

# 평판 디스플레이 제조공정에서의 레이저 응용사례 연구

## Studies on the laser applications in the flat panel display

노철래, 한규완, 정재훈, 남궁복, 김광일  
삼성SDI A. E. Center 생산기술연구소

### I. 서론

최근 인터넷의 발달, 디지털 방송의 시작, 무선 통신등의 증가로 인하여 평판 디스플레이 소자의 수요가 급격하게 증가하고 있다. 특히 TFT-LCD, PDP, 유기EL, FED등이 대표적으로 사용되거나 개발되고 있는 제품들이다. 이러한 평판 디스플레이 소자들의 제조공정은 증착, 인쇄, 코팅등의 막형성 공정, 패터닝 공정, 세정공정, 검사공정, 모듈공정 등으로 유사한 공정 특성을 가지고 있으며, 최근 제품의 고해상도화, 대형화로 인하여 제품의 제조를 위한 생산설비의 고품격화가 요구되고 있다.

이에 에너지의 고밀도화, 미세가공등의 특성이 가지고 있는 레이저 가공기술은 레이저의 소스와 관련 광학부품의 발전과 더불어 디스플레이 제조공정에 적용이 늘어가고 있는 추세이다. 레이저 가공은 크게 레이저 용접, 레이저 절단, 레이저 천공, 레이저 마킹, 레이저 표면개질, 레이저 미세 가공등으로 구분이 되는데 이중 현재 디스플레이 제조공정에 적용되는 기술은 주로 레이저 미세가공 기술, 레이저 마킹 기술, 레이저 표면개질 기술 등이다.

본 발표에서는 현재 디스플레이 제조 공정에 적용되고 있는 레이저 응용기술의 실예를 고찰함으로써 레이저 가공 및 응용설비 기술의 발전방향과 가능성에 대해서 논의해 보고자 한다.

### II. 레이저 응용기술 적용 사례

#### II- 1. 레이저 타이틀링 장치

##### 기술의 소개

FPD 양산공정에서는 Glass에 정보를 입력하여 이를 체계적으로 생산관리하여야 한다. 따라서 Glass 기판에 Glass ID, Veri-Code, OCR문자 등을 입력하는 공정이 필요하다. 레이저 마킹기술은 이러한 Glass에 이러한 정보를 입력하는 방법은 좋은 방법으로 이는 제품의 제조공정에 따라서 TFT-LCD, Color Filter의 경우는 레이저 노광방식에 의한 타이틀링 또는 박막 가공 타이틀링이 사용되며, PDP의 경우는 유리내부에 직접 타이틀링하는 방식이 사용된다. 아래 그림은 Color Filter의 타이틀링 공정의 예이다.

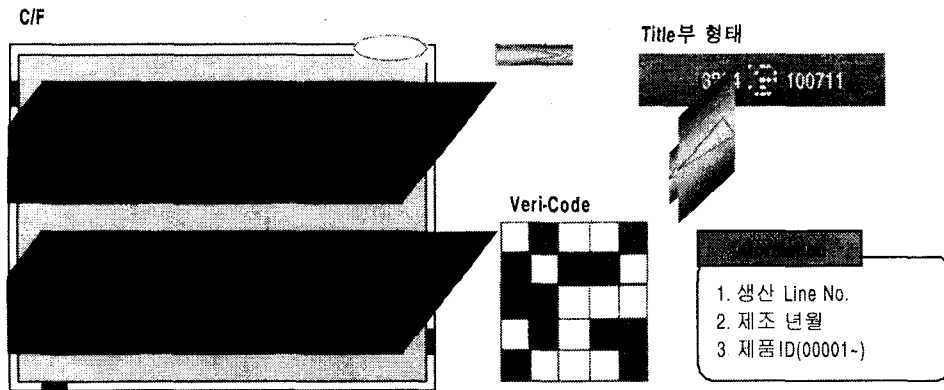


그림. 타이틀링 공정 이해도

### 설비의 구성

설비의 광학적 구성은 레이저는 Q-switching Solid State 레이저를 사용하고 레이저빔을 스캔하기 위한 갈바노미터와 레이저빔 Switching 소자로 구성된다. 아래의 그림은 타이틀링 장치의 광학계를 구성하는 모식도이다.

