



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2015년01월06일
(11) 등록번호 10-1477005
(24) 등록일자 2014년12월22일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
H05B 33/10 (2006.01) H05B 33/02 (2006.01)
H01L 51/50 (2006.01)
(21) 출원번호 10-2013-0044832
(22) 출원일자 2013년04월23일
심사청구일자 2013년04월23일
(65) 공개번호 10-2014-0126537
(43) 공개일자 2014년10월31일
(56) 선행기술조사문헌
KR1020100107932 A*
*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

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

전체 청구항 수 : 총 6 항

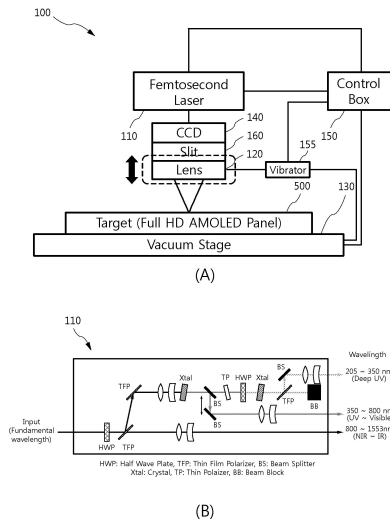
심사관 : 이선희

(54) 발명의 명칭 Full HD급 고해상도 모바일 능동형 유기 자체 발광 소자의 비열 리페어 방법 및 장치

(57) 요약

본 발명의 목적은 능동형 유기 자체 발광 소자에 불량 화소가 발생된 경우, 펨토초 레이저와 같은 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 발생되는 문제를 근본적으로 해결하여, 능동형 유기 자체 발광 소자 자체의 손상을 최소화하면서 리페어가 가능하게 하는, Full HD급 고해상도 모바일 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, Full HD급 고해상도 모바일 능동형 유기 자체 발광 소자의 비열 리페어 방법 및 장치를 제공함에 있다.

대표도 - 도3



(72) 발명자

황경현

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

김재구

충청남도 금산군 복수면 수영1길 24

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

기여율 1/1

주관기관 한국기계연구원

연구기간 2013.01.01 ~ 2013.12.31

특허청구의 범위

청구항 1

삭제

청구항 2

삭제

청구항 3

삭제

청구항 4

삭제

청구항 5

삭제

청구항 6

삭제

청구항 7

삭제

청구항 8

삭제

청구항 9

삭제

청구항 10

삭제

청구항 11

삭제

청구항 12

삭제

청구항 13

삭제

청구항 14

삭제

청구항 15

Full HD 고해상도 모바일 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 발생시키는 레이저 광원(110);
 상기 레이저 광원(110)에서 발생된 레이저를 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);
 상기 레이저 광원(110)으로부터 상기 가공 대상물(500)까지의 레이저 경로 길이의 연장 및 단축이 반복적으로 이루어지도록 하여 종축 방향의 레이저 조사 위치를 변경시키는 진동자(155);
 를 포함하여 이루어지며,
 상기 레이저 광원(110)은 기본 파장의 레이저 광을 광학계를 통과시켜 NIR ~ IR 파장 대역, UV ~ Visible 파장 대역, Deep UV 파장 대역을 선택적으로 분리 발생 가능하도록 이루어지되, 상기 광학계는
 기본 파장의 레이저 광이 반파장판 - 편광필름 - 볼록렌즈 - 오목렌즈를 순차적으로 지나도록 함으로써 NIR ~ IR 파장 대역의 레이저 광을 발생시키고,
 기본 파장의 레이저 광이 반파장판 - 편광필름 - 볼록렌즈 - 오목렌즈를 순차적으로 지나도록 함으로써 UV ~ Visible 파장 대역의 레이저 광을 발생시키고,
 기본 파장의 레이저 광이 반파장판 - 편광필름 - 볼록렌즈 - 오목렌즈 - 수정판 - 편광판 - 수정판 - 편광필름 - 볼록렌즈 - 오목렌즈를 순차적으로 지나도록 함으로써 Deep UV 파장 대역의 레이저 광을 발생시키는 것을 특징으로 하는 Full HD 고해상도 모바일 능동형 유기 자체 발광 소자의 비열 리페어 장치.

청구항 16

삭제

청구항 17

제 15항에 있어서, 상기 진동자(155)는
 상기 렌즈부(120)에 연결되어 종축 방향으로 상기 렌즈부(120)를 진동시키거나, 상기 스테이지(130)에 연결되어 종축 방향으로 상기 스테이지(130)를 진동시키는 것을 특징으로 하는 Full HD 고해상도 모바일 능동형 유기 자체 발광 소자의 비열 리페어 장치.

청구항 18

제 15항에 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 Full HD 고해상도 모바일 능동형 유기 자체 발광 소자의 비열 리페어 장치.

청구항 19

제 18항에 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 Full HD 고해상도 모바일 능동형 유기 자체 발광 소자의 비열 리페어 장치.

청구항 20

제 18항에 있어서, 상기 슬릿부(160)는

크기 또는 형상이 서로 다르게 형성되는 적어도 하나 이상의 슬릿이 서로 이격 배치된 형태로 형성되는 것을 특징으로 하는 Full HD 고해상도 모바일 능동형 유기 자체 발광 소자의 비열 리페어 장치.

청구항 21

제 18항에 있어서, 상기 슬릿부(160)는

상기 제어부(150)에 의해 이동 가능하게 형성되는 것을 특징으로 하는 Full HD 고해상도 모바일 능동형 유기 자체 발광 소자의 비열 리페어 장치.

명세서

기술분야

- [0001] 본 발명은 Full HD급 고해상도 모바일 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 좁으로써 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.
- [0006] 이러한 문제 때문에, 현재로서는 양산 공정에서 회로 불량 화소가 발생된 능동형 유기 자체 발광 소자는 적절한 리페어 기술의 부재로 전량 폐기되고 있는 실정이다. 한편, 디스플레이의 해상도는 나날이 높아지고 있으며, 현재 가장 고해상도 화질은 Full HD(High Definition)급으로서 주사선이 가로 1920선, 세로 1080선을 곱해서 화면을 빈틈없이 채워주는 화질을 말한다. 최근 모바일용 디스플레이에도 Full HD급 고해상도 디스플레이의 적용이 확대되어 가고 있는데, 이러한 디스플레이를 생산하는 과정에서 상술한 바와 같이 리페어 불가로 인한 불량 디스플레이 폐기량이 많아질수록 생산 단가가 상승하는 문제가 발생한다. 특히 모바일 기기에 있어서 생산 단가를 낮추는 것은 필수적인 사항이므로, Full HD급 고해상도 모바일 디스플레이로 사용되는 능동형 유기 자체 발광 소자(AMOLED)의 리페어 기술에 대한 강한 필요성이 대두되고 있다.

배경 기술

- [0007] 이러한 능동형 유기 자체 발광 소자를 포함하는 디스플레이 장치의 리페어를 위하여 다양한 기술이 개시되어 왔

다.

[0008] 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 익스펜더 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.

[0009] 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 개시된다. 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 어려움 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.

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, 펄스 레이저와 같은 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, Full HD급 고해상도 모바일 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, Full HD급 고해상도 모바일 능동형 유기 자체 발광 소자의 비열 리페어 방법 및 장치를 제공함에 있다.

과제의 해결 수단

[0012] 상기한 바와 같은 목적을 달성하기 위한 본 발명의 Full HD급 고해상도 모바일 능동형 유기 자체 발광 소자의 비열 리페어 방법은, Full HD급 고해상도 모바일 능동형 유기 자체 발광 소자(Active Matrix Organic Light Emitting Diode, AMOLED)의 불량 화소를 리페어(repair)하는 방법으로서, Full HD급 고해상도 모바일 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 갖는 극초단 펄스 레이저를 Full HD급 고해상도 모바일 능동형 유기 자체 발광 소자의 불량 화소의 가공 대상 부위에 조사하되, 조사되는 레이저 경로

길이의 연장 및 단축이 반복적으로 이루어지도록 하여 종축 방향으로 진동시키면서조사하는 가공 단계; 를 포함하여 이루어지는 것을 특징으로 한다.

[0013] 이 때 상기 가공 조건은, 레이저의 펄스 폭, 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, 아토초(10^{-18}s) 레이저 중 선택되는 어느 하나인 것이 바람직하다. 이 때 상기 극초단 펄스 레이저는, 펄스폭이 1fs ~ 1ps 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 $10^2 \text{nm} \sim 10^4 \text{nm}$ 범위 내인 것이 더욱 바람직하다.

[0017] 또한 상기 극초단 펄스 레이저는, 펄스 에너지가 $1 \mu\text{J} \sim 1 \text{mJ}$ 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 ~ 10^2s 범위 내인 것이 바람직하다.

[0020] 또한 상기 가공 단계에서의 진동은, 진동 주파수가 1kHz ~ 10^2kHz 범위 내인 것이 바람직하다.

[0021] 또한 상기 가공 단계에서의 진동은, 진동폭이 $1 \mu\text{m} \sim 10 \mu\text{m}$ 범위 내인 것이 바람직하다.

[0022] 또한 상기 가공 단계는, 가공 대상 부위에 대하여 Full HD급 고해상도 모바일 능동형 유기 자체 발광 소자를 형성하는 레이어들 중 일부를 제거하여 리페어하거나, 또는 전체를 제거하여 홀을 형성하는 단계인 것이 바람직하다.

[0023] 또한 상기 레이어 특성은, 레이어 재료의 물성적 특징으로서 파장에 대한 흡수율을 포함하며, 레이어의 형태적 특성으로서 레이어 두께를 포함하는 것이 바람직하다.

