을 참고하여 상세하게 설명한다.
- [0032] 디스플레이 등과 같은 고집적 회로로 이루어진 제품에 있어서, 제조 공정에서 발생하는 결함에는, 제조 과정에서 이물질이 혼입됨으로써 발생하는 결함도 있고, 또는 공정의 수행이 완전히 올바르게 이루어지지 않아 발생하는 결함, 즉 접속되지 않아야 할 도체끼리 접속되는 쇼트 결함이나, 배선이 도중에 끊어져 있는 오픈 결함 등과 같은 다양한 형태가 있다. 이러한 다양한 결함의 수정(repair) 방법은 물론 결함의 종류나 특성에 따라 달라지겠지만, 일반적으로 레이저를 이용한 수정 기술이 널리 사용되고 있다. 예를 들어 이물질 부착이나 쇼트 결함의 경우, FPD 기판의 표면에 부착된 파티클이나 레지스트 등의 이물질 위치, 또는 부적절하게 형성된 금속 배선의 일부 위치에 레이저 광을 조사하여 제거함으로써 결함의 리페어가 이루어지게 된다.
- [0033] 현재 레이저 가공 기술에서는 나노초 레이저가 일반적으로 널리 사용되고 있다. 나노초 레이저란 수~수백ns(10^{-9} 초)의 펄스 폭을 가지는 레이저 광을 출력하는 레이저를 말하는데, 나노초 레이저의 경우 도 2(A)에 도시되어 있는 바와 같이 레이저 조사 부위에서 충격파가 발생하여 표면이 왜곡되고 마이크로크랙이 부품 내부로 전파될 뿐만 아니라, 또한 레이저 조사 부위가 매우 고온이 되어 기판 물질 일부가 녹는 용융층이 발생됨에 따라 열에 의해 주변 재료가 변질되는 문제 또한 발생하게 된다.
- [0034] 반면, 펄스 폭이 fs(10^{-15} 초) 수준인 펨토초 레이저의 경우, 이러한 열적 손상 문제가 거의 발생되지 않는다. 도 2는 나노초 및 펨토초 레이저의 가공 특성을 비교한 것으로, 도 2(B)에 도시되어 있는 바와 같이 펨토초 레이저 가공 시에는 레이저 광 조사 부위에서 열이 발생하는 대신 플라즈마가 생성되어 가공이 이루어지게 된다. 따라서 나노초 레이저 등을 사용할 때와는 달리 열 및 충격파가 전혀 발생되지 않으므로, 종래에 열 때문에 발생되던 용융층 생성 및 이에 따른 주변 재료 변질 문제나, 충격파 때문에 발생되던 표면 손상 및 마이크로크랙 전파 문제가 근본적으로 해결되게 된다.
- [0035] 앞서 설명한 바와 같이, 특히 능동형 유기 자체 발광 소자의 경우 종래의 LCD 등에 비해 훨씬 열 민감성이 높기 때문에, 종래의 나노초 레이저 등을 사용하여 결함을 리페어하는 것이 거의 불가능하였다. 그러나 도 2의 비교에서 알 수 있는 바와 같이 펨토초 레이저와 같은 극초단 펄스 레이저를 사용할 경우, 비열적(non-thermal) 공정이 가능해지기 때문에 능동형 유기 자체 발광 소자의 리페어 기술에 적용하는 것이 가능한 것이다.
- [0036] 본 발명에서는 바로 이 점에 주목하여, 능동형 유기 자체 발광 소자(Active Matrix Organic Light Emitting Diode, AMOLED), 특히 능동형 유기 자체 발광 소자의 불량 화소를 리페어(repair)하는 방법으로서, 선택적 펄스 폭 가변형 극초단 펄스 레이저를 사용하는 방법을 제시한다.
- [0037] 이 때, 단순히 펨토초 급의 극초단 펄스 레이저를 사용하기만 한다고 해서 쉽게 리페어를 할 수 있는 것은 아니다. 도 1 등에 나타나 있는 바와 같이 능동형 유기 자체 발광 소자는 전극층, 유기층 등 다양한 재질로 이루어진 레이어들이 적층된 형태로 이루어져 있다. 이 때 앞서 설명한 바와 같이 결함에는 이물 혼입 결함, 쇼트 결함, 오픈 결함 등과 같은 다양한 형태가 있는데, 예를 들어 이물 혼입 결함, 쇼트 결함 등의 경우 이러한 적층된 레이어들 중 일부만을 제거함으로써 리페어될 수 있다. 따라서 이러한 경우에는 복합층 전체가 아니라 최외곽부의 손상이 없이 내부에 가공을 하여 원하는 레이어를 선택적으로 리페어할 수 있도록 제어할 수 있어야 하는데, 이를 위해서는 물질의 파장에 대한 흡수율이나 레이어의 두께 등 능동형 유기 자체 발광 소자를 구성하고 있는 각 레이어에 대한 특성 정보의 파악이 필요하다.
- [0038] 이에 본 발명의 리페어 방법은, 이러한 특성 정보를 파악하고 가공 조건을 결정하는 준비 단계와, 준비 단계에서 결정된 가공 조건을 사용하여 실제 가공을 수행하는 가공 단계를 포함하여 이루어진다.
- [0039] 먼저 상기 준비 단계에 대해 설명한다. 상기 준비 단계에서는, 능동형 유기 자체 발광 소자를 구성하는 각 레이어의 물성적 또는 형태적 특성에 따라 레이저의 문턱값(threshold)을 포함하는 가공 조건을 결정하게 된다.
- [0040] 이 때 레이어의 물성적 특성이란 파장에 대한 흡수율 등을 말하며, 레이어의 형태적 특성이란 레이어 두께 등을

말한다. 또한 레이저의 문턱값이란, 리페어가 수행될 대상 레이어의 가공 대상 부위를 변화시키기 위한 최소 에너지를 말하는 것으로, 즉 조사되는 레이저가 이 문턱값을 넘어야 비로소 해당 가공 대상 부위에 변화가 발생하게 되는 바, 문턱값은 당연히 리페어 대상이 되는 레이어의 물성적, 형태적 특성에 따라 결정된다. 본 출원인이 (이하 실시예에서 보다 상세히 설명되겠으나) 실제 능동형 유기 자체 발광 소자를 이루는 각 레이어에 대하여 다양한 실험을 수행한 결과에 따르면, 상기 문턱값은 $10^9 \text{W/cm}^2 \sim 10^{12} \text{W/cm}^2$ 범위 내인 것이 바람직하다.

[0041] 또한, 상기 가공 조건에는 단지 문턱값 뿐 아니라 다양한 요소들이 더 포함될 수 있다. 보다 구체적으로는, 상기 가공 조건은 레이저의 펄스 폭, 파장, 펄스 에너지, 반복률, 조사 시간 등을 포함할 수 있다.

[0042] 펄스 폭에 대해 설명하자면 다음과 같다. 펄스 폭은 펄스 레이저의 성능을 대표하는 인자 중 하나이다. 앞서 설명한 바와 같이, 펄스 폭이 나노초(10^{-9} s) 급일 경우 물질에 열적 변형이 일어나는 것을 막을 수 없고, 또한 마이크로 크랙 등이 발생 및 전파되는 등 여러 문제가 있다. 따라서 펄스 폭을 제한하는 것은 매우 중요한데, 짧은 펄스 폭을 가질수록 높은 비열적(non-thermal) 가공을 구현할 수 있다.