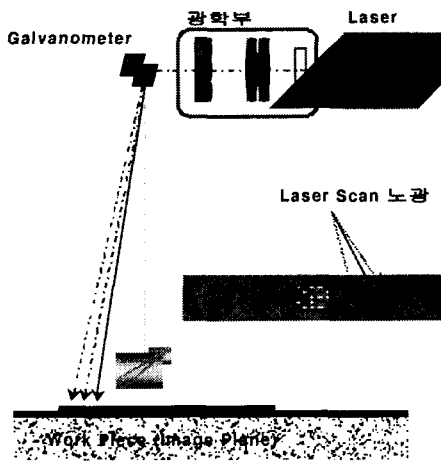


그림. 레이저 타이틀링 장치의 모식도

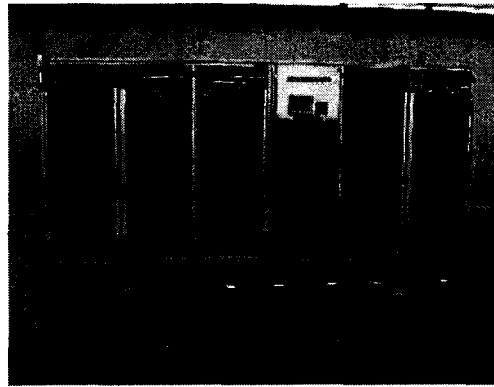


그림. 레이저 타이틀링 장치

### 설비의 성능

레이저 광학계의 구성은 제품의 요구 사양에 따라서 변동이 가능하나 일반적으로 Cell 형상 및 크기는 100 $\mu$ m의 사각형, 자동화 코드의 크기는 2mm  $\times$  9mm, Field Distortion 은  $\pm$  2.5% 이내이어야 한다. 아래 그림은 Color Filter의 노광형 타이틀링 방식에 의한 Cr 박막의 타이틀링의 예를 보여준다.



그림. 레이저 타이틀링의 예

## II- 2. 레이저 리페어링 장치

### 기술의 소개

디스플레이 소자는 기본적인 구조의 특성상 색을 구현하는 RGB막의 형성과 이의 구동을 위한 전기적인 패턴의 형성이 필요하다. 이러한 여러 막의 패턴은 노광, 현상, 에칭의 포토공정과 인쇄공정등으로 구현된다. 이때 형성되는 패턴의 선폭이 수 마이크로 정도로서 대형의 기판에 이러한 미세한 패턴을 형성하면 패턴상에 쇼트 또는 오픈성 결함이 발생된다. 이러한 미세한 패턴의 결함을 수정하기 위하여 레이저 리페어링 장치가 사용된다. 이러한 레이저 리페어링 장치는 LCD 및 PM OLED, AM OLED, PDP 등의 미세 패턴닝을 요하는 평판 디스플레이에 응용되고 있다.

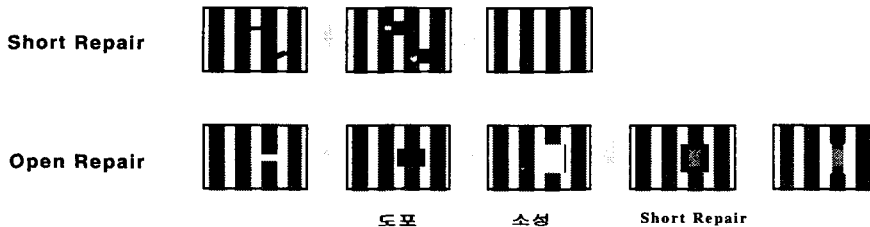


그림. 레이저 리페어링 공정 이해도

### 설비의 구성

디스플레이 제품에 따라 레이저 광학부의 구성방식에 차이가 있으나 기본적으로 레이저빔을 원하는 형상으로 바꾸어 광학적으로 집속함으로써 수 마이크로 크기의 미세한 집속빔을 형성하여 원하는 패턴을 가공한다. 아래 그림은 PDP에 적용되는 리페어링 장치로서 고출력의 DPSSL 레이저를 광파이버를 이용하여 광전송하고 이를 다시 요구되는 형상으로 Imaging 하여 쇼트된 패턴을 재생한다. 또한 오픈성 결함의 재생은 국부적인 패이스트의 도포와 DPS SL 또는 레이저 다이오드에 의한 국부적인 소성으로 가능하다.

