

# 레이저 가열을 이용한 LCD 컬러 필터 프린팅 공정에 관한 연구

나성준\* · 이재학\*\* · 유중돈\*\*

\*한국기계연구원 나노공정그룹

\*\*한국과학기술원 기계공학과

## A Study on LCD Color Filter Printing Process Using Localized Laser Heating

S. J. Na\*, J. H. Lee\*\* and C. D. Yoo\*\*

\*Nanoprocessing Group, Korea Institute of Machinery & Materials

\*\*Korea Advanced Institute of Science and Technology

### Abstract

A new printing process for LCD color filter is proposed in this work by using the localized laser heating, which is called laser-induced spray printing (LISP) process. The LISP is a non-contact process, which injects the ink from the donor substrate to the glass substrate by the bubble pressure induced by laser heating. The temperature distribution of the donor substrate is calculated numerically to explain the ink ejection phenomena. The composition of the ink was includes the red pigment, n-butanol, xylene, BCA and epoxy. Experiments were conducted by using the fiber laser system, and the color filter patterns were deposited successfully under the proper laser heating conditions.

**Key words** : UV laser ablation, AZ5214, SU-8, direct writing lithography

### 1. 서 론

LCD(Liquid Crystal Display)의 구조는 크게 TFT(Thin Film Transistor) 기판과

컬러필터(color filter) 기판 및 두 기판 사이에 채워진 액정으로 구성되며, 컬러필터는 액정을 통과한 백색광을 적(R), 녹(G), 청(B)의 삼원색으로 변환한다<sup>1,2)</sup>. 컬러필터 제작 공정으로 안료 분산법(pigment dispersed

method), 잉크젯 프린팅(inkjet printing), 스크린 프린팅(screen printing), LITI(Laser Induced Thermal Imaging) 등이 있다.

안료분산법은 안료가 분산된 감광성수지(photoresist)와 포토리소그래피(photolithography) 공정을 사용하여 RGB의 컬러층을 형성한다. 이 방법은 정밀도가 높아서 널리 사용되고 있지만, 재료의 손실이 많고 공정수가 많아 생산성이 낮다<sup>3,4)</sup>. 잉크젯 프린팅 방법은 기존의 잉크젯 방법을 이용한 방법으로 BM(Black Matrix)으로 인해 구분된 각 서브픽셀(sub-pixel)에 잉크 방울을 분사하여 컬러층을 형성한다. 이 방법은 공정수가 적고 비 접촉식으로 재료 손실이 적다는 장점이 있지만, 안료를 사용하는 경우 노즐이 막히는 현상(nozzle clogging)이 발생기 때문에 염료(dye)를 사용해야 하고 생산성이 낮다<sup>5,6)</sup>. 스크린 프린팅 공정은 생산성이 높고 저렴하지만, 정밀한 패턴의 프린팅에는 적합하지 않다. LITI(Laser Induced Thermal Imaging)는 최근에 개발된 공정으로 컬러층을 입힌 필름(donor film)을 유리기판에 접촉시킨 상태에서 레이저로 필름을 가열하여 컬러 패턴을 유리기판에 프린팅한다. 이 방법은 공정이 단순하고 생산성이 높은 장점이 있다<sup>7)</sup>.

본 연구에서는 LCD의 컬러필터를 효율적으로 프린팅하기 위하여 레이저 가열을 이용하여 잉크를 스프레이 형태로 분사시키는 LISP(Laser Induced Thermal Spray Printing) 공정을 제안하였고, 해석과 실험을 통하여 LISP 공정의 타당성을 검증하였다. LISP 공정은 기포를 발생시켜 잉크를 분사시키기 때문에 잉크젯 방법과 유사하지만, 분사기판을 사용하고 레이저로 가열하기 때문에 잉크젯 방법에 비해 생산성이 높고 노즐이 막히지 않고 균일한 패턴을 프린트할 수 있는 장점이 있다.