[0043] 한편, 펄스 폭은 레이저 가공에서 가공 품질에 결정적인 역할을 하는 가공 조건 중의 핵심 파라미터이다. 그런데 종래의 레이저 가공의 경우 매우 제한적인 범위의 펄스 폭을 가지도록 고정된 레이저 광원을 사용하였기 때문에, 원하는 가공 조건들에 맞추어 펄스 폭을 변화시키기 위해서는 원하는 펄스 폭을 가지는 레이저 광원을 다수 개 구비하고, 이를 바꾸어 가면서 조사하는 방법을 사용할 수밖에 없었다. 본 발명에서는 바로 이 펄스 폭이 처프 펄스 증폭(chirped pulse amplification)에 의하여 펄스 폭이 선택적으로 가변 조절되도록 함으로써, 다수 개의 레이저 광원을 구비하지 않고 단일 개의 레이저 광원만을 사용하여 극초단 펄스 레이저 광의 펄스 폭을 원하는 대로 조절할 수 있도록 한다. (그 구체적인 구성에 대해서는 이후 장치의 설명에서 보다 상세히 설명한다.) 따라서 종래에 비해 훨씬 저렴한 가격으로 장비를 구성할 수 있을 뿐만 아니라, 가공 조건 변경에 있어서의 사용자 편의성이 크게 향상되는 큰 장점이 있다.

[0044] 본 발명에서는 상기 극초단 펄스 레이저가, 나노초보다 짧은 수준의 레이저, 즉 피코초(10^{-12} s) 레이저, 펨토초(10^{-15} s) 레이저 등이 되도록 한다. 특히 피코초 레이저의 경우 조건에 따라 나노초 레이저가 가지는 악영향을 완전히 벗어나지 못할 수 있으므로, 본 발명을 실제로 구현함에 있어서는 펨토초 레이저를 사용하는 것이 가장 바람직할 것이다. 본 출원인이 (이하 실시예에서 보다 상세히 설명되겠으나) 실제 능동형 유기 자체 발광 소자를 이루는 각 레이어에 대하여 다양한 실험을 수행한 결과에 따르면, 상기 극초단 펄스 레이저는 펄스 폭이 10fs ~ 100ps 범위 내인 것이 가장 바람직하다.

[0045] 파장에 대해 설명하자면 다음과 같다. 선택적으로 레이어를 가공하기 위해서는, 각 레이어별로 높은 흡수율을 가지는 파장 영역을 파악하는 것이 필수적이다. 예를 들어 복합층 가운데에 800nm의 파장에서 높은 흡수율을 가지는 물질로 구성된 A레이어의 리페어가 필요한데, 레이저 빔이 조사되는 경로 상에 위치하는 다른 B레이어가 800nm 파장에서 흡수율이 낮다고 한다. 이러한 경우, 상기 극초단 펄스 레이저가 800nm 파장을 갖는 레이저를 조사하도록 함으로써 B레이어에 불필요한 손상을 주지 않으면서 목표층인 A레이어를 리페어할 수 있는 것이다. 이처럼 레이어별로 파장에 따른 흡수율을 파악하고, 리페어를 위하여 어느 파장을 선택할 것인가를 미리 결정함으로써, 보다 정밀한 리페어 가공을 수행할 수 있다. 본 출원인이 (이하 실시예에서 보다 상세히 설명되겠으나) 실제 능동형 유기 자체 발광 소자를 이루는 각 레이어에 대하여 다양한 실험을 수행한 결과에 따르면, 상기 극초단 펄스 레이저는 파장 대역이 Deep UV, UV, VIS(Visible), NIR(Near Infrared Ray), IR(Infrared) 중 선택되는 어느 하나가 되도록 할 수 있다. 보다 구체적으로는, 파장이 $10^2 \text{nm} \sim 10^4 \text{nm}$ 범위 내인 것이 바람직하다.

[0046] 펄스 에너지에 대해 설명하자면 다음과 같다. 본 발명에 따른 펨토초 레이저 가공을 파악하기 위해서는 앞서 설명한 바와 같이 문턱값을 파악하는 것이 중요하다. 이 문턱값은 레이저의 펄스 에너지와 직접적으로 관계되는 것으로, 즉 상기 준비 단계에서는 실질적으로 목표로 하는 지점의 물질에 변화를 주기 위한 최소의 펄스 에너지를 파악하는 실험이 가장 우선적으로 수행되게 된다. 본 출원인이 (이하 실시예에서 보다 상세히 설명되겠으나) 실제 능동형 유기 자체 발광 소자를 이루는 각 레이어에 대하여 다양한 실험을 수행한 결과에 따르면, 상기 극초단 펄스 레이저는 펄스 에너지가 1μJ ~ 1mJ 범위 내인 것이 바람직하다.

[0047] 반복률에 대해 설명하자면 다음과 같다. 펄스 레이저란 레이저 빔이 펄스 형태로 발진이 되는 것을 말하는 것으로, 반복률이란 바로 이 레이저 빔의 발진되는 반복 정도를 의미하는 것이다. 이 반복률에 따라 가공 대상물의 가공 후 형상 및 품질이 달라진다는 점이 잘 알려져 있다. 본 출원인이 (이하 실시예에서 보다 상세히 설명되겠으나) 실제 능동형 유기 자체 발광 소자를 이루는 각 레이어에 대하여 다양한 실험을 수행한 결과에 따르면, 상

기 극초단 펄스 레이저는 반복률이 1Hz ~ 1MHz 범위 내인 것이 바람직하다.