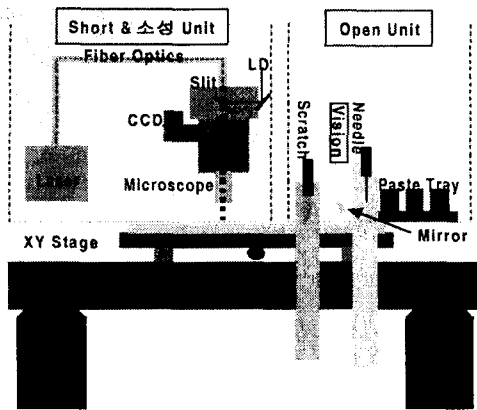


그림. PDP용 레이저 리페어링 장치 모식도

### 설비의 성능

레이저 리페어링은 고출력 레이저빔을 가공대상물의 표면에 집속하여 급속한 부분적 가열과 증발에 의하여 물질의 붕괴가 일어나는 레이저 어블레이션 원리를 이용하고 있다. 이러한 메커니즘은 매우 복잡한 것으로 레이저와 가공 대상물질의 많은 특성에 따라 다르다. 이러한 레이저 어블레이션 원리를 이용한 미세 패턴 리페어링의 핵심 기술은 열손상과 비산 효과를 최소화 할 수 있도록 광학계를 구성하는 것이다. 아래의 사진은 유기EL 레이저 리페어링기와 그 가공 사진의 예이다. 본 설비를 통한 최소 가공선폭은 2  $\mu\text{m}$  이며 다층막에 대한 가공이 가능하다.

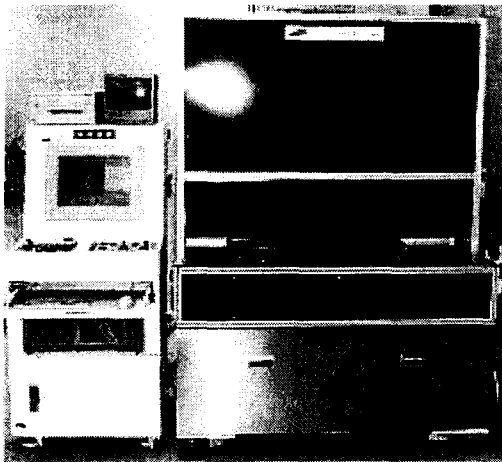


그림. 유기EL 레이저 리페어링 장치

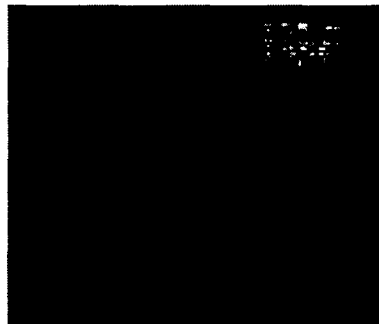


그림. 리페어링 가공의 예

## II- 3. 레이저 미세 패터닝 장치

### 기술의 소개

디스플레이 제조공정상 여러종류의 막을 형성한 후 패터닝하는 공정이 필수적이다. 그러나 이러한 패터닝 공정은 Wet 공정으로 공정운영상 불리한 점들이 많다. 레이저빔에 의한 패터닝은 이러한 박막의 패터닝 공정에 활용이 가능한 기술로서 현재 국부적인 패터닝이나 Wet 공정이 불가능한 공정상에서 응용되고 있다. Color Filter의 경우 RGB의 형광막을 형성하는데 레이저 패터닝 기술을 사용되며, PDP의 경우 Wet 공정이 어려운 전극의 국부적인 패터닝에 활용된다. 또한 Non-Glass 디스플레이 소자의 ITO 패터닝에 활용가능성이 크다. 특히 Color Filter의 경우 RGB의 형광막 형성사용되는 전사법은 아래 그림과 같이 Laser를 이용하여 Film에 도포된 안료를 가열하여 유리 기판에 전사시키는 방식으로 Dry Process 이다.