[0024] 또한 본 발명의 Full HD급 고해상도 모바일 능동형 유기 자체 발광 소자의 비열 리페어 장치는, 상술한 바와 같은 방법을 사용하여 가공 대상물(500)인 Full HD급 고해상도 모바일 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 발생시키는 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); 상기 레이저 광원(110)으로부터 상기 가공 대상물(500)까지의 레이저 경로 길이의 연장 및 단축이 반복적으로 이루어지도록 하여 종축 방향의 레이저 조사 위치를 변경시키는 진동자(155); 를 포함하여 이루어지는 것을 특징으로 한다.

[0025] 이 때 상기 레이저 광원(110)은, 기본 파장의 레이저 광을 광학계를 통과시켜 NIR ~ IR 파장 대역, UV ~ Visible 파장 대역, Deep UV 파장 대역을 선택적으로 분리 발생 가능하도록 이루어지되, 상기 광학계는, 기본 파장의 레이저 광이 반파장판 - 편광필름 - 볼록렌즈 - 오목렌즈를 순차적으로 지나도록 함으로써 NIR ~ IR 파장 대역의 레이저 광을 발생시키고, 기본 파장의 레이저 광이 도시된 바와 같이 반파장판 - 편광필름 - 볼록렌즈 - 오목렌즈를 순차적으로 지나도록 함으로써 UV ~ Visible 파장 대역의 레이저 광을 발생시키고, 기본 파장의 레이저 광이 도시된 바와 같이 반파장판 - 편광필름 - 볼록렌즈 - 오목렌즈 - 수정판 - 편광판 - 수정판 - 편광필름 - 볼록렌즈 - 오목렌즈를 순차적으로 지나도록 함으로써 Deep UV 파장 대역의 레이저 광을 발생시키도록 할 수 있다.

[0026] 또한 상기 진동자(155)는, 상기 렌즈부(120)에 연결되어 종축 방향으로 상기 렌즈부(120)를 진동시키거나, 상기 스테이지(130)에 연결되어 종축 방향으로 상기 스테이지(130)를 진동시키는 것이 바람직하다.

[0027] 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

[0028] 본 발명에 의하면, 펨토초 급 이상의 극초단 펄스 레이저를 사용하여 가공을 수행함으로써, 비열적, 비접촉적, 선택적, 재료 무존적 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.

[0029] 즉, 본 발명에 의하면 능동형 유기 자체 발광 소자의 불량 화소에 대하여 극초단 펄스 레이저를 사용하여 리페어 또는 홀 가공을 함으로써 불량 발생되는 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.

[0030] 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.

[0031] 특히 본 발명에 의하면, 펨토초 레이저를 사용하여 홈 형성 또는 절단을 수행하는 과정에서 가공 대상물 또는 집속렌즈를 진동시킴으로써, 가공에 의하여 만들어지는 홈 깊이 또는 절단 두께를 종래에 비해 훨씬 늘릴 수 있게 하는 큰 효과가 있으며, 궁극적으로는 동일한 조건의 레이저를 사용하여 홈 깊이 또는 절단 두께를 자유롭게 조절할 수 있게 되는 커다란 효과가 있다. 뿐만 아니라 본 발명에 의하면, 종래에 레이저 가공에 의하여 만들어지는 홈이나 절단부의 내부 가공 표면의 거칠기를 전혀 제어할 수 없었던 것과는 달리, 레이저 가공에 진동을 도입함으로써 홈이나 절단부의 가공 품질이 비약적으로 향상되는 큰 효과가 있다.

[0032] 더불어 본 발명에 의하면, 특히 Full HD급 고해상도 모바일 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 불량 발생하면 폐기하는 수준으로 품질 관리가 실시되었는데, 최근 모바일용 디스플레이에도 Full HD급 고해상도 디스플레이의 적용이 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 Full HD급 고해상도 모바일 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

- [0033] 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 리페어 장치에서의 레이저 진동 조사에 의한 가공 원리.
- 도 5는 슬릿부의 한 실시예.
- 도 6은 슬릿을 이용하여 사각 형상으로 조정된 레이저 빔을 조사하여 리페어 또는 홀 가공을 하는 예시.
- 도 7은 단일층별 펨토초 레이저 리페어 문턱값 (peak intensity로 표현) 그래프.

도 8a~8i는 단일층 별 펄스 레이저 문턱값을 기준으로 강도(intensity) 및 펄스 수의 변화에 따른 깊이 방향으로의 삭마율(ablation rate)를 나타낸 그래프.

도 9는 Full HD급 고해상도 모바일 능동형 유기 자체 발광 소자 및 일반 해상도 모바일 능동형 유기 자체 발광 소자의 광학 현미경 관찰 비교.

도 10은 본 발명에 의한 Full HD급 고해상도 모바일 능동형 유기 자체 발광 소자의 리페어 가공 예시.

도 11은 본 발명에 의한 Full HD급 고해상도 모바일 능동형 유기 자체 발광 소자의 특정 레이어의 선택적 제거 예시.

도 12는 진동자를 이용한 레이저 가공 및 일반 레이저 가공의 가공 품질 비교.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0034] 이하, 상기한 바와 같은 구성을 가지는 본 발명에 의한 Full HD급 고해상도 모바일 능동형 유기 자체 발광 소자의 비열 리페어 방법 및 장치를 첨부된 도면을 참고하여 상세하게 설명한다.

[0035] 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 접촉되지 않아야 할 도체끼리 접촉되는 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 기관의 표면에 부착된 파티클이나 레지스트 등의 이물질 위치, 또는 부적절하게 형성된 금속 배선의 일부 위치에 레이저 광을 조사하여 제거함으로써 결함의 리페어가 이루어지게 된다.

[0036] 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 기관 물질 일부가 녹는 용융층이 발생됨에 따라 열에 의해 주변 재료가 변질되는 문제 또한 발생하게 된다.

[0037] 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.

[0038] 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.

[0039] 본 발명에서는 바로 이 점에 주목하여, 능동형 유기 자체 발광 소자(Active Matrix Organic Light Emitting Diode, AMOLED), 특히 Full HD급 고해상도 모바일 능동형 유기 자체 발광 소자의 불량 화소를 리페어(repair)하는 방법으로서, 극초단 펄스 레이저를 사용하는 방법을 제시한다.

[0040] 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 하

는데, 이를 위해서는 물질의 파장에 대한 흡수율이나 레이어의 두께 등 능동형 유기 자체 발광 소자를 구성하고 있는 각 레이어에 대한 특성 정보의 파악이 필요하다.

[0041] 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.

[0042] 먼저 상기 준비 단계에 대해 설명한다. 상기 준비 단계에서는, Full HD급 고해상도 모바일 능동형 유기 자체 발광 소자를 구성하는 각 레이어의 물성적 또는 형태적 특성에 따라 레이저의 문턱값(threshold)을 포함하는 가공 조건을 결정하게 된다.

[0043] 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 설명되었으나) 실제 Full HD급 고해상도 모바일 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.

[0044] 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.

[0045] 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. 본 발명에서는 상기 극초단 펄스 레이저가, 나노초보다 짧은 수준의 레이저, 즉 피코초(10^{-12} s) 레이저, 펨토초(10^{-15} s) 레이저, 아토초(10^{-18} s) 레이저 등이 되도록 한다. 특히, 피코초 레이저의 경우 조건에 따라 나노초 레이저가 가지는 악영향을 완전히 벗어나지 못할 수 있고, 아토초 레이저의 경우 현재 기술로서 상용화될 만큼 널리 사용되는 수준이 아니므로, 본 발명을 실제로 구현함에 있어서는 펨토초 레이저를 사용하는 것이 가장 바람직할 것이다. 본 출원인이 (이하 실시예에서 보다 상세히 설명되었으나) 실제 Full HD급 고해상도 모바일 능동형 유기 자체 발광 소자를 이루는 각 레이어에 대하여 다양한 실험을 수행한 결과에 따르면, 상기 극초단 펄스 레이저는 펄스폭이 1fs ~ 1ps 범위 내인 것이 가장 바람직하다.

[0046] 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 설명되었으나) 실제 Full HD급 고해상도 모바일 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.

[0047] 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 설명되었으나) 실제 Full HD급 고해상도 모바일 능동형 유기 자체 발광 소자를 이루는 각 레이어에 대하여 다양한 실험을 수행한 결과에 따르면, 상기 극초단 펄스 레이저는 펄스 에너지가 $1 \mu\text{J} \sim 1 \text{mJ}$ 범위 내인 것이 바람직하다.

[0048] 반복률에 대해 설명하자면 다음과 같다. 펄스 레이저란 레이저 빔이 펄스 형태로 발진되는 것을 말하는 것으로

로, 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 Full HD급 고해상도 모바일 능동형 유기 자체 발광 소자를 이루는 각 레이어에 대하여 다양한 실험을 수행한 결과에 따르면, 상기 극초단 펄스 레이저는 반복률이 1Hz ~ 1MHz 범위 내인 것이 바람직하다.

[0049] 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 설명되겠으나) 실제 Full HD급 고해상도 모바일 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.