- [0048] 조사 시간에 대해 설명하자면 다음과 같다. 조사 시간이란 발진된 레이저 빔이 목표 지점에 조사되는 시간을 의미하는 것으로서, 즉 가공 대상물에 대한 레이저 빔의 가공이 실제로 이루어지는 시간을 말하는 것이다. 본 출원인이 (이하 실시예에서 보다 상세히 설명되었으나) 실제 능동형 유기 자체 발광 소자를 이루는 각 레이어에 대하여 다양한 실험을 수행한 결과에 따르면, 상기 극초단 펄스 레이저는 조사 시간이 1ns ~ 10²s 범위 내인 것이 바람직하다.
- [0049] 다음으로 상기 가공 단계에 대해 설명한다. 상기 가공 단계에서는, 상기 결정된 가공 조건을 갖는 선택적 펄스 폭 가변형 레이저를 이용한 극초단 펄스 레이저를 능동형 유기 자체 발광 소자의 불량 화소의 가공 대상 부위에 조사하여, 실제 가공이 이루어지게 된다. 상술한 바와 같이 단일 레이저 광원을 사용하더라도 (가공 조건의 핵심 파라미터인) 펄스 폭의 자유로운 조절이 가능하기 때문에, 앞서의 준비 단계에서 사용자 편의에 따라 원하는 가공 조건을 설정하는 것이 훨씬 용이하며, 물론 이는 가공 단계에서 얻어지는 가공 품질을 쉽게 향상시킬 수 있게 해 준다.
- [0050] 이 때, 앞서 설명한 바와 같이 이물 혼입 결함, 쇼트 결함, 오픈 결함 등 결함에는 다양한 종류가 있으며, 또한 여러 레이어들이 적층된 복합층 중 어디에서 결함이 일어났는지 등의 조건이 다양하게 달라지게 된다. 따라서, 결함 종류나 결함 형태 등에 따라 상기 가공 단계는, 가공 대상 부위에 대하여 능동형 유기 자체 발광 소자를 형성하는 레이어들 중 일부를 제거하여 리페어하는 공정으로 이루어질 수도 있고, 또는 가공 대상 부위에 대하여 능동형 유기 자체 발광 소자를 형성하는 레이어들 중 전체를 제거하여 홀을 형성하는 공정으로 이루어질 수도 있다.
- [0051] 이처럼 본 발명의 리페어 방법은 극초단 펄스 레이저를 이용하기 때문에, 열적 손상이나 충격파로 인한 마이크로 크랙 발생 등의 문제가 원천적으로 제거된, 비열적(non-thermal) 가공을 실현할 수 있다.
- [0052] 더불어 레이저를 사용한다는 점에 있어서 근본적으로 비접촉식 공정인 바, 가공이 필요하지 않은 부분의 불필요한 손상을 최소화할 수 있다.
- [0053] 또한 앞서 설명한 바와 같이 본 발명의 리페어 방법은, 능동형 유기 자체 발광 소자를 형성하는 각 레이어의 물성적, 형태적 특성들을 먼저 파악하고, 이에 따라 레이저 특성 등과 같은 가공 조건을 적절하게 설정하여 가공을 하게 된다. 따라서 본 발명의 리페어 방법에 따르면, 특정 파장을 이용한 레이저에 의하여 가공이 이루어지게 되므로 투명 또는 불투명한 재료의 내부에도 가공을 할 수 있는, 즉 선택적 가공이 가능하다. 즉 본 발명의 리페어 방법은 2차원적 뿐 아니라 3차원적으로도 특정 위치만의 가공이 가능하게 되는 것이다.
- [0054] 이처럼 선택적 가공이 가능하다는 것은 상술한 바와 같이 각 레이어의 특성을 미리 파악하는 준비 단계를 거친 후 가공을 수행하기 때문인데, 이에 따라 레이어 재료가 무엇인지에 따라 가공이 제한되지 않는다. 즉 본 발명의 리페어 방법에 따르면 결과적으로 재료 무의존적 가공을 실현할 수 있게 된다.
- [0055] 이하에서는 이러한 본 발명의 리페어 방법을 실제 구현할 수 있는 장치의 구성을 설명한다. 도 3은 본 발명의 리페어 장치 구성의 한 실시예의 개략도를 도시하고 있다. 도시된 바와 같이 본 발명의 선택적 펄스 폭 가변형 레이저를 이용한 능동형 유기 자체 발광 소자의 비열 리페어 장치(100)는, 가공 대상물(500)인 능동형 유기 자체 발광 소자의 불량 화소를 리페어할 수 있는 장치로서, 레이저 광원(110), 렌즈부(120), 스테이지(130), 촬영부(140), 제어부(150) 등을 포함하여 이루어진다.
- [0056] 상기 레이저 광원(110)은 비열적 가공이 가능하도록 하기 위하여 앞서 설명한 바와 같이 극초단 펄스 레이저 광을 발생시키도록 형성된다. 이 때 앞서 설명한 바와 같이 본 발명에서는 상기 레이저 광원(110)이 처프 펄스 증폭(chirped pulse amplification, CPA)에 의하여 펄스 폭이 선택적으로 가변 조절되도록 이루어진다.
- [0057] 처프 펄스 증폭 기술은 어떤 기본 펄스 폭을 가지는 레이저 광의 펄스 폭을 조절할 수 있는 기술로서, 레이저 광을 주파수별로 광경로를 달리하여 시간적으로 펄스를 신장 또는 압축함으로써 펄스 폭을 원하는 정도로 조절할 수 있다. 앞서 설명한 바와 같이, 일반적으로 레이저 광원은 레이저의 빔 품질 및 안정성의 문제 때문에 발생 가능한 펄스 폭이 고정된 상태로 생산되는데, 펄스 폭은 레이저 가공 품질을 결정하는 가공 조건의 핵심 파

라미터이다. 종래에는 원하는 가공 조건을 얻기 위하여 여러 펄스 폭을 가지는 레이저를 사용하고 싶을 경우 다수 개의 레이저 광원을 사용해야만 하는 불편이 있었으나, 본 발명에서는 CPA 기술을 사용하여 단일 레이저 광원을 사용하면서도 원하는 대로 펄스 폭을 선택적으로 가변 조절되도록 함으로써, 이러한 종래의 불편을 원천적으로 해소한다.

[0058] 도 3(B)는 이처럼 선택적 펄스 폭 가변형 레이저 광을 발생시킬 수 있도록 하는 상기 레이저 광원(110)의 한 실시예이다. 도 3(B)에 도시된 바와 같이 상기 레이저 광원(110)은, 극초단 펄스 레이저 광을 발생시키는 시드 레이저(seed laser, 111), 상기 시드 레이저(111)에서 발생된 레이저 광을 증폭하는 예비 증폭기(pre-amplifier, 112), 상기 예비 증폭기(112)에서 증폭된 레이저 광의 펄스폭을 신장하는 펄스 신장기(pulse stretcher, 113), 펌핑용 레이저 광을 발생시키는 펌프 레이저(pump laser, 114), 상기 펄스 신장기(113) 및 상기 펌프 레이저(114)에서 입력된 레이저 광들을 증폭하는 다중 증폭기(multipass-amplifier, 115), 각도가 가변되는 적어도 한 쌍의 회절 격자(116a, 116b) 및 적어도 하나의 미러(116c)를 포함하여 이루어지며 상기 다중증폭기(115)를 통과한 레이저 광을 입사받아 압축하는 펄스 압축기(pulse compressor, 116), 상기 펄스 압축기(116)에 의하여 펄스 폭이 압축된 레이저 광의 파장을 조절하여 외부로 조사하는 HG 모듈(harmonic generation module, 117)을 포함하여 이루어질 수 있다. 상술한 바와 같은 처프 펄스 증폭 장치의 구성 유형은 관련 최신 기술에 널리 공지되어 있으므로 여기에서는 별도로 설명하지 않는다. 또한, 도 3(B)에 나타난 처프 펄스 증폭 장치 구성은 하나의 예시일 뿐으로, 공지된 바에 따라 그 구성은 적절히 변경 설계될 수 있음은 당연하다.

[0059] 상기 펄스 압축기(116)의 한 실시예가 도 4에 도시되어 있다. 도시된 바와 같이 상기 펄스 압축기(116)는 각도가 가변되는 적어도 한 쌍의 회절 격자(116a, 116b)와 적어도 하나의 미러(116c)와 적어도 하나의 편광판(116d)을 포함하여 이루어져, 상기 펄스 신장기(113)에 의하여 펄스 폭이 신장된 레이저 광을 입사받아 주파수별로 레이저 광의 광경로를 달리하여 펄스 폭을 조절한다. 즉 상기 펄스 압축기(116)는, 상기 펄스 압축기(116)의 상기 회절 격자(116a, 116b)의 각도 변경에 의하여 상기 시드 레이저(111)에서 발생된 극초단 펄스 레이저 광의 펄스폭이 가변되도록 형성되는 것이다. 예를 들어 펄스 폭을 100ps에서 50fs로 조절하기 위해서는, 100ps 펄스 폭 발진을 위한 기본 값에 대비해서 대략 17°에서 20° 정도의 상기 회절 격자(116a, 116b)의 각도 변환이 필요하며 100ps ~ 50fs 사이의 펄스값의 조절은 그 사이의 각도값 (0° < 필요 각도 < 20°) 조절이 필요하다. 또한 각도 변환 후 상기 회절 격자(116a, 116b) 간의 거리의 미세한 조정이 더 필요할 수 있다. 상술한 바와 같은 펄스 압축기의 구성 유형은 관련 최신 기술에 역시 널리 공지되어 있으므로 여기에서는 별도로 설명하지 않는다. 또한, 도 4에 나타난 펄스 압축기 구성 역시 하나의 예시일 뿐으로, 공지된 바에 따라 그 구성은 적절히 변경 설계될 수 있음은 당연하다. 도 5는 극초단 펄스 레이저의 펄스 에너지와 펄스 폭의 조정이 이루어지는 개념을 설명해 주는 도면이다.