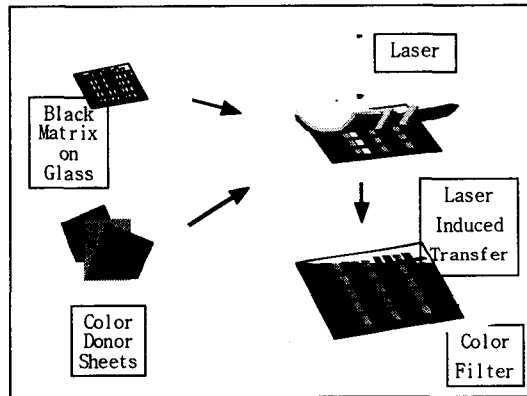


그림. Color Filter 전사법의 공정 이해도

### 설비의 구성

레이저 패터닝 장치는 레이저빔의 이송방식에 따라 스테이지를 이송하는 방식과 갈바노미터를 이용하여 레이저빔을 이송하는 방식으로 구분되며, 제품이 대형화되면서 이들의 두가지 방법을 혼합한 방식이 사용되기도 한다. 또한 가공되는 선폭에 따라 레이저의 선정과 레이저 빔의 전송방식이 결정된다. 아래그림은 대표적인 레이저 패터닝 장치의 기본 구조를 보여 준다.

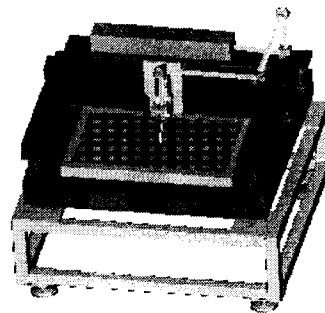


그림. 레이저 미세 패터닝 장치

### 설비의 성능

현재 사용되는 레이저 패터닝 기술은 주로 디스플레이 기관의 회로배선의 패터닝에 많이 이용되며 아래의 그림은 각각 PDP의 Ag 전극과 입력장치의 ITO 패터닝의 예를 보여준다.

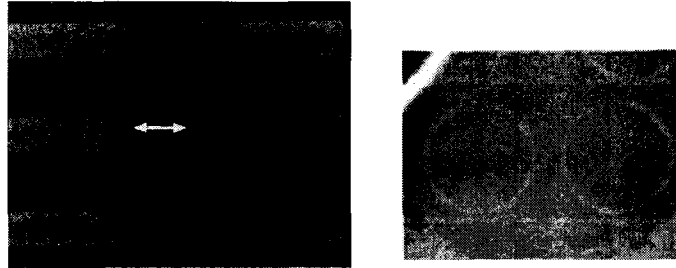


그림. 레이저 미세 패터닝의 예

## II- 4. 레이저 유리 절단 장치

### 기술의 소개

평판 디스플레이 산업의 발전으로 대형의 원판 유리에 여러 셀(Cell)의 디스플레이 소자를 형성한 후 이를 최종적으로 절단하여 제품을 완성하는 공정에 고품위 유리절단 공법이 요구되고 있다. 기존의 다이아몬드 휠에 의한 절단 방법에 비하여 레이저 유리절단 기술은 레이저빔을 이용하여 한번에 유리를 완전 절단하고 또한 절단면에 잔류하는 크랙이 없어 이후에 추가적인 공정이 필요하지 않고 유리 파편의 생성이 없다. 이러한 장점으로 인하여 세계적으로 여러 업체에서 본 기술의 개발을 추진하고 있으며, 이는 TFT-LCD, PDP, 유기EL등의 평판 디스플레이 산업에 곧 적용될 것으로 예상된다.

레이저 유리절단 기술이란 레이저빔의 조사에 의해 유리 표면의 온도를 올린 후에 연속적으로 유리 표면을 냉각하면서 생기는 온도차로 인하여 Thermal shock현상을 발생시켜, 이로 인해 유발된 인장응력으로 유리에 크랙을 생성시키고 장치의 이송과 함께 생성된 크랙이 전파되도록 하는 기술을 말한다.