[0050] 다음으로 상기 가공 단계에 대해 설명한다. 상기 가공 단계에서는, 상기 결정된 가공 조건을 갖는 극초단 펄스 레이저를 Full HD급 고해상도 모바일 능동형 유기 자체 발광 소자의 불량 화소의 가공 대상 부위에 조사하여, 실제 가공이 이루어지게 된다. 특히 이 때 본 발명에서는 레이저를 조사할 때, 조사되는 레이저 경로 길이의 연장 및 단축이 반복적으로 이루어지도록 하여 종축 방향으로 진동시키면서 조사함으로써 가공 품질을 더욱 향상한다. (이러한 레이저 진동 조사에 의한 가공 품질 향상 원리에 대해서는 이후 장치의 설명 부분에서 보다 상세히 설명한다.) 이 때 상기 가공 단계에서의 진동은, 진동 주파수가 1kHz ~ 10²kHz 범위 내인 것이 바람직하다. 또한 상기 가공 단계에서의 진동은, 진동폭이 1μm ~ 10μm 범위 내인 것이 바람직하다.

[0051] 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 Full HD급 고해상도 모바일 능동형 유기 자체 발광 소자를 형성하는 레이어들 중 일부를 제거하여 리페어하는 공정으로 이루어질 수도 있고, 또는 가공 대상 부위에 대하여 Full HD급 고해상도 모바일 능동형 유기 자체 발광 소자를 형성하는 레이어들 중 전체를 제거하여 홀을 형성하는 공정으로 이루어질 수도 있다.

[0052] 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.

[0053] 더불어 레이저를 사용한다는 점에 있어서 근본적으로 비접촉식 공정인 바, 가공이 필요하지 않은 부분의 불필요한 손상을 최소화할 수 있다.

[0054] 또한 앞서 설명한 바와 같이 본 발명의 리페어 방법은, Full HD급 고해상도 모바일 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.

[0055] 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.

[0056] 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 Full HD급 고해상도 모바일 능동형 유기 자체 발광 소자의 비열 리페어 장치(100)는, 가공 대상물(500)인 Full HD급 고해상도 모바일 능동형 유기 자체 발광 소자의 불량 화소를 리페어할 수 있는 장치로서, 레이저 광원(110), 렌즈부(120), 스테이지(130), 촬영부(140), 제어부(150), 진동자(155) 등을 포함하여 이루어진다.

[0057] 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)에서 Deep UV에

서부터 IR에 이르기까지의 다양한 파장 대역의 레이저 광을 발생시킬 수 있도록 형성되어야 한다. 도 3(B)는 이처럼 다양한 파장 대역의 레이저 광을 발생시킬 수 있도록 하는 상기 레이저 광원(110)의 한 실시예이다. 도 3(B)에 도시된 바와 같이, 기본 파장(Fundamental Wavelength)의 입력이 들어오면, 이를 반파장판(HWP), 편광 필름(TFP), 분광기(BS), 수정판(Xtal), 편광판(TP), 볼록렌즈, 오목렌즈 등으로 이루어지는 광학계를 통과시킴으로써 다양한 파장 대역의 레이저 광을 얻을 수 있다.

[0058]

도 3(B)의 광학계를 보다 상세히 설명하면 다음과 같다. NIR ~ IR 파장 대역의 레이저 광은, 기본 파장의 레이저 광이 도시된 바와 같이 반파장판 - 편광필름 - 볼록렌즈 - 오목렌즈를 순차적으로 지남으로써 만들어진다. UV ~ Visible 파장 대역의 레이저 광은, 도시된 바와 같이 반파장판 - 편광필름 - 볼록렌즈 - 오목렌즈 - 수정판 - 볼록렌즈 - 오목렌즈를 순차적으로 지남으로써 만들어진다(도 3(B)에서 반파장판 - 편광필름을 순차적으로 지난 레이저 광이 한 번 더 편광필름을 지나가는 것이나, 수정판을 통과한 레이저 광이 2개의 분광기를 지나가는 것은 광경로의 변경을 위한 것이므로 부차적인 것이다). Deep UV 파장 대역의 레이저 광은, 반파장판 - 편광필름 - 볼록렌즈 - 오목렌즈 - 수정판 - 편광판 - 수정판 - 편광필름 - 볼록렌즈 - 오목렌즈를 순차적으로 지남으로써 만들어진다(도 3(B)에서 마지막 편광필름을 지난 레이저 광이 분광기를 지나가는 것은 광경로의 변경을 위한 것이므로 부차적인 것이다).

[0059]

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.

[0060]

상기 진동자(155)는 상기 레이저 광원(110)으로부터 상기 가공 대상물(500)까지의 레이저 경로 길이의 연장 및 단축이 반복적으로 이루어지도록 하여 종축 방향의 레이저 조사 위치를 변경시킨다. 이는, 상기 진동자(155)가 상기 렌즈부(120)에 연결되게 하거나 또는 상기 스테이지(130)에 연결되게 함으로써 쉽게 구현할 수 있다. 즉, 상기 진동자(155)는 상기 렌즈부(120)에 연결되어 종축 방향으로 상기 렌즈부(120)를 진동시키거나, 또는 상기 진동자(155)는 상기 스테이지(130)에 연결되어 종축 방향으로 상기 스테이지(130)를 진동시키게 된다. 도 3에서는 상기 진동자(155)가 상기 렌즈부(120) 및 상기 스테이지(130)에 각각 연결되되 상기 렌즈부(120)가 진동하는 것으로 도시되어 있으나, 물론 이로써 본 발명이 한정되는 것은 아니며, 상기 진동자(155)가 스테이지(130)만을 진동시키거나 또는 상기 렌즈부(120) 및 상기 스테이지(130)를 모두 진동시킬 수 있는 등 다양하게 변경 실시될 수 있음은 당연하다.

[0061]

즉 본 발명에서는, 상기 진동자(155)를 이용하여 레이저 조사 위치가 종축 방향으로 변경되도록 함으로써 상기 가공 대상물(500)의 내부에 종축 방향으로 연속적 또는 불연속적인 다수의 미소 크랙이 형성되도록 한다(이를 '미소 크랙 어레이'라 칭한다). 또한 상기 스테이지(130)의 움직임에 의하여 레이저 조사 위치가 평면 방향으로 변경되면, 종축 방향으로 연장되는 미소 크랙 어레이가 평면 방향 이동 궤적을 따라 역시 연속적 또는 불연속적으로 형성되도록 하여 절단선을 형성할 수 있다. 홀 가공을 수행할 경우에는 상기 스테이지(130)의 움직임이 없어도 미소 크랙 어레이 자체가 홀을 형성하게 되는데, 이와 같은 방식으로 함으로써 단지 레이저 조사에 의하여 홀이 형성되는 것보다 훨씬 깨끗한 가공면을 얻을 수 있게 된다. 앞서 설명한 바와 같이, 이러한 진동은 진동 주파수가 1kHz ~ 10²kHz 범위 내인 것이 바람직하며, 또한 진동폭이 1μm ~ 10μm 범위 내인 것이 바람직하다. 물론 이는 레이저 특성이나 가공 대상물의 물질 특성 등에 따라 변경 실시될 수 있다.

[0062]

도 4는 본 발명의 리페어 장치에서의 레이저 진동 조사에 의한 가공 원리를 도시하고 있다. 도 4(A)는 종래의 레이저 가공을 이용하여 가공 대상물의 내부에 미소 크랙을 형성한 예시로서, 우측 도면은 미소 크랙 발생 원리를, 좌측 도면은 실제 예시를 도시한다. 종래의 레이저 가공은 나노초 레이저 등과 같이 펄스폭이 큰 레이저를 사용하였기 때문에 크랙의 크기가 불필요하게 크게 형성되며, 또한 레이저 조사 시 종축 방향으로의 진동이 없기 때문에 단지 점 형태의 미소 크랙만이 발생된 것을 알 수 있다. 반면 도 4(B)는 본 발명의 레이저 가공을 이용하여 가공 대상물의 내부에 미소 크랙을 형성한 예시로서, 펨토초 레이저와 같은 극초단 펄스 레이저를 사용하여 레이저를 조사하였기 때문에 도 4(A)의 미소 크랙에 비해 크랙 크기 자체가 훨씬 작게 나타남을 알 수 있다. 뿐만 아니라 본 발명에서는 진동을 주면서 레이저를 조사하였기 때문에, 미소 크랙이 종축 방향으로 연속적으로 형성됨으로써 이 미소 크랙 어레이에 의하여 매우 우수한 품질의 가공 단면을 가지는 홀이 형성됨을 알 수 있다.

- [0063] 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, Full HD급 고해상도 모바일 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.
- [0064] 도 5는 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.
- [0065] 앞서 설명한 바와 같이 본 발명의 리페어 방법에서는 가공 조건을 미리 결정하게 되는데, 가공 조건에는 레이저의 특성 뿐 아니라 Z축의 위치(즉 Full HD급 고해상도 모바일 능동형 유기 자체 발광 소자의 대상층에서부터 렌즈 사이의 거리), 렌즈 정보 등이 더 포함될 수 있다. 본 출원인이 (이하 실시예에서 보다 상세히 설명되겠으나) 실제 Full HD급 고해상도 모바일 능동형 유기 자체 발광 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.
- [0066] 도 6(A)는 슬릿을 이용하여 사각 형상으로 조정된 레이저 빔을 조사하여 일부 레이어만을 가공하여 리페어하는 공정의 예시를, 도 6(B)는 역시 슬릿을 이용하여 사각 형상으로 조정된 레이저 빔을 조사하여 홀 가공을 하는 예시를 각각 도시하고 있다.
- [0067] **[실시예]**
- [0068] 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.
- [0069] **가공 조건 범위**
- [0070] 펄스 폭 : 90fs ~ 800fs
- [0071] 파장 : 205nm ~ 1553nm(Deep UV, UV, VIS(Visible), NIR(Near Infrared Ray), IR(Infrared))
- [0072] 펄스 에너지 : 0 ~ 1 mJ
- [0073] 반복률 : 1kHz ~ 400kHz (선택적 가변)
- [0074] 조사 시간 : 1ns ~ 90000ms
- [0075] Z축 위치 : 0.5 mm ~ 200mm
- [0076] 렌즈 : $\times 5 \sim \times 100$ (DUV, UV, NUV, NIR lens)
- [0077] 슬릿 크기 : $1\mu\text{m} \times 1\mu\text{m} \sim 50\mu\text{m} \times 50\mu\text{m}$
- [0078] 종축 방향 진동 주파수: 0 ~ 40kHz
- [0079] 종축 방향 진동폭: 0 ~ 3 μm
- [0080] **목표 성능**
- [0081] 가공분해능 : 10nm ~ 3 μm (비열적, 선택적)
- [0082] 가공선폭 : 500nm ~ 30 μm

[0083] 가공 대상물(ex. Full HD급 모바일 AMOLED 패널) 크기: 4 ~ 12 inch

[0084] Full HD급 고해상도 모바일 능동형 유기 자체 발광 소자는 도 1 등에 나타나 있는 바와 같이 다양한 재질로 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.