[0060] 상기 렌즈부(120)는 상기 레이저 광원(110)에서 발생된 레이저를 상기 가공 대상물(500)의 가공 대상 부위로 조사시키는데, 즉 레이저 초점을 가공 대상 부위로 맞추어주는 역할을 하는 것이다. 상기 스테이지(130)는 그 위에 상기 가공 대상물(500)이 놓여지며, X, Y, Z 3축 방향으로 이동 가능하게 형성된다. 상기 촬영부(140)는 상기 가공 대상물(500)의 가공 대상 부위를 촬영하여 영상 정보를 획득한다. 상기 제어부(150)는 상기 촬영부(140)에서 획득된 영상 정보를 사용하여 가공이 얼마나 이루어졌는지 등의 가공 상태에 대한 정보를 습득하고, 이를 기반으로 하여 상기 스테이지(130)의 3축 이동을 제어하게 된다.

[0061] 여기에, 상기 리페어 장치(100)는 상기 가공 대상 부위에 조사되는 레이저 빔 크기를 조절하도록, 상기 레이저 광원(110)에서 발생된 레이저의 광로 상에 배치되어 레이저의 일부만을 통과시키는 슬릿이 형성되는 슬릿부(160); 을 더 포함하여 이루어지는 것이 바람직하다. 이렇게 슬릿을 통과시킴으로써 레이저 빔의 크기를 줄이거나 형태를 제한시킴으로써 매우 정밀한 미세 가공이 가능하게 되며, 능동형 유기 자체 발광 소자에서 발생하는 결함의 크기 수준 등을 고려할 때 이러한 리페어 공정에 사용되기 위해서는 상기 슬릿은 크기가 $1\mu\text{m} \times 1\mu\text{m} \sim 10^2\mu\text{m} \times 10^2\mu\text{m}$ 범위 내인 것이 바람직하다.

[0062] 도 6는 슬릿부의 한 실시예로서, 이처럼 상기 슬릿부(160)는 크기 또는 형상이 서로 다르게 형성되는 적어도 하나 이상의 슬릿이 서로 이격 배치된 형태로 형성되도록 할 수 있다. 이 때 상기 슬릿부(160) 역시 상기 제어부(150)에 의해 이동 가능하게 형성되도록 함으로써, 원하는 크기 또는 형상의 슬릿을 쉽게 변경 배치할 수 있다.

[0063] 앞서 설명한 바와 같이 본 발명의 리페어 방법에서는 가공 조건을 미리 결정하게 되는데, 가공 조건에는 레이저의 특성 뿐 아니라 Z축의 위치(즉 능동형 유기 자체 발광 소자의 대상층에서부터 렌즈 사이의 거리), 렌즈 정보 등이 더 포함될 수 있다. 본 출원인이 (이하 실시예에서 보다 상세히 설명되겠으나) 실제 능동형 유기 자체 발

광 소자 리페어를 위한 다양한 실험을 수행한 결과에 따르면, 상기 Z축의 위치는 $10^{-1}\text{mm} \sim 10^3\text{mm}$ 범위 내 정도에서 조절되는 것이 적절하며, 또한 상기 렌즈 정보는 DUV(고심도 자외선용), UV(자외선용), NUV(근자외선용), NIR(근적외선용) 등을 사용할 수 있고 또한 배율이 $\times 1 \sim \times 10^2$ 범위 내 정도에서 조절되는 것이 적절하였다.

[0064] 도 7(A)는 슬릿을 이용하여 사각 형상으로 조정된 레이저 빔을 조사하여 일부 레이어만을 가공하여 리페어하는 공정의 예시를, 도 7(B)는 역시 슬릿을 이용하여 사각 형상으로 조정된 레이저 빔을 조사하여 홀 가공을 하는 예시를 각각 도시하고 있다.

[0065] **[실시예]**

[0066] 이하에서, 상술한 바와 같은 본 발명의 리페어 방법을 실제로 실행한 실시예를 설명한다. 본 발명의 실시예에서 사용된 가공 조건 및 목표 성능의 기본 범위는 다음과 같다.

[0067] **가공 조건 범위**

[0068] 펄스 폭 : 50fs ~ 100ps

[0069] 파장 :

[0070] Deep UV[Ultra Violet] ~ UV[Ultra Violet] wavelength: 200 ~ 400nm

[0071] Visible wavelength: 400 ~ 800nm

[0072] NIR [Near Infrared] ~ IR[Infrared] wavelength: 800 ~ 1553nm

[0073] 펄스 에너지 : 0 ~ 1 mJ

[0074] 반복률 : 1kHz ~ 400kHz (선택적 가변)

[0075] 조사 시간 : 1ns ~ 90000ms

[0076] Z축 위치 : 0.5 mm ~ 200mm

[0077] 렌즈 : $\times 5 \sim \times 100$ (DUV, UV, NUV, NIR lens)

[0078] 슬릿 크기 : $1\mu\text{m} \times 1\mu\text{m} \sim 50\mu\text{m} \times 50\mu\text{m}$

[0079] **목표 성능**

[0080] 가공분해능 : 10nm ~ 3 μm (비열적, 선택적)

[0081] 가공선폭 : 500nm ~ 30 μm

[0082] 가공 대상물 크기: 4 ~ 12 inch

[0083] 능동형 유기 자체 발광 소자는 도 1 등에 나타나 있는 바와 같이 다양한 재료로 된 레이어들로 이루어진다. 이러한 레이어들은, 기재를 형성하는 유리층(glass), 음극(cathode) 또는 양극(anode)과 같은 전극을 형성하는 금속층(metal), 각 색깔(R, G, B)별 유기층(organic), 평탄화층(planarization layer), 보호층(protection layer) 등이다.

[0084] 앞서 설명한 바와 같이, 먼저 여러 실험을 통해 다음과 같이 레이어별로 문턱값(threshold)을 파악하였다. 실험 결과, 각 레이어별 레이저 빔의 문턱값은, Glass > Protection layer > Planarization layer > Metal (Cathode [Li/Al] = Anode [ITO]) Metal (Source [Cr]) > Metal (Drain [Cr]) > Plastic > Organic (R) > Organic (B) > Organic (G) 순인 것으로 나타났다.