## 2. LISP 공정의 원리 및 열해석

### 2.1 LISP 공정의 원리

Fig. 1은 LISP공정을 설명하기 위한 개략도로서, 분사기판(donor substrate)의 홈에 잉크를 채우고 분사기판을 유리기판에 정렬시킨 상태에서 분사기판의 뒷면에 레이저를 조사한다. 레이저에 의해 급속히 가열된 잉크의 내부에서 기포가 발생하며, 기포의 압력에 의해 잉크가 유리기판으로 분사되어 컬러필터의 패턴을 프린팅한다. 그러므로 LISP 공정은 기포의 압력에 의해 잉크를 분사시키는 점에서 잉크젯과 동일하다. 그러나 재사용이 가능한 분사기판을 사용하기 때문에 정밀한 구동장치가 필요하지 않고, 노즐이 막히는 문제점이 없다. 또한, 열원으로 레이저를 이용하여 가열하기 때문에 고속 프린팅에 적합하다<sup>8)</sup>.

가열에 의해 잉크 내부에서 기포가 발생하는 기구(mechanism)는 균질 핵생성(homogeneous nucleation)과 이질 핵생성(heterogeneous nucleation)으로 분류할 수 있다<sup>9)</sup>. LISP 공정의 경우에는 잉크가 채워진 홈의 표면에 형성된 공동(cavity)에서 기포가 발생하므로 이질 핵생성으로 판단되며, 이 경우에 기포가 생성되는 온도와 공동의 크기 사이의 관계는 Clausius-Clapeyron식으로 다음과 같이 표현된다<sup>10)</sup>.

$$\Delta T = T_w - T_{sat} = \frac{4 \cdot \sigma \cdot T_{sat}}{\rho_v \cdot h_{fg} \cdot D_c} \quad (1)$$

$$D_c = \sqrt{4A_c / \pi}$$

여기서  $T_w$ 는 경계면의 온도,  $T_{sat}$ 는 액체의 포화 온도,  $D_c$ 와  $A_c$ 는 공동의 직경과 입구면적,  $\sigma$ 와  $\rho_v$ 는 액체의 표면장력과 밀도,  $h_{fg}$ 는 증발 잠열을 나타낸다.

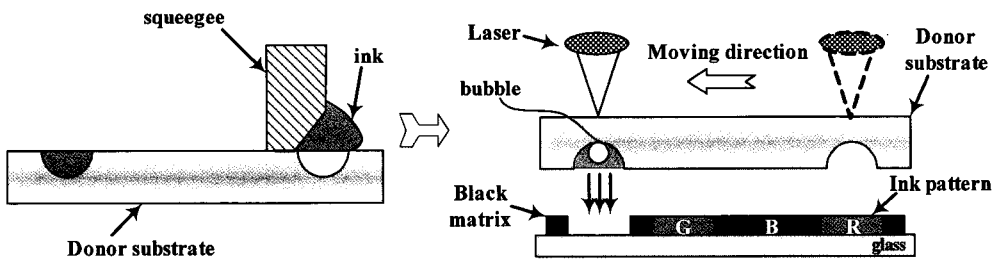


Fig. 1 Schematic diagram of LISP process

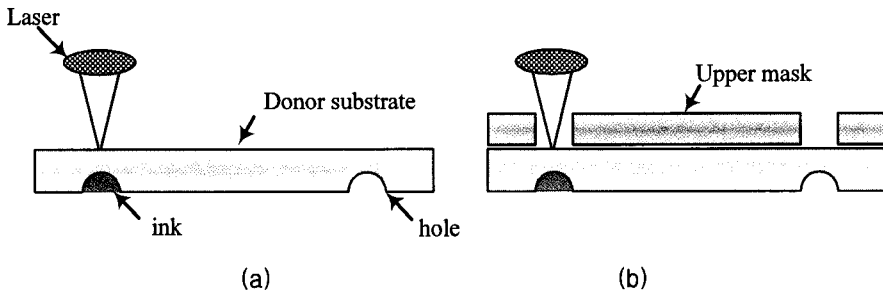


Fig. 2 Schematic diagram of donor substrate system: (a) half etching donor substrate (b) upper mask donor substrate