### 설비의 구성

레이저 유리절단 장치의 구성은 아래의 그림과 같이 CO<sub>2</sub> 레이저와 위에서 언급한 응력구배를 형성할 수 있는 특수한 광학계와 국부적인 냉각장치로 구성된다. 특히 레이저빔의 형상과 국부적 냉각장치의 냉각성능이 설비의 성능에 중요한 파라미터로 작용된다. 아래의 설비 사진은 Color Filter의 절단에 사용되는 레이저 유리절단 장치이다.

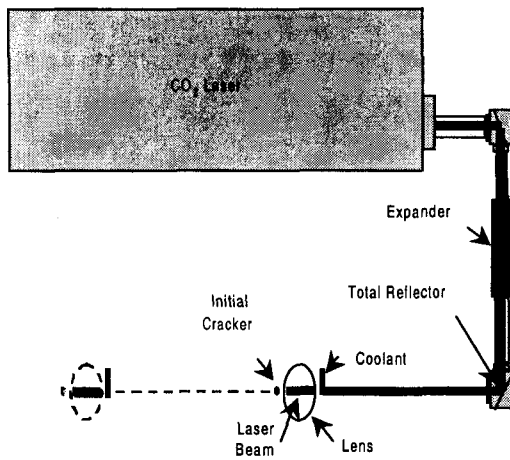


그림. 레이저 유리절단 장치 모식도

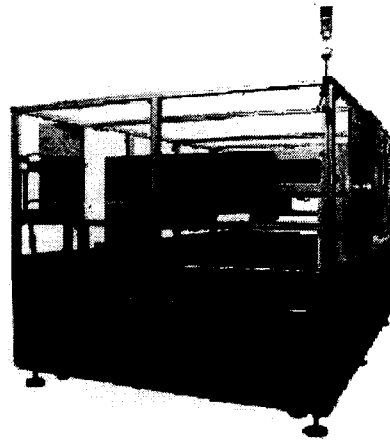


그림. 레이저 유리절단 장치

### 설비의 성능

레이저 유리절단은 완전절단 방식과 스크라이빙에 의한 절단 방식으로 구분이 되는데 이러한 방식은 적용되는 유리의 가공상태와 성질등에 의하여 좌우된다. 일반적으로 완전절단 방식의 경우 50 ~ 100 mm/sec의 속도로 절단되며 스크라이빙 방식의 경우 100 ~ 300 mm/sec의 속도로 절단된다. 아래의 사진은 레이저 유리절단된 샘플로서 절단정도와 절단면의 오염상태가 매우 양호함을 알 수 있다.

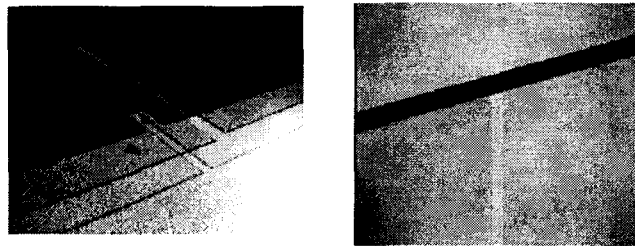


그림. 레이저 유리절단 예

## II- 5. 레이저 어닐링 장치

### 기술의 소개

최근 평판디스플레이 시장 환경이 디지털화 및 고속 동영상 구현이 가능한 모바일화가 급진전되면서 Full Color 동영상 구현을 위한 차세대 디스플레이에 대한 시장의 수요가 점차 늘어나고 있으며 이를 위해 디스플레이 업계에서는 TFT-LCD, 유기 EL 등의 제품 개발에 주력하고 있다. 그중에서도 a-Si TFT-LCD의 품질을 개선하기 위한 poly-Si TFT-LCD 및 AM(Active Matrix) 방식의 유기EL 등이 그 대안으로서 개발되고 있다. 이러한 소자의 제조를 위해서는 비정질 실리콘을 다결정(polycrystallization) 실리콘으로 표면의 물성을 변화시켜 주는 공정이 필요하다. 다결정 실리콘은 기존 비정질 실리콘에 비해 High Pixel Density 회로구

현으로 고해상도 디스플레이 가능하며, High Mobility 구현으로 고속의 동영상 및 데이터 처리가 가능하다. 또한 구동IC를 유리기판 위에 실장해 경박단소화가 가능하다. 본 공정을 구현하기 위해서는 엑시머 레이저(Eximer laser)를 이용한 레이저 어닐링 장비가 필요하다.