[0085] 도 8은 단일층별 펄스 폭에 따른 펨토초 레이저 리페어 문턱값을 나타낸 그래프이다. 도 8에 도시된 바와 같이 각 단일층을 이루는 재질 및 펄스 폭(pulse duration)에 따라 리페어 문턱값이 다양하게 나타남을 알 수 있다. 예를 들어 ITO를 1ps 펄스 폭의 레이저로 가공할 경우 리페어 문턱값은 $1 \times 10^{11} \text{W/cm}^2$ 로 나타남(도 8(A) 참조)을

알 수 있는 등과 같다.

- [0086] 이와 같이 결정된 가공 조건을 기반으로, 불량 발생 부분의 리페어를 위한 조건을 찾고 적절한 리페어를 진행한다. 한 예로, 리페어는 대상으로 하는 특정 레이어의 주변층에 영향을 주지 않을 정도의 흡수도를 가지는 파장을 선정하는 등과 같은 조건을 찾는 것을 시작으로 공정을 수립하고 진행한다. 다른 예로, 홀 가공의 경우에는 여러 층을 가공해야 하기에 각 층의 흡수도가 높은 파장 대역, 최소화 할 수 있는 레이저 조사 시간, 최소 수치의 펄스 폭 등의 조건을 고려하면서 실제로 펄스 레이저 빔을 조사하는 조사 시간 등과 같은 공정에서의 조건을 고려하여 가공 대상의 주변부에 손상을 최소화할 수 있는 조건을 선별한다.
- [0087] 도 9는 Full HD급 고화질 능동형 유기 자체 발광 소자 및 일반 해상도 모바일 능동형 유기 자체 발광 소자의 광학 현미경 사진이며, 도 10은 본 발명에 의한 능동형 유기 자체 발광 소자의 특정 레이어의 선택적 제거 예시를 보여 주고 있다. 특히 도 10(A) 및 도 10(B)를 비교해 보면, 도 10(B)의 S 영역에서 특정 레이어의 일부만이 선택적으로 깨끗하게 제거되었음을 명확히 확인할 수 있다.
- [0088] 이하 도 11 내지 도 16은 능동형 유기 자체 발광 소자의 가공 전 상태 및 다양한 펄스 폭으로 가공 후 상태를 도시하고 있다.
- [0089] 도 11은 능동형 유기 자체 발광 소자의 가공 전 이미지이다. (a)는 전면부와 후면부 조명을 동작시킨 상태에서 촬영한 사진이며, (b)는 후면부 조명만을 동작시킨 상태에서 촬영한 사진이다.
- [0090] 도 12는 능동형 유기 자체 발광 소자에 대한 펄스 폭 10 ps 조건에서 가공한 후 얻은 이미지이다. (a)는 전면부와 후면부 조명을 동작시킨 상태에서 촬영한 사진이며, (b)는 후면부 조명만을 동작시킨 상태에서 촬영한 사진이다.
- [0091] 도 13은 능동형 유기 자체 발광 소자에 대한 펄스 폭 800 fs 조건에서 가공한 후 얻은 이미지이다. (a)는 전면부와 후면부 조명을 동작시킨 상태에서 촬영한 사진이며, (b)는 후면부 조명만을 동작시킨 상태에서 촬영한 사진이다.
- [0092] 도 14는 능동형 유기 자체 발광 소자에 대한 펄스 폭 400 fs 조건에서 가공한 후 얻은 이미지이다. (a)는 전면부와 후면부 조명을 동작시킨 상태에서 촬영한 사진이며, (b)는 후면부 조명만을 동작시킨 상태에서 촬영한 사진이다.
- [0093] 도 15는 능동형 유기 자체 발광 소자에 대한 펄스 폭 280 fs 조건에서 가공한 후 얻은 이미지이다. (a)는 전면부와 후면부 조명을 동작시킨 상태에서 촬영한 사진이며, (b)는 후면부 조명만을 동작시킨 상태에서 촬영한 사진이다.
- [0094] 도 16은 능동형 유기 자체 발광 소자에 대한 펄스 폭 50 fs 조건에서 가공한 후 얻은 이미지이다. (a)는 전면부와 후면부 조명을 동작시킨 상태에서 촬영한 사진이며, (b)는 후면부 조명만을 동작시킨 상태에서 촬영한 사진이다.
- [0095] 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.

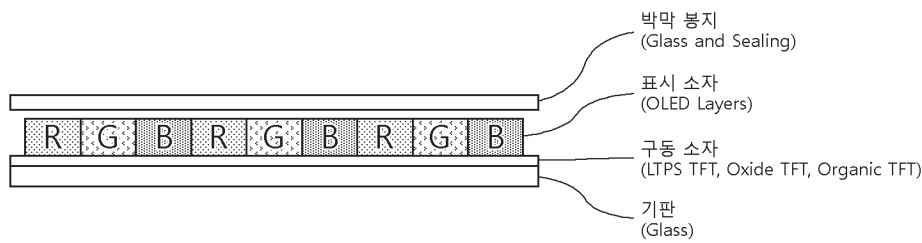
부호의 설명

- [0096] 100: 리페어 장치
- 110: 레이저 광원
- 120: 렌즈부
- 130: 스테이지
- 140: 촬영부
- 150: 제어부
- 160: 슬릿부

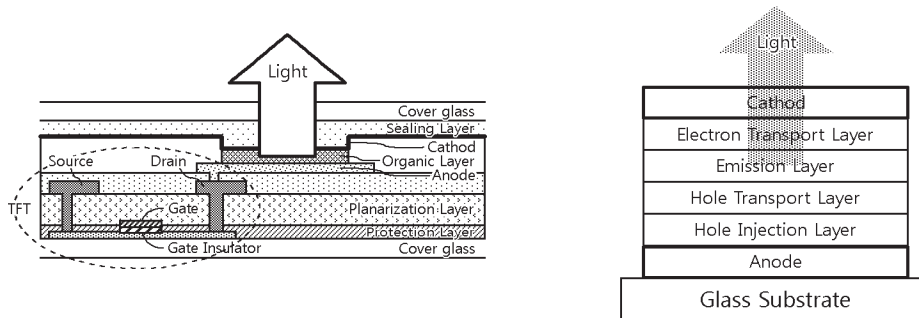
- 111: 시드 레이저
- 112: 예비 증폭기
- 113: 펄스 신장기
- 114: 펌프 레이저
- 115: 다중 증폭기
- 116: 펄스 압축기
- 116a, 116b: 회절 격자
- 116c: 미러
- 116d: 편광판
- 117: HG 모듈
- 500: 가공 대상물

도면

도면1

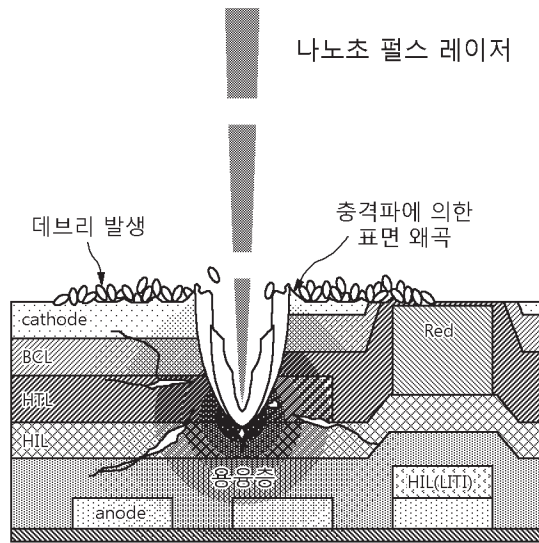


(A)