## 2.2 열 해석

LISP 공정에서 기포에 의해 잉크가 분사되고, 기포의 발생은 분사기판의 온도 분포에 의해 결정된다. 레이저 출력과 이송 속도가 분사기판의 온도에 미치는 영향을 분석하기 위하여 유한요소법(Finite Element Method)을 이용하여 분사기판의 온도 분포를 계산하였다. 해석에 사용한 분사기판의 형상을 Fig. 2에 나타내었으며, 홈이 가공된 분사기판을 사용하는 경우(Fig. 2(a))와 홈 부위만 가열하기 위하여 분사기판 위에 마스크를 설치한 경우(Fig. 2(b))에 대하여 열 해석을 수행하였다. 마스크를 사용하면 레이저가 분사기판 홈 부위만 가열하므로 기판의 열변형을 방지할 수 있는 장점이 있다.

열 해석을 위하여 상용 ABAQUS 프로그램을 사용하였으며, Fig. 3에 보인 바와 같이 분사기판을 모델링하였다. 분사기판의 홈 주위와 레이저의 이동 경로는 조밀하게

나누었으며, 홈은 사면체 요소를 이용하고 기타의 부분은 육면체 요소를 사용하였다. 계산에 사용된 분사기판 홈은 반구형으로 홈의 직경과 깊이는 0.2mm와 0.1mm이며, 기판 두께의 영향을 분석하기 위하여 두께 0.2mm와 0.15mm에 대한 열 해석을 수행하였다. 두께 0.15mm와 0.2mm인 분사기판의 요소(element) 개수는 각각 16291, 26912이다. 경계조건으로 분사기판의 상면과 하면은 자연 대류 열전달 조건, 분사기판의 측면은 상온(25°C)의 등온 조건을 설정하였다. 레이저의 열원은 2-D Gaussian 열원을 사용하였으며, 레이저의 출력밀도는 다음과

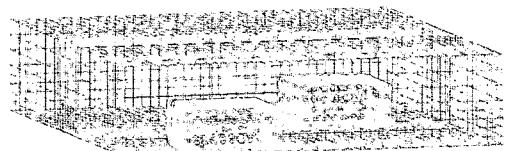


Fig. 3 Finite element modeling of donor substrate (wire frame)

같다<sup>11)</sup>.

$$I(r) = I(x, y) = 2 \frac{a \cdot P}{\pi \cdot r_b^2} \exp\left(-2 \frac{r^2}{r_b^2}\right) \quad (2)$$

이때,  $a$ 는 레이저 흡수율,  $P$ 는 레이저 출력,  $r_b$ 는 레이저 집속 반경(spot radius)를 나타낸다.

### 3. 실험

#### 3.1 컬러필터용 잉크

LISP 공정에 적합한 컬러필터용 잉크를 착색제(colorant), 지지체, 용매(solvent)를 혼합하여 제조하였다. 착색제는 크게 염료와 안료로 구분되며, 염료는 용매나 지지체에 용해되고 투과성이 우수하지만 내열성이 약해 LCD 공정에는 사용하기 곤란하다. 안료는 유기 용제에 녹지 않는 분말상의 착색제로서 내열성이 좋지만, 투과성이 좋지 않기 때문에 안료 입자의 크기를 줄이는 연구가 활발히 진행되고 있다<sup>12,13)</sup>. 본 연구에서는 컬러필터용으로 많이 사용되는 적색 유기 안료(Red 254, Ciba사)를 사용하였다.

지지체는 착색제를 컬러필터의 유리패널에 접착시키는 역할을 하며 본 연구에서는

내열성과 접착성능이 우수한 Bisphenol A형 에폭시(epoxy)를 사용하였다. 에폭시의 경화제로서 polyamide계열 경화제를 사용하였으며 가사시간이 길어 컬러필터 제조 공정에 적합하다.