[0085] 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. 도 7은 단일층별 펄스 레이저 리페어 문턱값 (peak intensity로 표현) 그래프이며, 도 8a~8i는 단일층 별 펄스 레이저 리페어 문턱값을 기준으로 강도(intensity)의 변화 및 펄스 수에 따른 깊이 방향으로의 삭마율(ablation rate)를 나타낸 그래프이다.

[0086] 단일층별 펄스 레이저 리페어 문턱값 (peak intensity로 표현)

[0087] Glass > $1 \times 10^{12} \text{ W/cm}^2$

[0088] Metal (Cathode [Li/Al] = Anode [ITO]) > $5 \times 10^{10} \text{ W/cm}^2$

[0089] Metal (Source [Cr]) > $4 \times 10^{10} \text{ W/cm}^2$

[0090] Metal (Drain [Cr]) > $3.5 \times 10^{10} \text{ W/cm}^2$

[0091] Organic (R) > $9 \times 10^9 \text{ W/cm}^2$

[0092] Organic (G) > $7 \times 10^9 \text{ W/cm}^2$

[0093] Organic (B) > $6 \times 10^9 \text{ W/cm}^2$

[0094] Planarization layer > $6 \times 10^{10} \text{ W/cm}^2$

[0095] Protection layer > $7 \times 10^{11} \text{ W/cm}^2$

[0096] 이와 같이 파악된 레이어 특성에 따라 가공 조건을 결정하면 다음과 같다.

[0097] 단일층별 펄스 레이저 리페어 가공 조건 (레이저 파장, 펄스 폭만 표기)

[0098] Glass : 레이저 파장 (388nm), 펄스 폭 (100fs)

[0099] Metal : 레이저 파장 (776nm), 펄스 폭 (800fs)

[0100] Organic (R) : 레이저 파장 (795nm), 펄스 폭 (400fs)

[0101] Organic (G) : 레이저 파장 (513nm), 펄스 폭 (400fs)

[0102] Organic (B) : 레이저 파장 (395nm), 펄스 폭 (400fs)

[0103] Planarization layer : 레이저 파장 (1025nm), 펄스 폭 (400fs)

[0104] Protection layer : 레이저 파장 (395nm), 펄스 폭 (400fs)

[0105] 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.

[0106] 도 9는 Full HD급 고해상도 모바일 능동형 유기 자체 발광 소자 및 일반 해상도 모바일 능동형 유기 자체 발광 소자의 광학 현미경 관찰 비교도이다. 도 9(A)는 Full HD급 고해상도 모바일 능동형 유기 자체 발광 소자(AMOLED)의 광학 현미경 사진으로서, 도 9(B)의 일반 해상도 AMOLED와 비교하였을 때 훨씬 조밀한 배치로 되어 있음을 알 수 있다. 즉 도 9(A)에 도시된 바와 같은 고해상도 패널을 제작하기 위해서는 도 9(B)에 도시된 바와 같은 종래의 일반 해상도 패널에 비해 훨씬 정밀한 공정이 필요하며, 당연히 생산 비용이 높아지게 된다. 따라서 종래의 일반 해상도 패널의 경우 불량 발생 시 패널을 폐기해 버렸지만 이러한 고해상도 패널의 경우 하나의 패널 생산 비용의 상승으로 인하여 패널 폐기보다는 리페어 공정을 거쳐 불량을 해소하는 것이 더욱 경제적이게 된 것이다.

[0107] 도 10은 본 발명에 의한 Full HD급 고해상도 모바일 능동형 유기 자체 발광 소자의 리페어 가공 예시를 보여 주고 있으며, 도 11은 본 발명에 의한 Full HD급 고해상도 모바일 능동형 유기 자체 발광 소자의 특정 레이어의 선택적 제거 예시를 보여 주고 있다. 특히 도 11(A) 및 도 11(B)를 비교해 보면, 도 11(B)의 S 영역에서 특정 레이어의 일부만이 선택적으로 깨끗하게 제거되었음을 명확히 확인할 수 있다.

[0108] 도 12는 진동자를 이용한 레이저 가공 및 일반 레이저 가공의 가공 품질 비교로서, 상측 도면('Without Vibration')이 진동을 적용하지 않은 일반 레이저 가공 결과이며 하측('With Vibration')이 진동을 적용한, 즉 본 발명의 레이저 가공 결과이다. 상하 도면을 비교하면, 진동을 적용하였을 때 가공 단면의 품질이 훨씬 향상됨을 직관적으로도 명확히 확인할 수 있다.

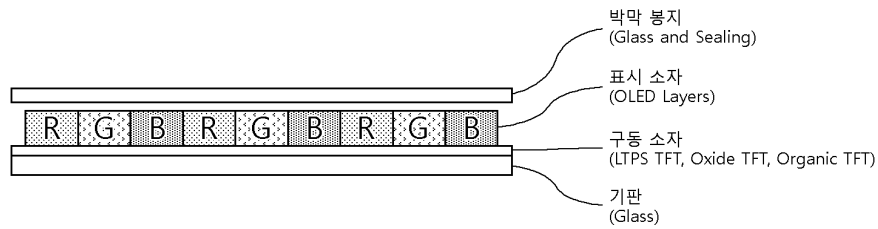
[0109] 본 발명은 상기한 실시예에 한정되지 아니하며, 적용범위가 다양함은 물론이고, 청구범위에서 청구하는 본 발명의 요지를 벗어남이 없이 당해 본 발명이 속하는 분야에서 통상의 지식을 가진 자라면 누구든지 다양한 변형 실시가 가능한 것은 물론이다.

부호의 설명

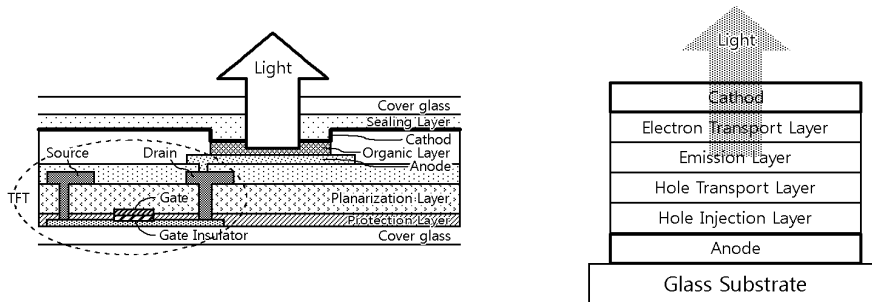
- [0110] 100: 리페어 장치
 110: 레이저 광원
 120: 렌즈부
 130: 스테이지
 140: 촬영부
 150: 제어부
 155: 진동자
 160: 슬릿부
 500: 가공 대상물

도면

도면1

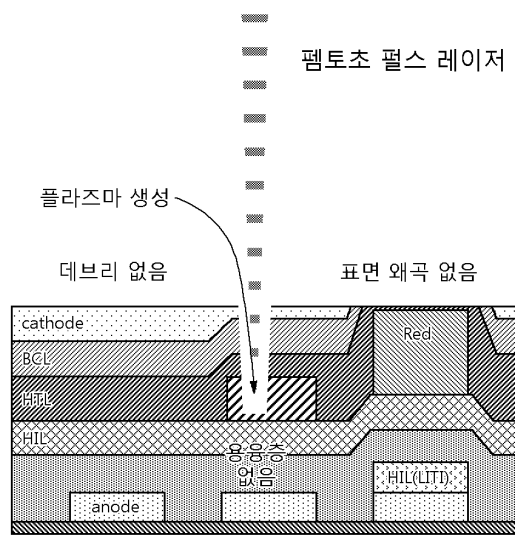
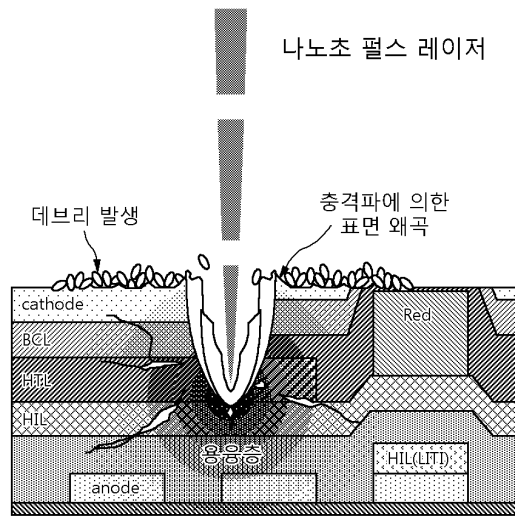