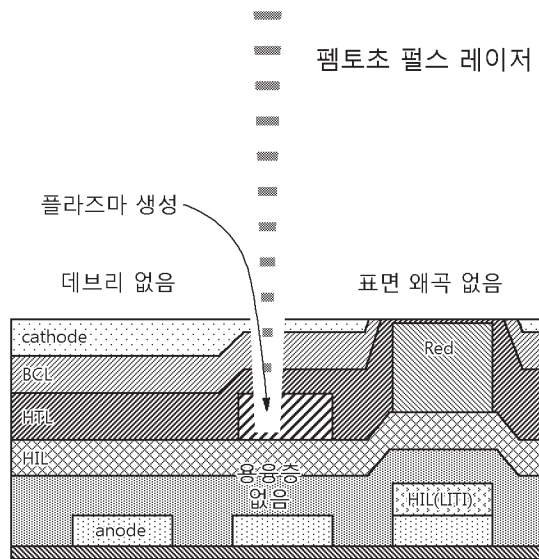


(B)

도면2

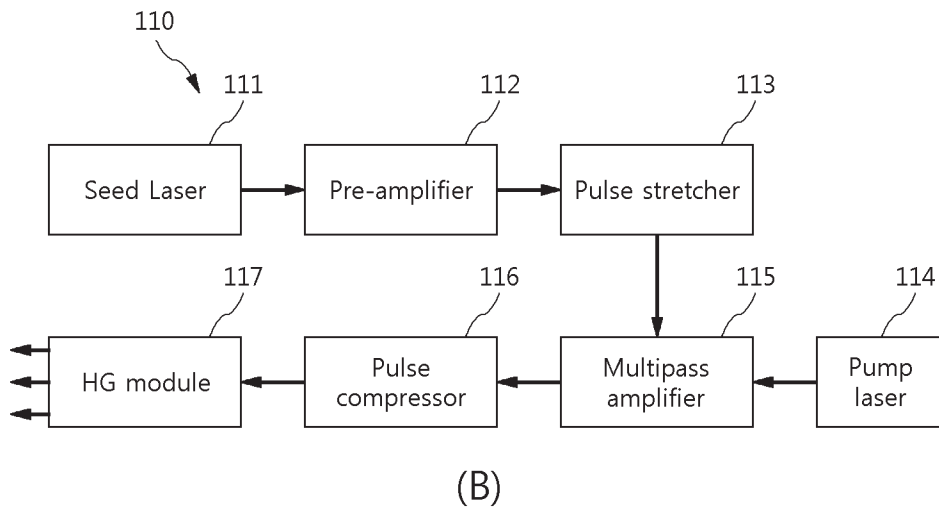
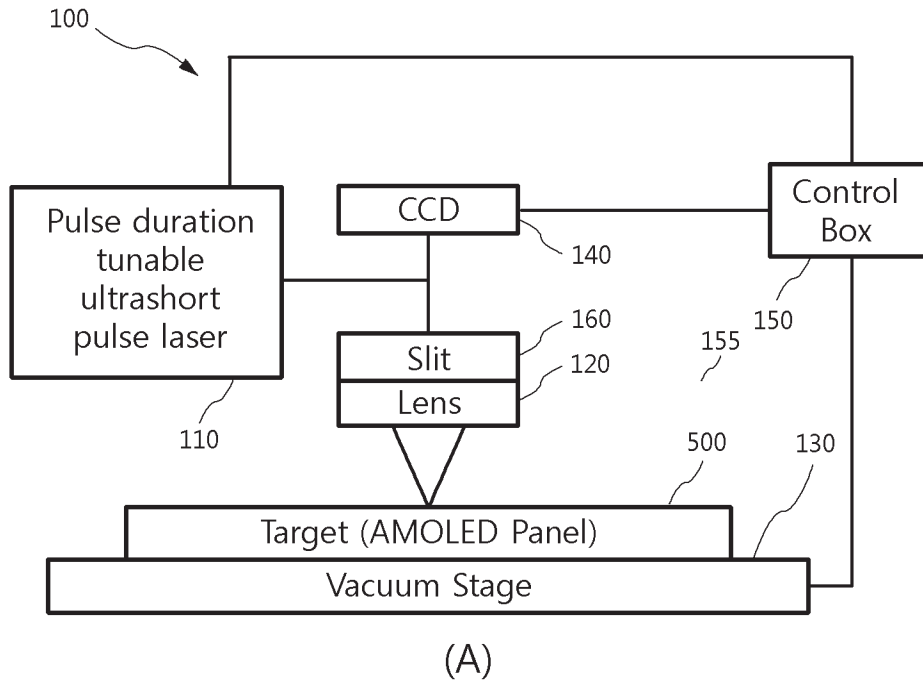


(A)

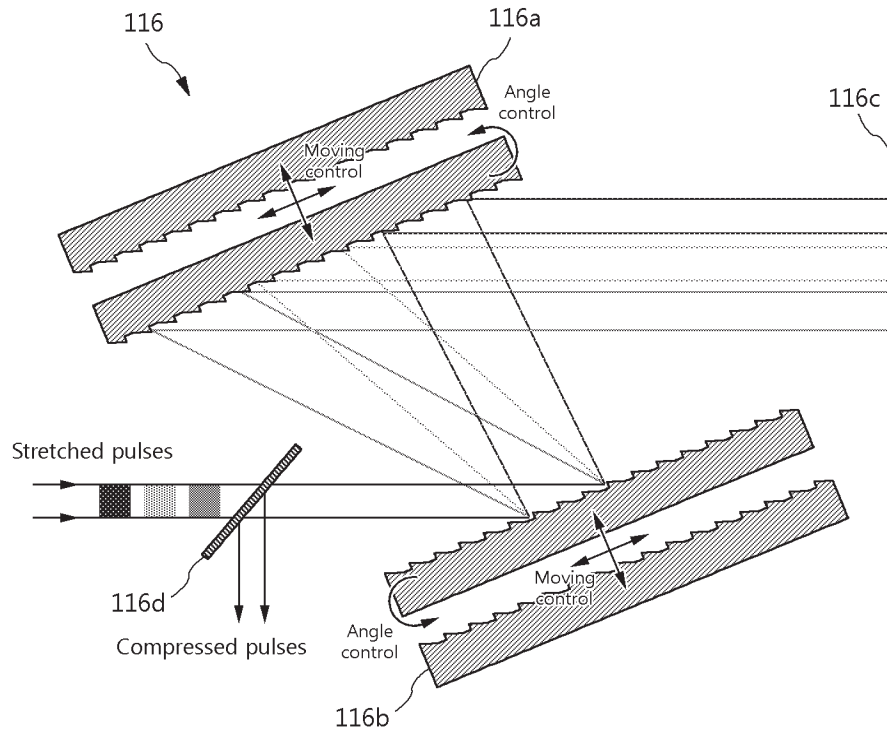


(B)