용매의 선정시 고려할 사항으로 용해성, 끓는점, 점도 등을 들 수 있으며 본 연구에서는 자일렌(xylene), 부탄올(butanol), 2-(2-Butoxyethoxy)ethyl acetate(BCA)의 3가지 용매를 혼합하여 사용하였다. 자일렌은 용해성이 좋기 때문에 에폭시의 용해에 이용된다. 부탄올은 끓는점이 117.7°C로서 분사기판에서 잉크를 분사시키는 기포를 발생시키는 역할을 한다. 자일렌과 부탄올은 증발율이 높아 잉크의 조성이 불균일하게 변화할 수 있기 때문에 증발을 억제하기 위하여 비점이 높은 BCA를 혼합하였다.

LISP용 잉크를 제조하기 위하여 에폭시와 자일렌과 부탄올을 질량비 2:1:1의 비율로 혼합하였으며, 경화제를 에폭시 질량의 1/4을 첨가하였다. 에폭시를 원활하게 용해시키기 위하여 50°C의 물에 중탕하고 교반기(stirrer)를 이용하여 혼합하였다. 부탄올과 고비점 용매인 BCA를 추가하고, 착색제를 전체 잉크 용량의 5wt%가량 혼합하여 잉크를 제조하였다. 실험에 사용된 잉크의 조성은 에폭시 24%, 경화제 6%, 부탄올 30%, BCA 30%, 자일렌 5%, 안료 5% 이다.

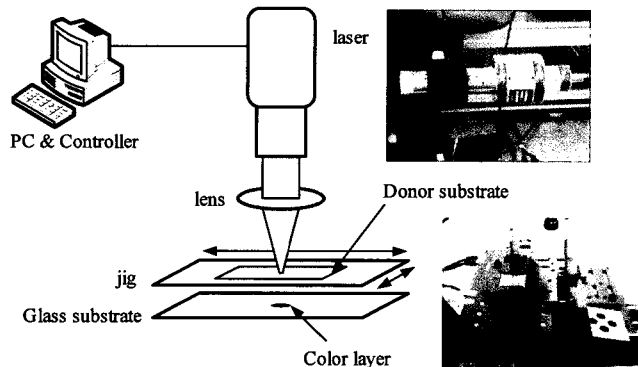


Fig. 4 Schematic diagram of experiment

### 3.2 잉크 분사 실험

Fig. 4는 실험 장치를 나타내며, 실험 장치는 CW 타입 Ytterbium fiber 레이저, XY 테이블, 분사기판 및 지그(jig)로 구성된다. 레이저의 최대 출력은 100W이고 spot 직경은 약  $66\mu\text{m}$ 이다. 분사기판과 상부 마스크의 크기는  $30\times 30\text{mm}$ 이며, STS 304 박판을 에칭(etching)공정으로 홈을 가공하였다. 홈간의 피치(pitch)는 1.05mm이고 홈의 직경과 깊이는 0.3mm와 0.1mm이다.

스크린 프린팅 공정을 이용하여 분사기판의 홈에 잉크를 채우고 분사기판을 지그에 장착시킨 후 레이저를 이동시키면서 조사하였다. 분사기판과 유리패널과의 간극은 0.5mm로 고정하였고 레이저 출력은 3~12W, 레이저 이송속도는 10~30mm/s 범위에서 실험을 수행하였다.

### 4. 결과 및 고찰

#### 4.1 분사 실험 결과

잉크 분사 실험은 레이저를 분사기판에 직접 조사하는 경우와 마스크를 사용하는 경우에 대하여 수행하였으며, 레이저 출력과 이송 속도가 분사된 잉크 패턴에 미치는 영향을 분석하였다. Fig. 5는 마스크를 사용하지 않고 레이저를 두께 0.2mm인 분사기판에 직접 조사한 결과를 나타낸다. 디지털 카메라와 광학 현미경을 이용하여 유리기판에 분사된 잉크 패턴을 관찰한 결과로부터 레이저의 이송속도가 10~20mm/s이고 레이저 출력이 4~6W인 범위에서 잉크는 하나의 용적(drop)으로 이행되는 스프레이(spray)모드로 분사되어 비산물이 적어 패턴이 양호하였다. 레이저의 출력이 4W이고 이송속