(A)

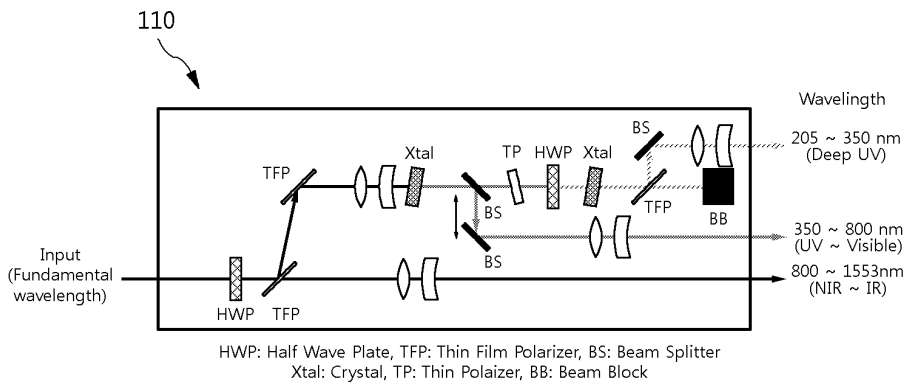
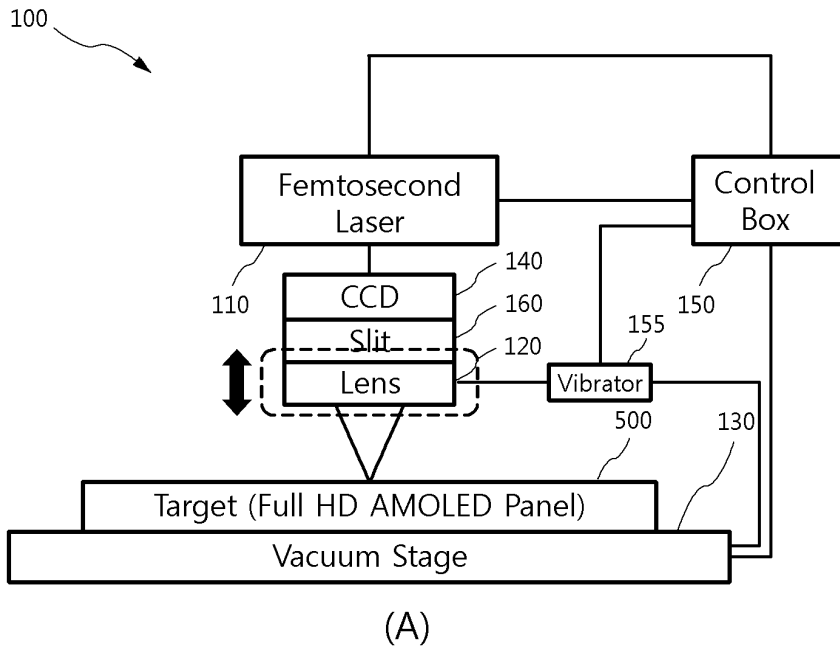


(B)

도면2

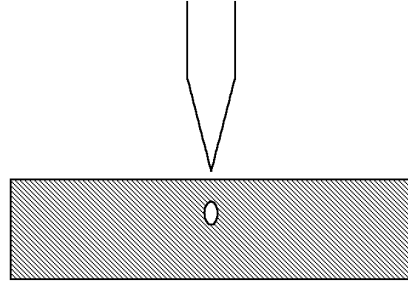
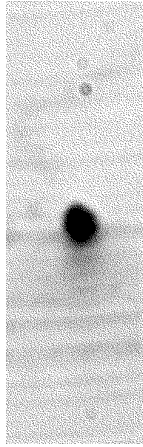


도면3

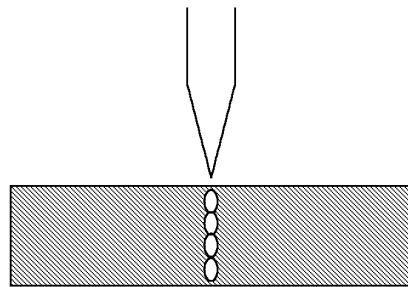
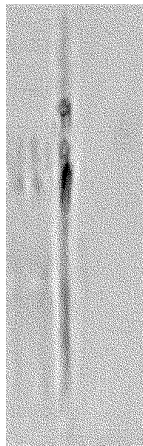


(B)

도면4

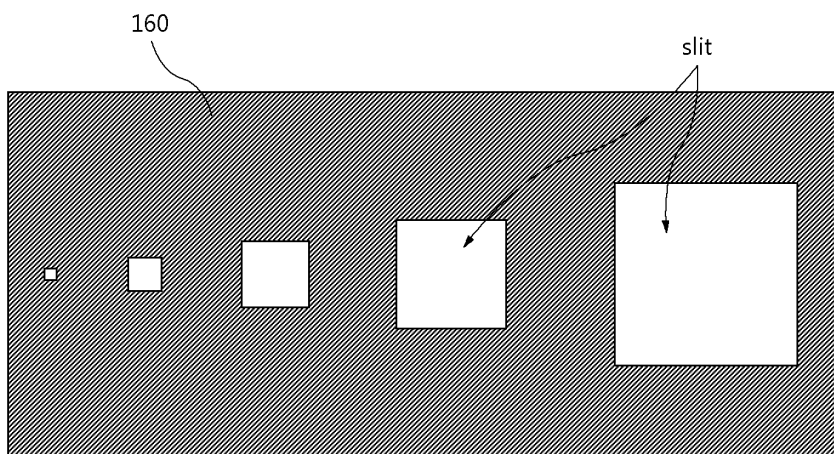


(A)

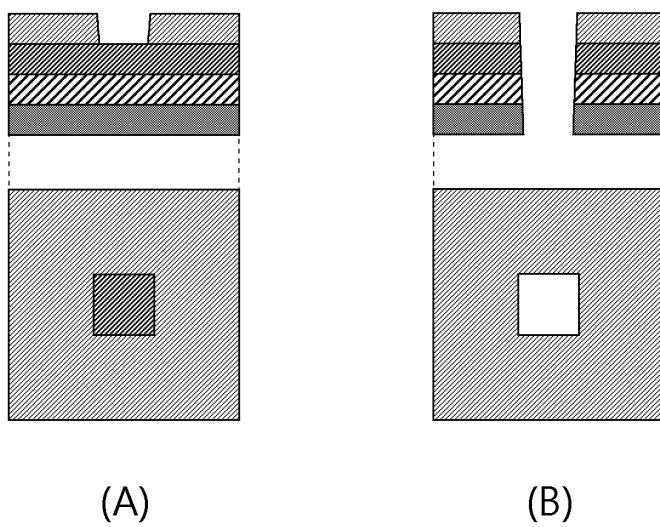


(B)

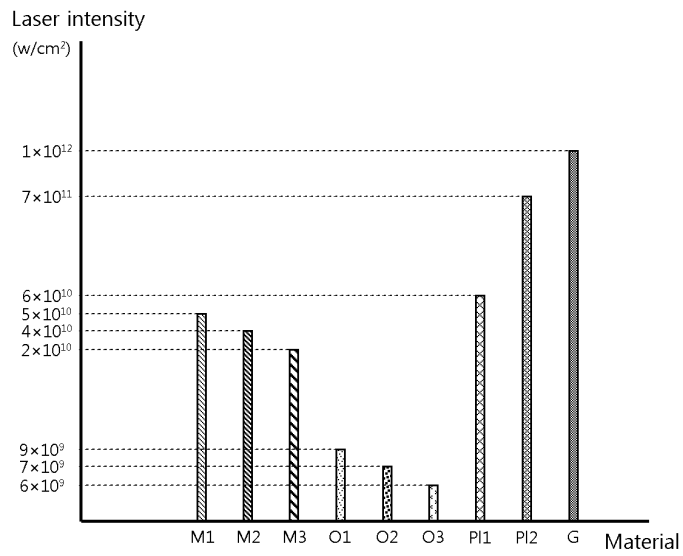
도면5



도면6

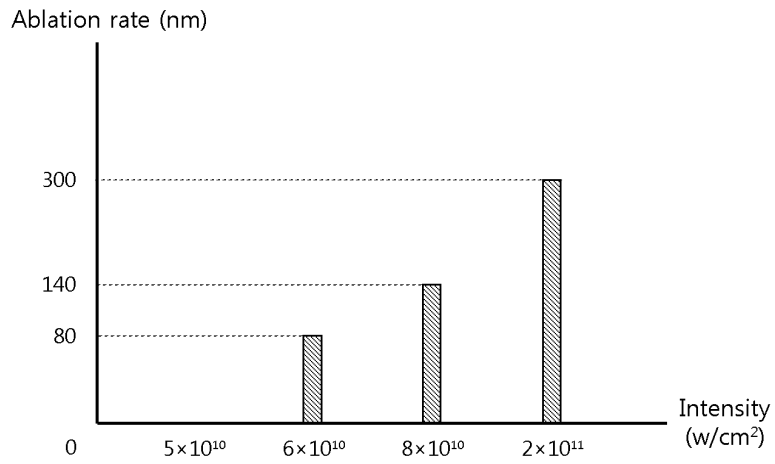


도면7

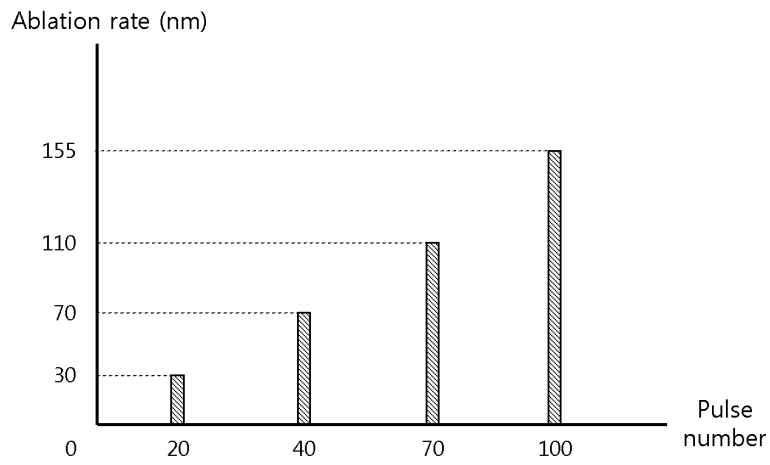


M1 = Metal (Cathode [Li/Al] = Anode [ITO])
 M2 = Metal (Source [Cr])
 M3 = Metal (Drain [Cr])
 O1 = Organic (R)
 O2 = Organic (G)
 O3 = Organic (B)
 P1 = Planarization layer
 P2 = Protection layer
 G = Glass