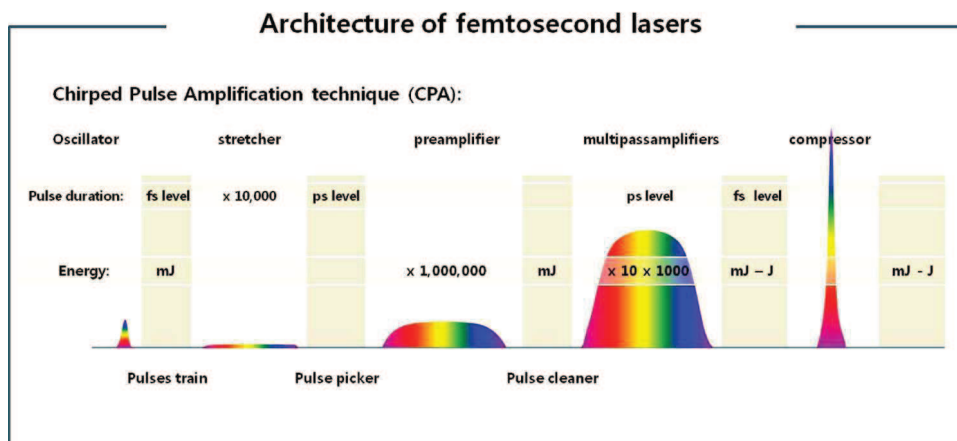
도면3



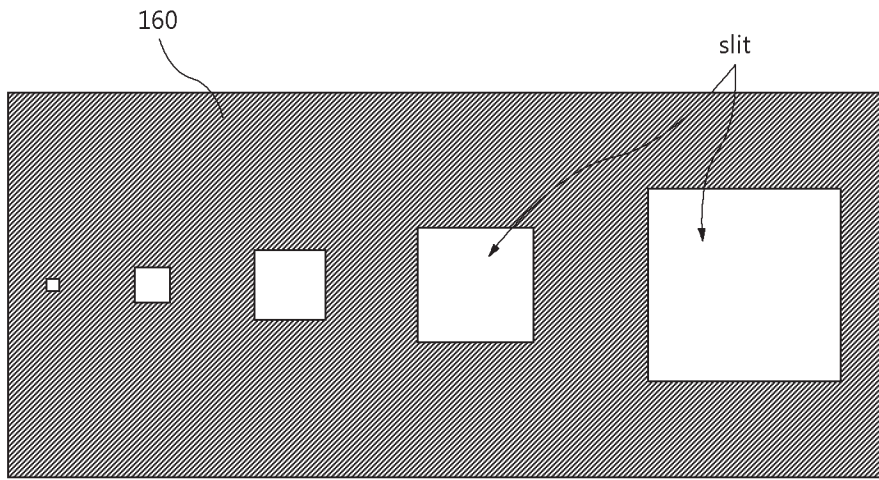
도면4



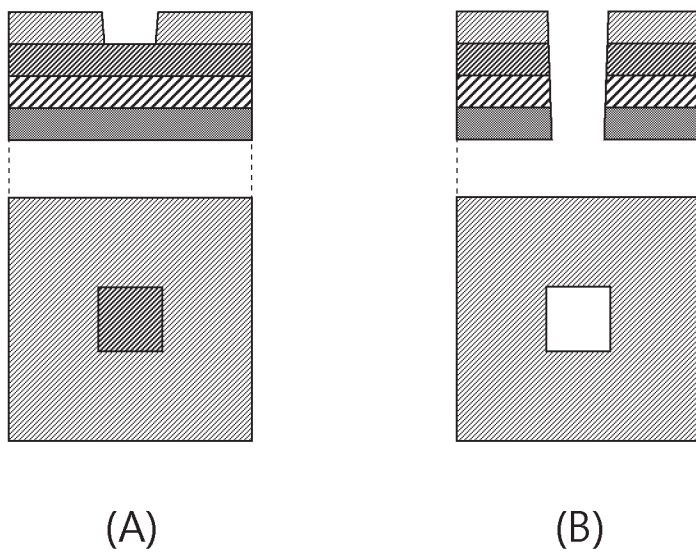
도면5



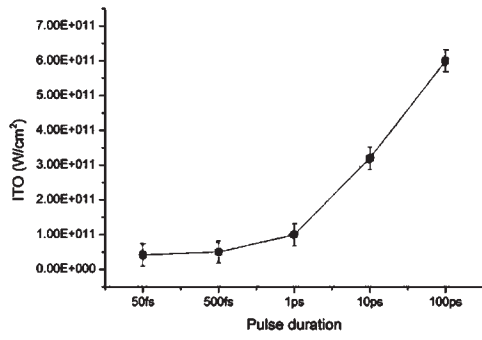
도면6



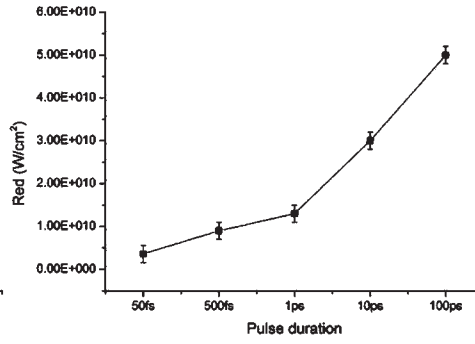
도면7



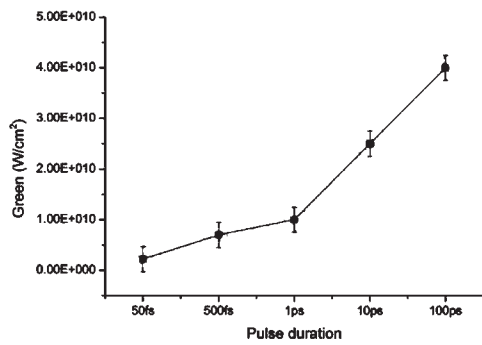
도면8



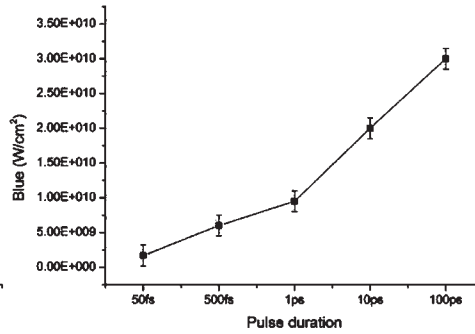
(A)



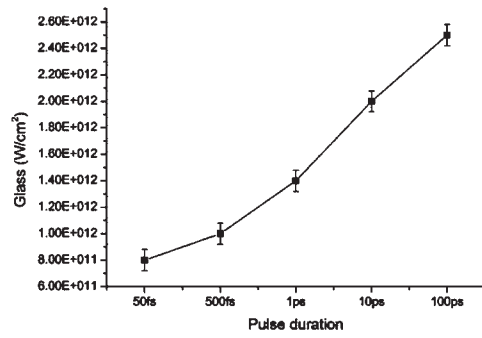
(B)



(C)