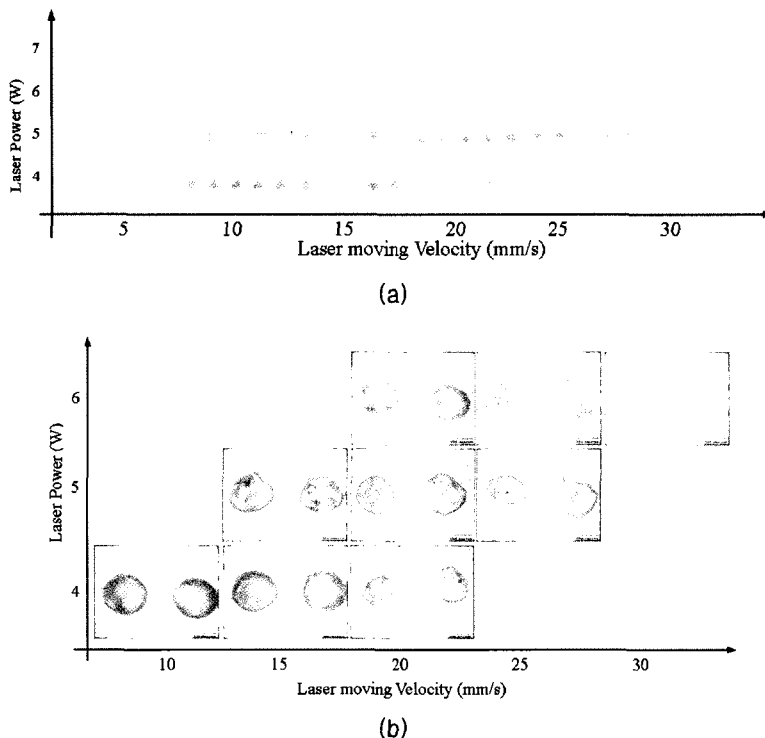


Fig. 5 Mapping of ink pattern with 0.2mm thickness donor substrate using (a) digital camera (b) optical microscope (x120)

도가 5mm/s로 낮은 경우 열입력이 커서 잉크는 높은 기포 압력에 의해 비산되는 burst 모드로 분사되므로 패턴의 형성이 불가능하다. 동일한 레이저 출력에서 이송속도를 10~20mm/s로 증가시키면 잉크는 스프레이 모드로 분사되어 잉크 패턴의 품질이 향상된다. 이와 같은 이송속도의 범위에서는 레이저 출력을 증가시켜도 유사한 품질의 패턴을 얻을 수 있었다. 이송속도를 25mm/s 이상으로 증가시킨 경우에 잉크 패턴의 품질이 저하되며 30mm/s의 경우에는 레이저 출력을 증가시켜도 잉크 패턴의 품질은 향상되지 않는다.

실험 결과로부터 레이저의 열입력(=레이저 출력/이송속도)이 유사한 경우에도 잉크 패턴의 품질이 동일하지 않음을 알 수 있다. 즉, 열입력이 유사한 경우에도 적절한 이송속도를 사용하여야 양호한 잉크 패턴을 얻을 수 있다. 이와 같은 현상은 기포의 발생과 연관되어 있으며, 이를 정량적으로 분석하려면 열해석이 필요하다. Fig. 5(b)의 잉크 패턴에서 주 용적(main drop)의 주변에 미세한 잉크 입자가 비산된 것을 관찰할 수 있으며, 이는 잉크 성분에 포함된 부탄올의 증발에 의해 발생하며 분사기판의 아래에 마스크를 설치하여 제거할 수 있다.