도면8a

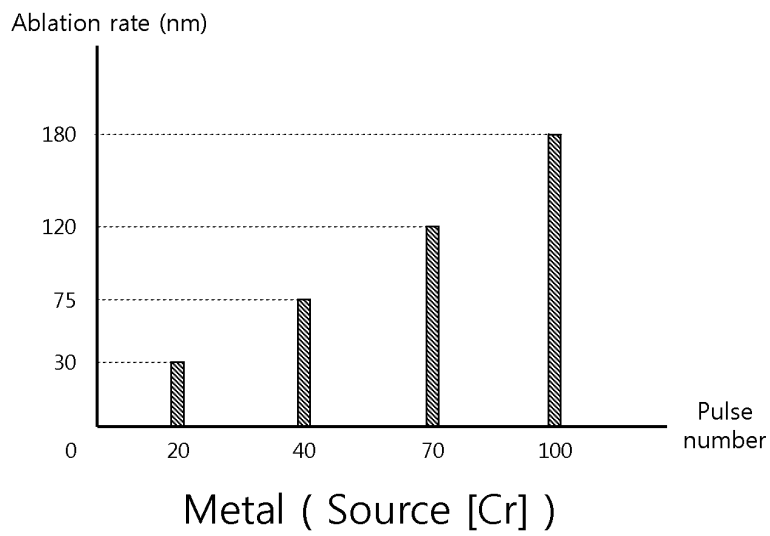
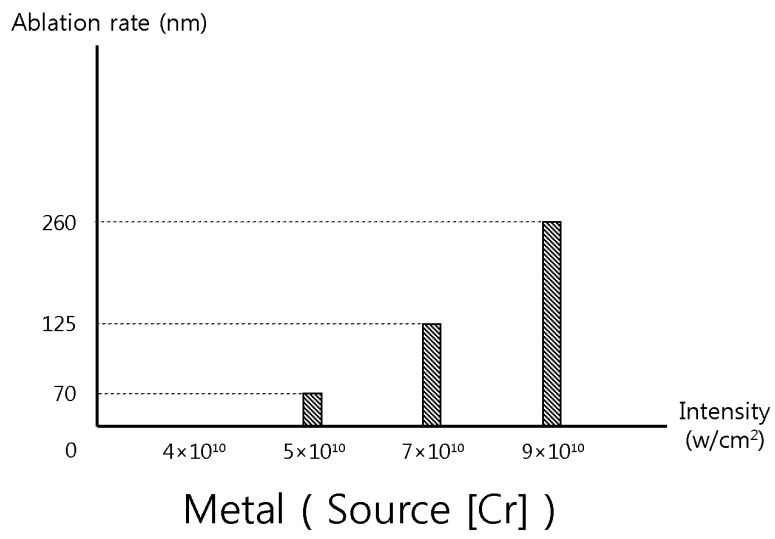


Metal (Cathode [Li/Al] = Anode [ITO])

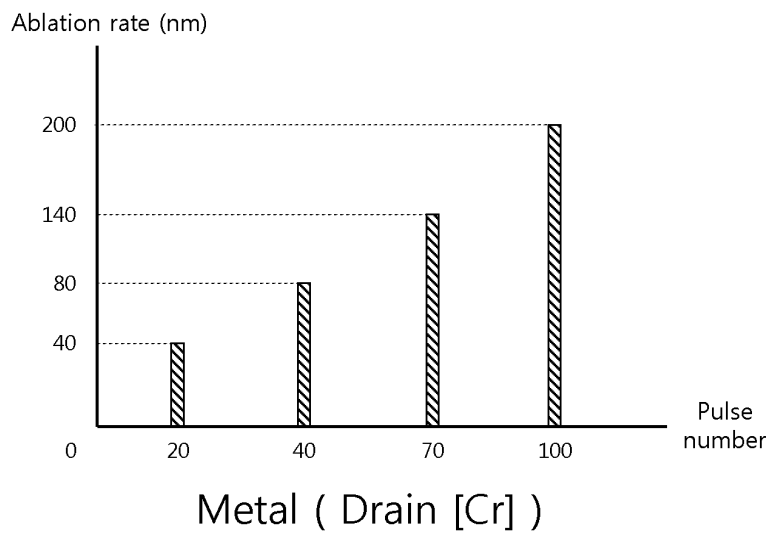
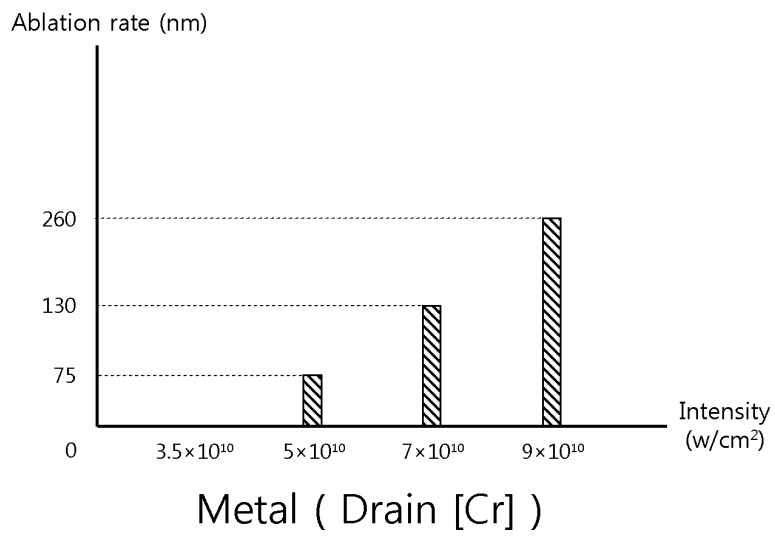


Metal (Cathode [Li/Al] = Anode [ITO])

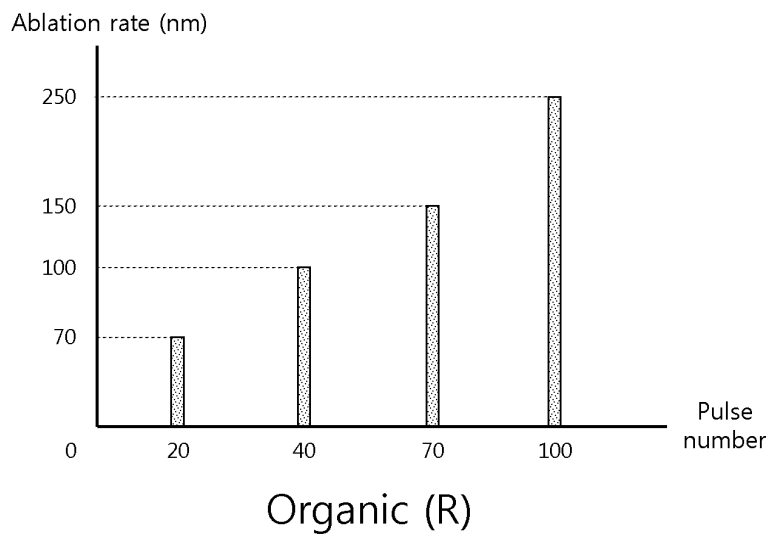
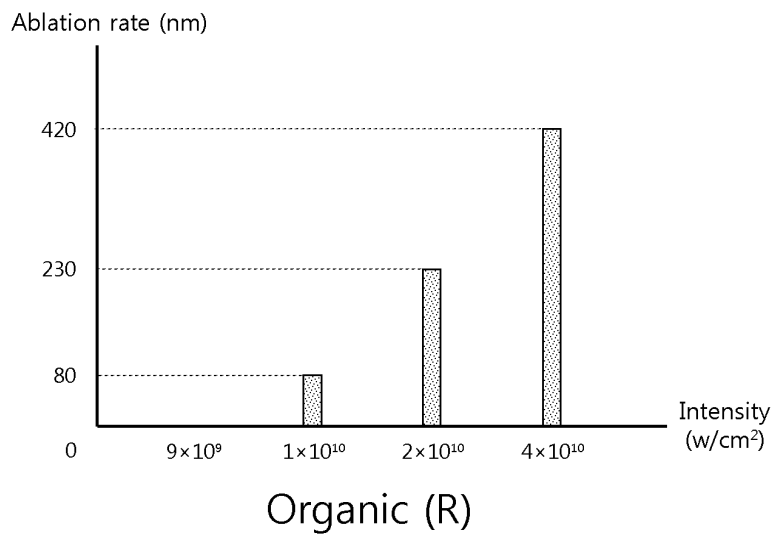
도면8b