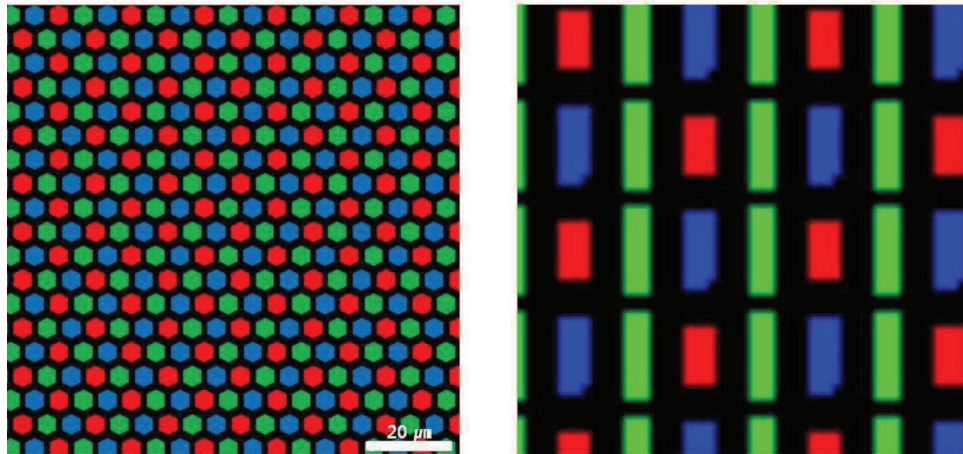


(D)



(E)

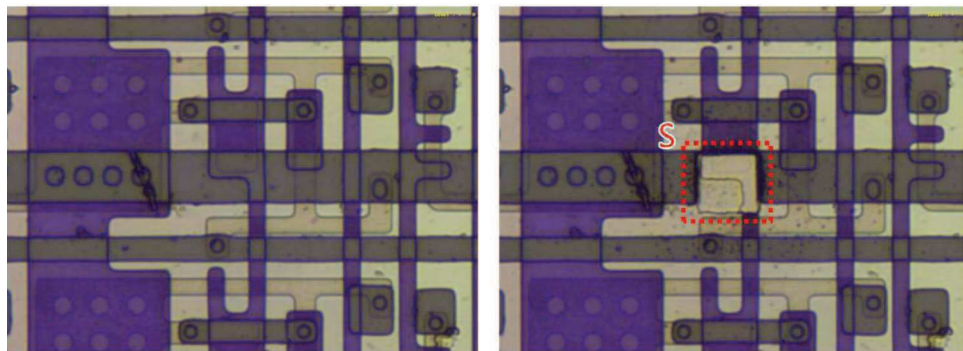
도면9



(A)

(B)

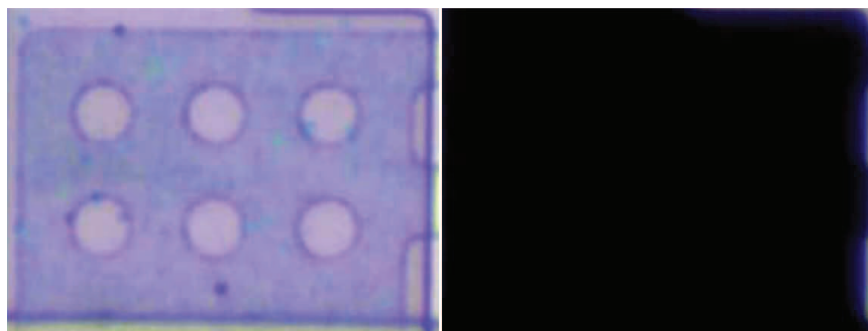
도면10



(A)

(B)

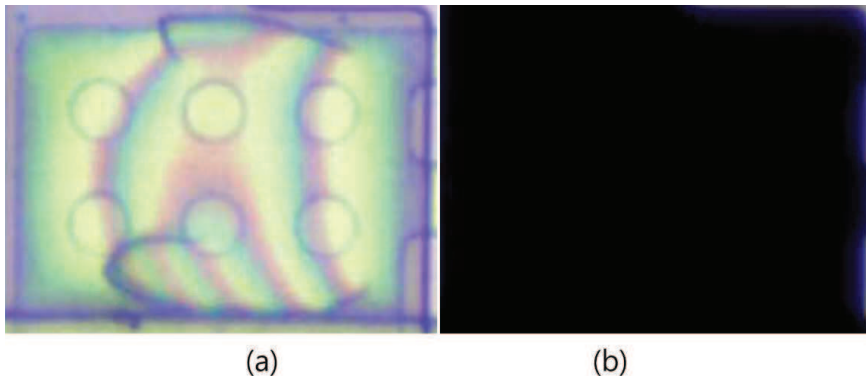
도면11



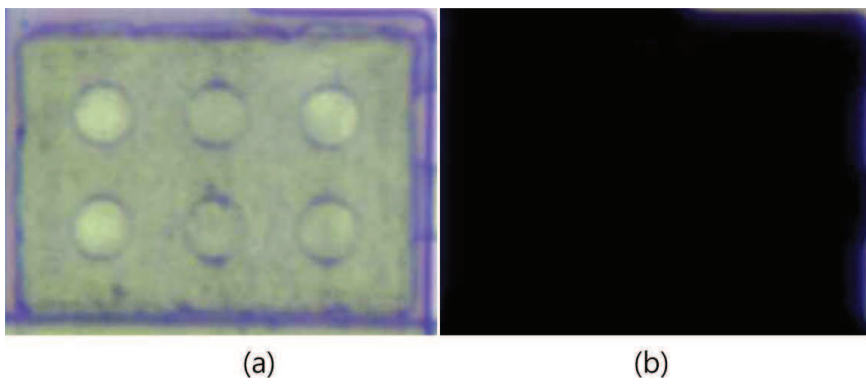
(a)

(b)

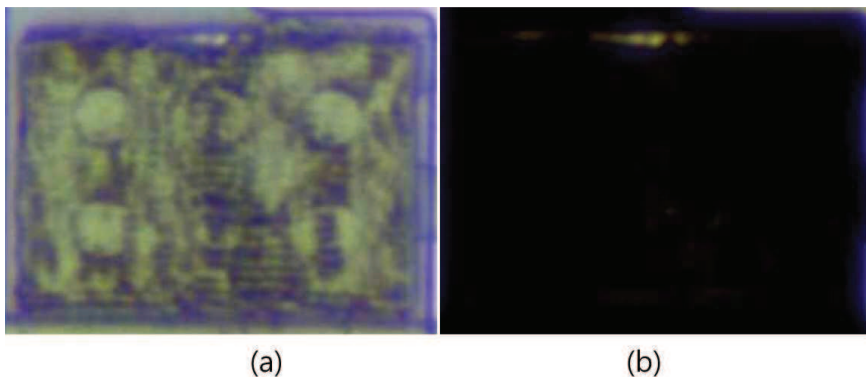
도면12



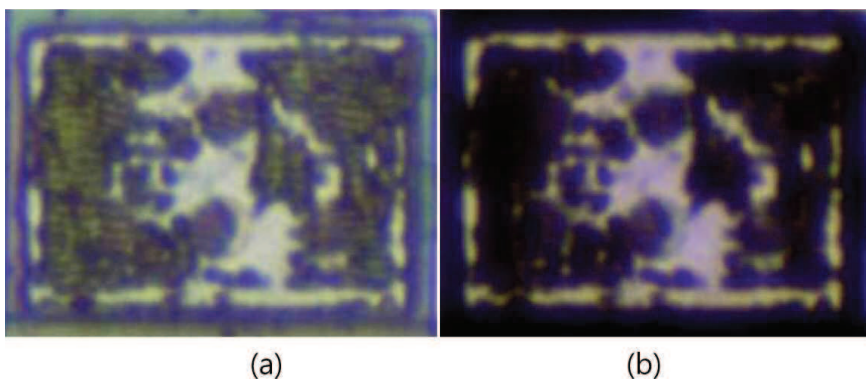
도면13



도면14



도면15



도면16