### 설비의 구성

설비는 크게 레이저, 광학계, 진공 챔버의 3가지로 구성되어 있다. 레이저는 308nm의 파장을 내는 XeCl Excimer 레이저가 사용되며, 광학계는 라인형태의 빔을 만드는 렌즈들로 구성되어 있다. 진공 챔버는 글라스 카세트를 보관하는 Loading Chamber, 실제로 어닐링 프로세스가 진행되는 Anneal Chamber, 카세트로부터 글라스를 Anneal Chamber로 이송하는 Transfer Chamber, 어닐링후 기판을 냉각시키기 위한 Cooling Chamber로 구성되어 있다.

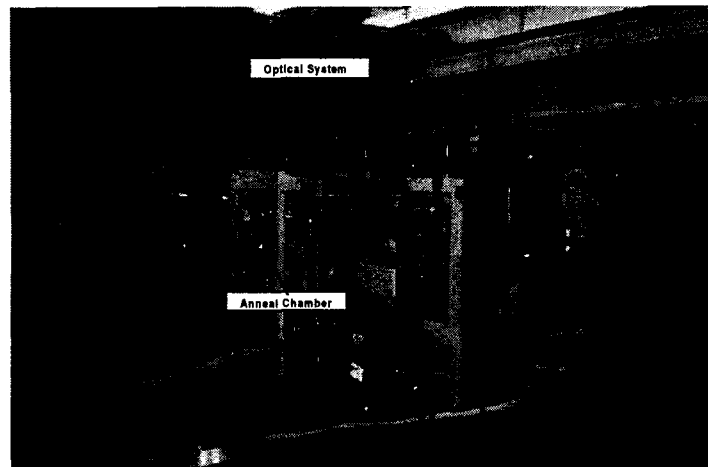


그림. 레이저 어닐링 장치

### 설비의 성능

아래 그림은 라인빔을 형성하여 대형의 기판을 어닐링하는 공정의 모식도를 나타내고 있다. 이때 라인빔의 형상 및 균일도가 매우 중요한 인자로서 단축의 빔외각 Steepness가 100  $\mu\text{m}$  이하이고, Homogeneity 장단축 모두  $\pm 3\%$  이어야 한다. 또한 레이저의 파워와 펄스 조건은 생성되는 p-Si의 그레인의 크기와 결정성에 많은 영향을 준다.

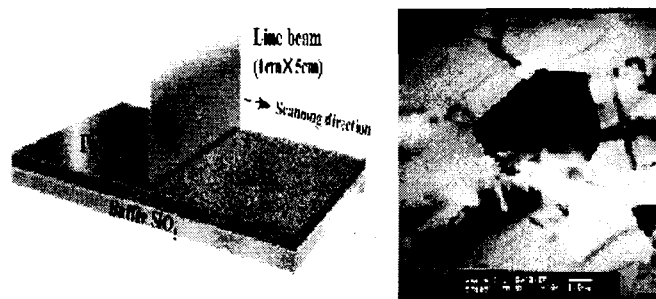


그림. 레이저 어닐링 공정 모식도      그림. 어닐링된 p-Si의 예



### III. 결론

고해상도, 대형화등의 고품질화되는 디스플레이 산업의 발전과 더불어 디스플레이 제조 공정의 설비에 대한 요구사항도 더욱 고품격화되고 있다. 이에 레이저 가공기술은 레이저빔이 가지고 있는 장점인 에너지의 고밀도화, 미세화, 비접촉식, 표면열원등의 특성으로 인하여 디스플레이 제조 공정에 많이 응용되고 있다.

레이저 타이틀링 장치, 레이저 유리절단 장치, 레이저 리페어링 장치, 레이저 미세 패터닝 장치, 레이저 어닐링 장치등은 현재 디스플레이 제조공정에서 사용되는 대표적인 레이저 응용설비이고, 향후 레이저 응용설비의 적용 분야는 점점더 확대될 것으로 예상된다.

### IV. 참고문헌

1. ICALEO 2000 Proceedings, Vol 90, Laser Institute of America
2. 김도훈, 레이저 가공학, 경문사
3. CLEO 2001, Technical Digest