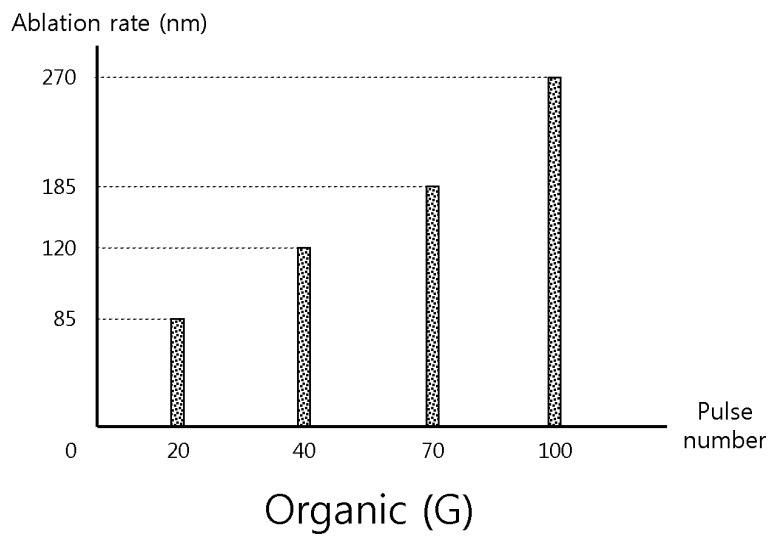
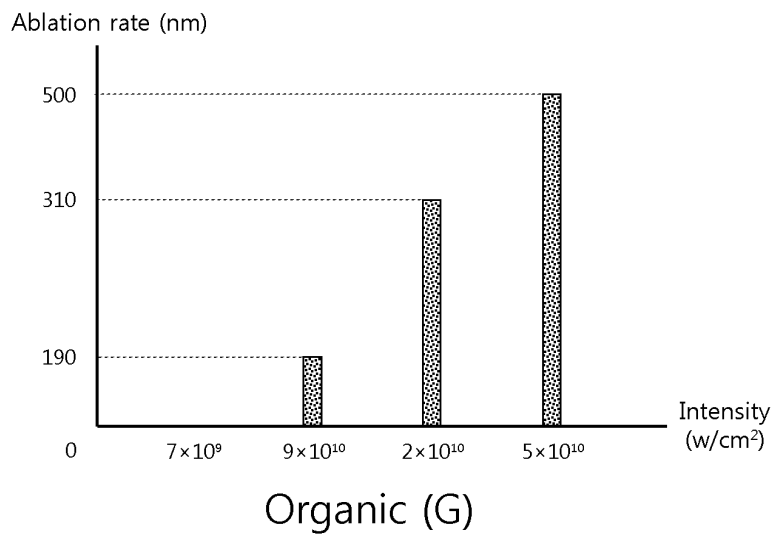
도면8c



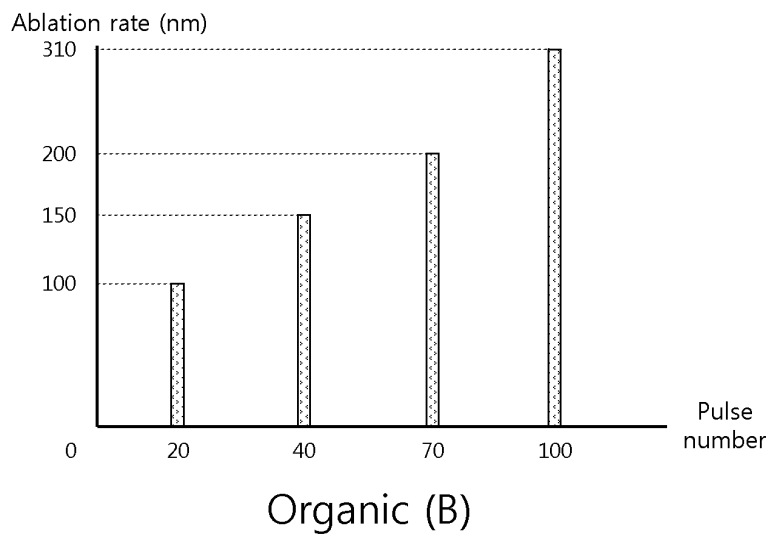
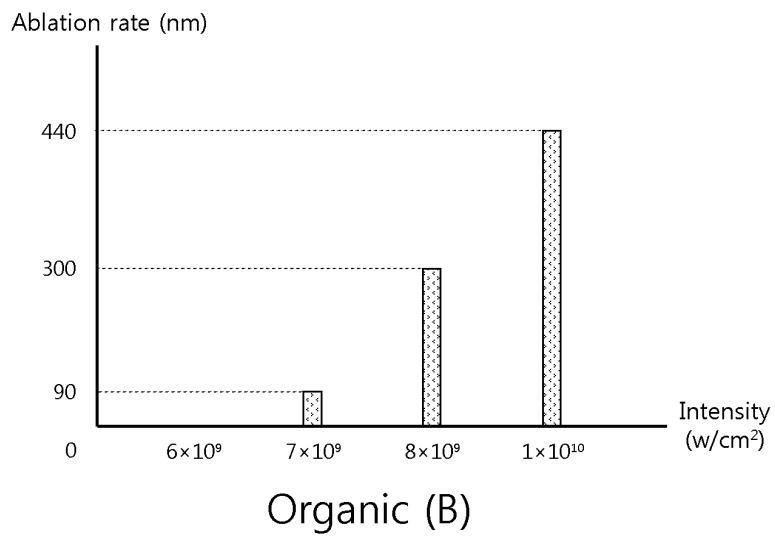
도면8d



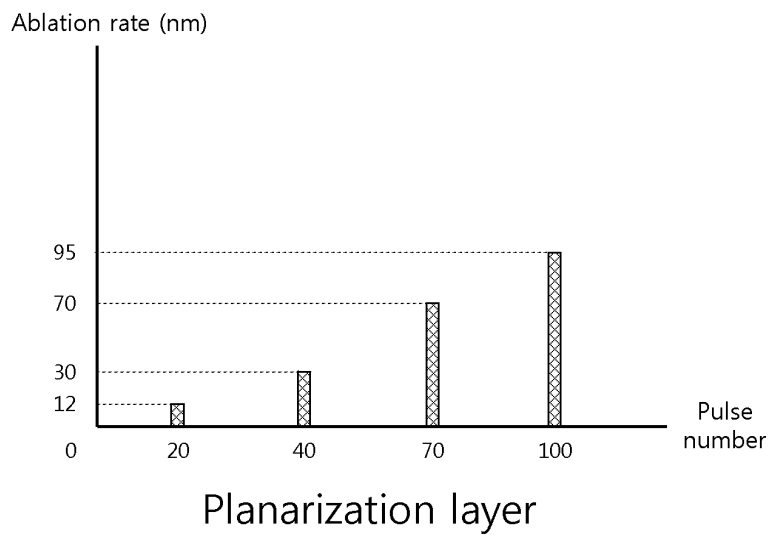
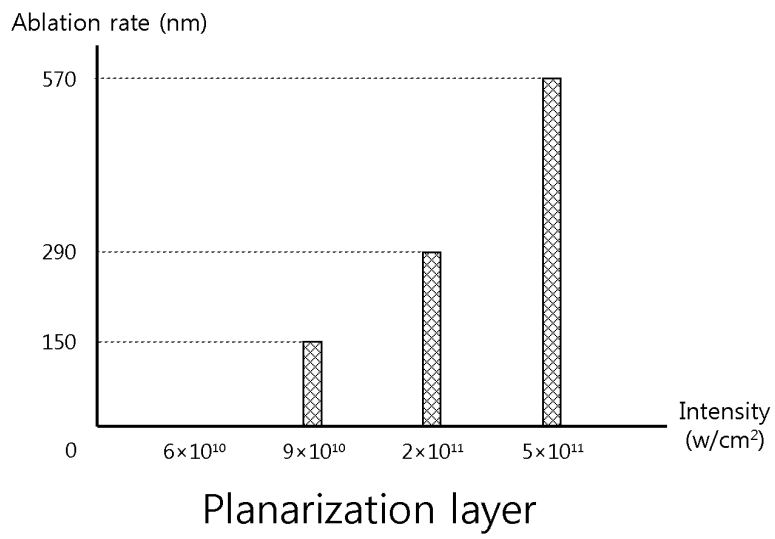
도면8e