분사기판의 상부에 마스크를 설치하여 레이저가 분사기판의 홈 주위만을 가열하는 경우의 잉크 패턴을 Fig. 6에 나타내었다. 레이저 이송속도가 10와 15mm/s인 경우 레이저 출력을 증가시켜도 잉크가 스프레이 모드로 분사되므로 주 용적 주위에 비산물이 적어 양호한 잉크 패턴을 얻을 수 있다. 일반적으로 마스크를 사용하면 burst 모드로 분사되지 않으며 이는 레이저가 분사기판의 홈 주위만 가열하여 열이력(thermal history)에 영향을 받지 않기 때문인 것으로 판단된다. 레이저 출력이 4W이고 레이저 이송속도가 20mm/s 이상인 조건에서는 열입력이 낮아서 잉크가 분사되지 않는다. 이와 같이 이송속도가 높은 경우에는 레이저 출력을 증가시켜도 양호한 패턴을 얻을 수 없으며, 이는 잉크 내부에 기포가 충분히 형성되려면 일정한 가열시간이 필요함을 의미한다. 실험 결과로부터 마스크를 사용하는 경우에는 넓은 출력범위에서 잉크 패턴을 형성할 수 있지만, 이송속도를 감소시켜 분사기판의 잉크를 일정시간 가열하여야 한다.

## 4.2 열해석 결과

열해석은 실험 결과를 해석하고 분사 현

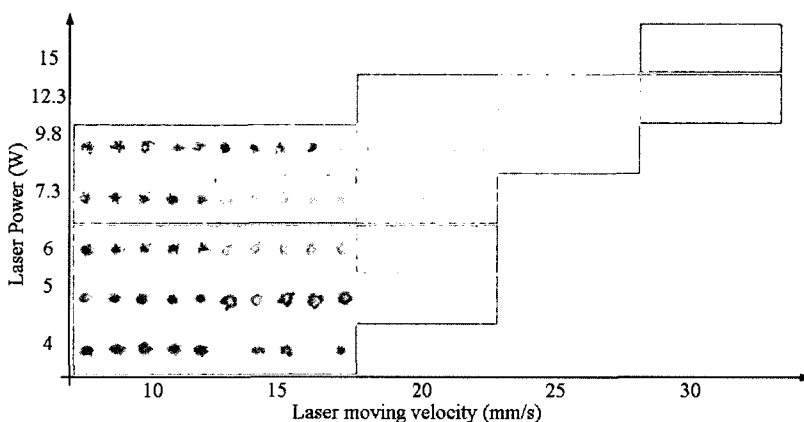


Fig. 6 Mapping of ink pattern of upper mask donor substrate

상을 이해하는데 매우 유용하다. 기포는 저비점 용매인 부탄올에 의해 분사기판 흡 표면에 존재하는 공동에서 생성되므로 식(1)에 부탄올의 물성치를 이용하여 기포가 발생하는 온도를 계산하였다. 분사기판 흡 표면의 공동의 직경( $D_c$ )을 SEM 사진을 이용하여 측정하였고 평균값은  $1.19 \mu\text{m}$ 이다. 부탄올의 물성치인 밀도( $8.03\text{kg/m}^3$ ), 표면장력( $23.8\text{dyne/m}$ ), 증발 잠열( $581\text{kJ/kg}$ )을 이용하여 계산한 기포 발생 온도  $T_w$ 는  $122^\circ\text{C}$ 이다. 그러므로 레이저에 의해 분사기판 흡이 가열되고 흡의 표면 온도가  $122^\circ\text{C}$  이상 증가하면 기포가 발생한다.

열해석은 분사기판의 재질인 STS304의 물성치를 이용하여 온도를 계산하였으며 분사기판의 레이저 흡수율은 0.37이다[14]. 해석에 사용한 레이저 출력과 이송속도의 범위는 2~12W와 10~30mm/s이며 순간 열원(instantaneous heat source)을 사용하여 이동 열원을 고려하였다.