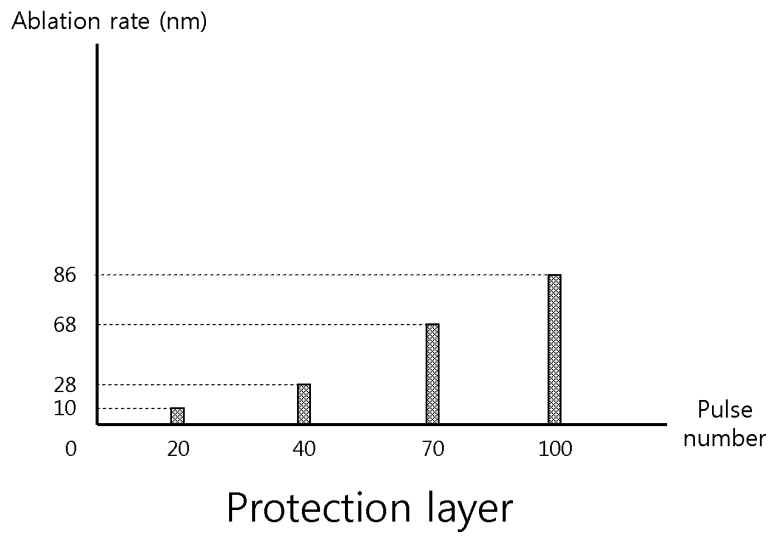
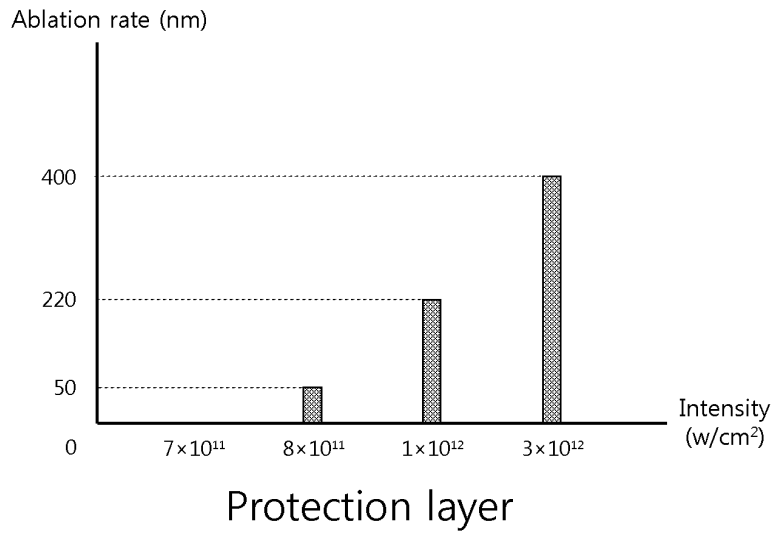
도면8f



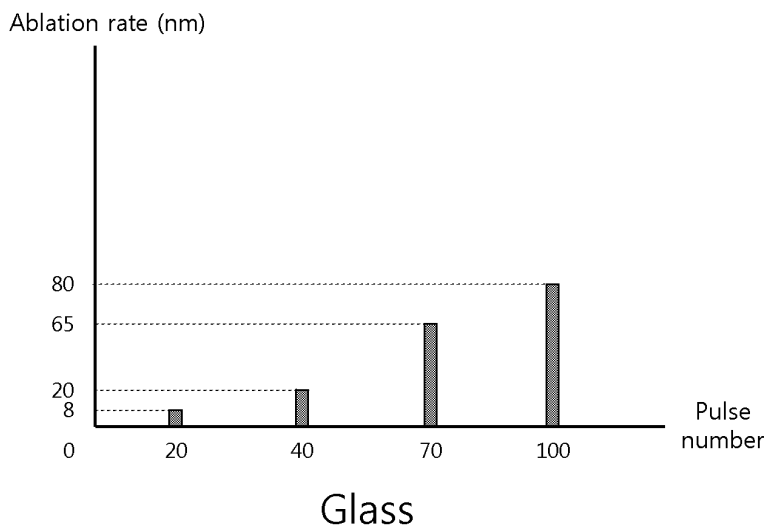
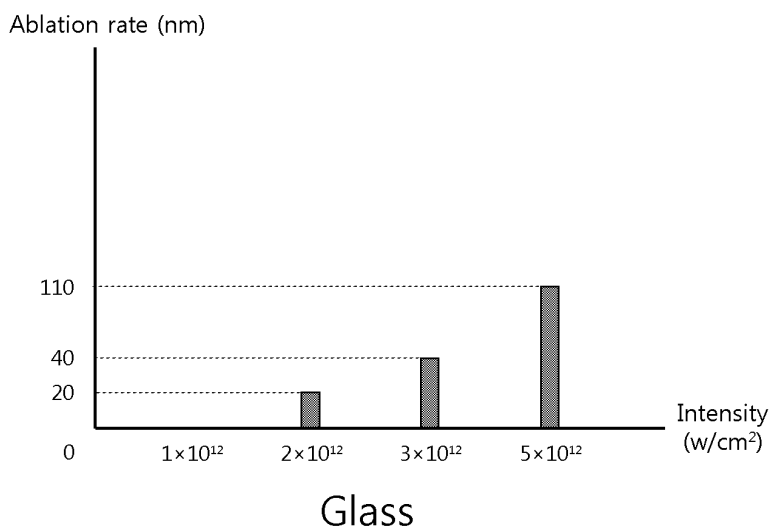
도면8g



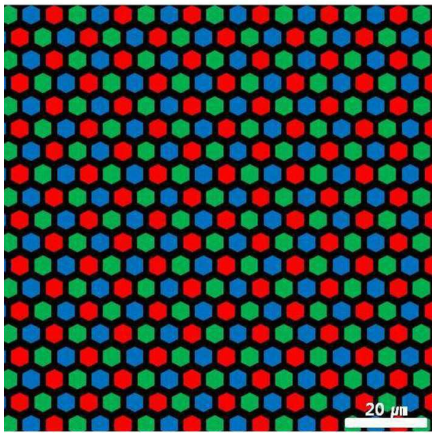
도면8h



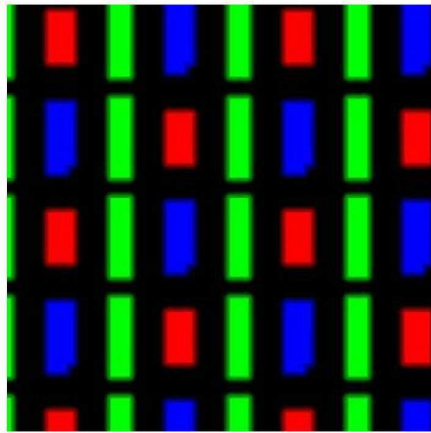
도면8i



도면9

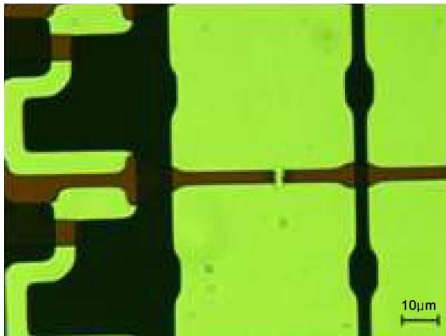


(A)

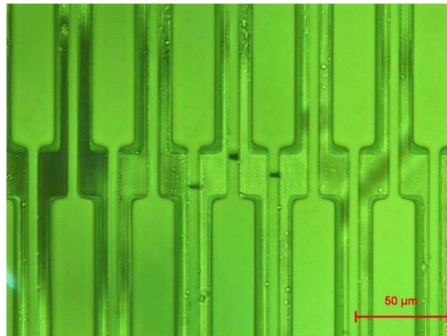


(B)

도면10

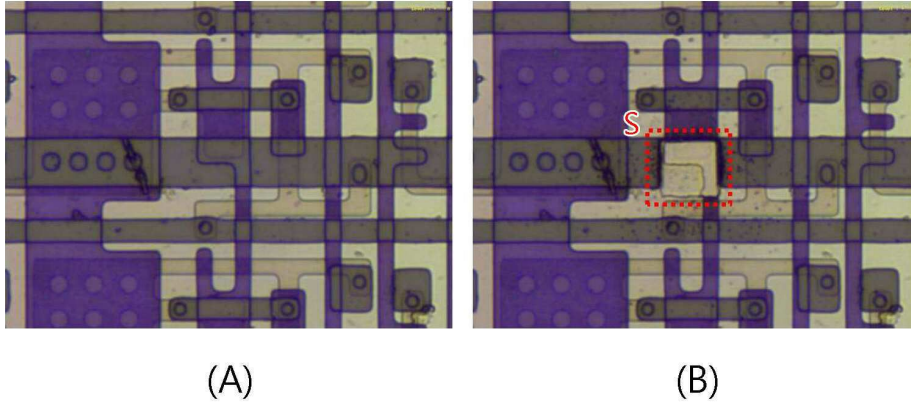


(A)

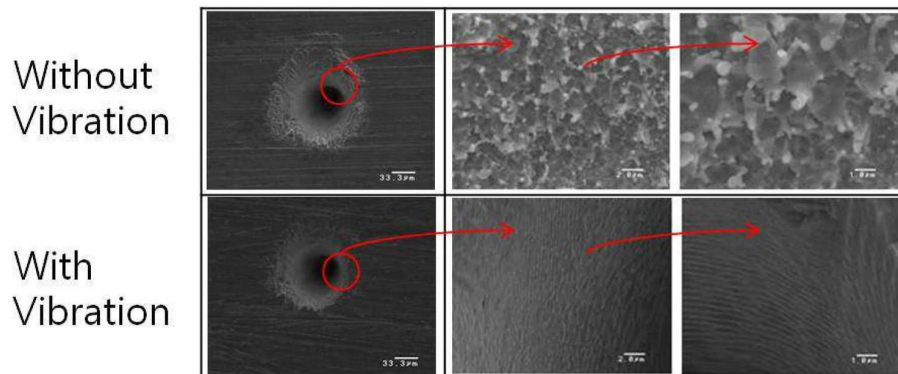


(B)

도면11



도면12



【심사관 직권보정사항】

【직권보정 1】

【보정항목】 청구범위

【보정세부항목】 청구항 15, 4 및 5번째 줄

【변경전】

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

【변경후】

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