Fig. 7은 두께 0.2mm인 분사기판에 레이저를 조사하는 경우에 레이저 출력과 이송 속도에 따른 분사기판의 온도분포 해석 결

과를 나타낸다. 분사기판의 윗면에서 레이저가 집중되는 위치의 온도는  $1000\sim 1700^\circ\text{C}$ 로 매우 높고 분사기판의 내부 온도는 열전달에 의해 감소하며 그림에 잉크의 기포 발생 온도인  $122^\circ\text{C}$ 의 등온선을 표시하였다. 레이저 출력이 4W로 낮고 이송속도가 낮은 10mm/s인 조건에서 분사기판 흡의 측면 중간 부분에서 분사 온도인  $122^\circ\text{C}$ 에 도달한다. 이송속도를 증가시키면 분사 온도에 도달하는 위치는 흡의 상부로 이동한다. 레이저 출력을 5W로 증가시키면 유사한 경향을 나타내지만 10mm/s의 낮은 이송속도에서는 흡의 측면에서 분사 온도에 도달한다. 이와 같은 현상은 레이저 출력이 6W인 경우에 더욱 현저하다. 레이저 출력이 높고 이송속도가 낮으면 흡의 측면에서 가열이 시작되므로 기포가 측면에서 발생하여 잉크의 분사가 불균일하고 분사각도가 수직 방향에서 벗어나게 된다. 또한, 레이저 출력이 너무 낮거나 이송속도가 빠른 경우에는 흡의 상부가 분사 온도에 도달하지 못할 수도 있다. 이와 같은 가열 조건에 따른 분사 패턴의 해석 결과는 실험 결과와 일치한다. 그러므

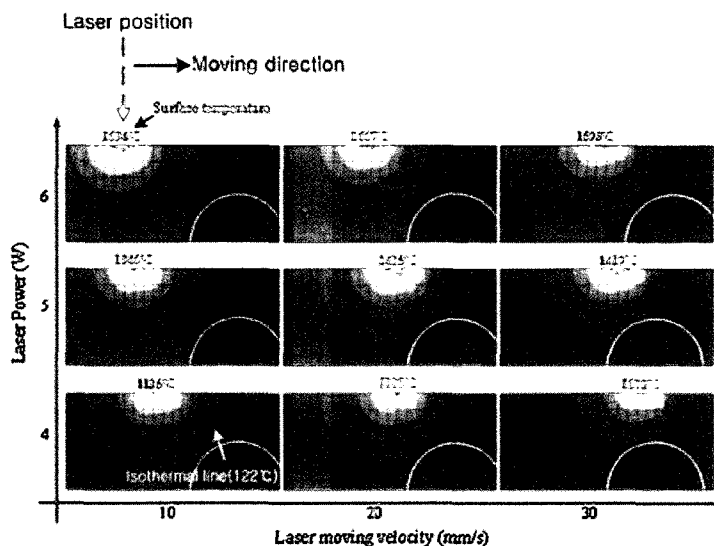


Fig. 7 Mapping of temperature distribution analysis of half etching donor substrate (thickness: 0.2mm)

로 잉크를 기판의 수직 방향으로 균일하게 분사시키려면 흡의 상부를 분사온도로 충분히 가열할 수 있는 조건을 사용하여야 한다. 레이저가 조사되는 분사기판의 상부 표면에서는 온도가 STS304의 용융온도인  $1450^{\circ}\text{C}$  보다 높기 때문에 분사기판의 표면이 손상되거나 열변형이 발생할 수 있다.

분사기판의 상부에 마스크를 설치하여 분사기판의 흡 부위만 가열하는 경우에 대한 열 해석 결과를 Fig. 8에 나타내었으며 계산에 사용된 레이저 출력은 6W이고 이송속도는  $10\sim 30\text{mm/s}$ 이다. 레이저가 분사기판의 흡 부위만 가열하기 때문에 마스크를 사용하지 않은 Fig. 7의 결과와 달리 흡의 측면이 가열되지 않고 흡의 상부만 가열되며 이와 같은 경향은 이송속도와 무관하다. 그러므로 마스크를 사용하면 균일한 잉크 패턴을 얻을 수 있을 것으로 판단된다. 마스크를 사용하는 경우에도 레이저의 초점 위치에서 분사기판의 온도는  $1500^{\circ}\text{C}$  이상으로 매우 높기 때문에 분사기판의 표면이 손상되거나 열변형이 발생할 수 있다.

집중된 레이저에 의한 기판의 손상을 방지하는 방법으로 defocusing된 레이저 빔 또는 두께가 얇은 기판을 사용할 수 있다. Fig. 9는 두께  $0.15\text{mm}$ 인 분사기판을 사용하는 경우에 대한 열 해석 결과를 나타낸다. 기판의 두께가 감소하면 두께 방향의 열전달이 빠르게 발생하므로 레이저 출력을  $2\sim 3\text{W}$ 로 감소시킬 수 있으므로 잉크가 분사되는 적절한 조건에서 기판 상부의 온도를  $800^{\circ}\text{C}$  이하로 감소시킬 수 있으므로 기판의

손상을 방지할 수 있을 것으로 판단된다.

레이저 가열에 의해 잉크의 온도가 분사온도에 도달하면 기포가 발생하지만, 충분한 압력이 발생하려면 기포가 성장하는 시간이 필요하다. 이는 레이저 출력과 이송속도가 빠른 조건에서 잉크가 분사되지 않는 실험 결과에서도 확인되었다. 이와 같은 현상을 분석하기 위하여 분사기판 흡의 온도 변화를 계산하였다. Fig. 10은 시간에 따라 변화하는 분사기판 흡의 상부 끝단에서의 온도를 계산한 결과를 나타내며 실험을 통하여 잉크가 분사되는 조건을 실선으로 표시하였다. 레이저 출력이 감소하고 이송속도가 증가할수록 분사기판 흡의 상부 온도가 잉크의 분사온도 이상으로 지속되는 시간은 감소한다. 실험 결과로부터 잉크의 분사에 필요한 지속시간은 대략  $10\text{ms}$ 이며 분사기판 흡의 온도가 분사온도 이상으로 증가하더라도 지속시간이  $10\text{ms}$  보다 짧으면 제대로 분사가 이루어지지 않음을 알 수 있다. 마스크가 없는 두께  $0.2\text{mm}$ 인 분사기판의 경우(Fig. 10(a))와 마스크를 사용하는 분사기판의 경우(Fig. 10(b))를 비교하면, 마스크를 사용하지 않는 경우에 분사온도 이상으로 유지되는 시간이 증가하며 이는 레이저에 의해 분사기판이 예열되기 때문이다. 마스크를 사용하는 경우에는 이송속도가  $10\text{mm/s}$ 로 낮은 조건에서 분사온도의 유지 시간이  $15\text{ms}$  이상으로 충분히 길다. 이송속도를 증가시키면서 충분한 유지시간을 얻으려면 레이저 출력을 증가시켜야 하지만 이 경우에는 기판이 과열되어 파손될 수 있다.

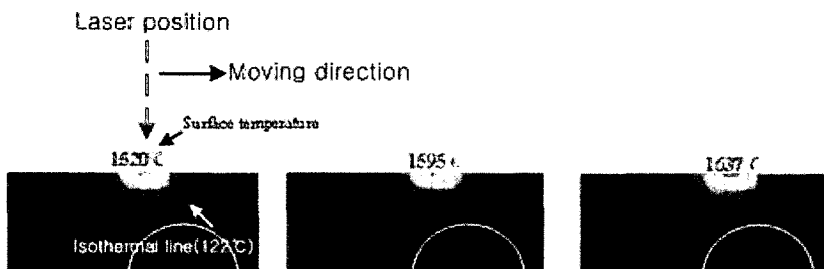


Fig. 8 Temperature distribution of upper mask donor substrate (thickness:  $0.2\text{mm}$ ) at 6W



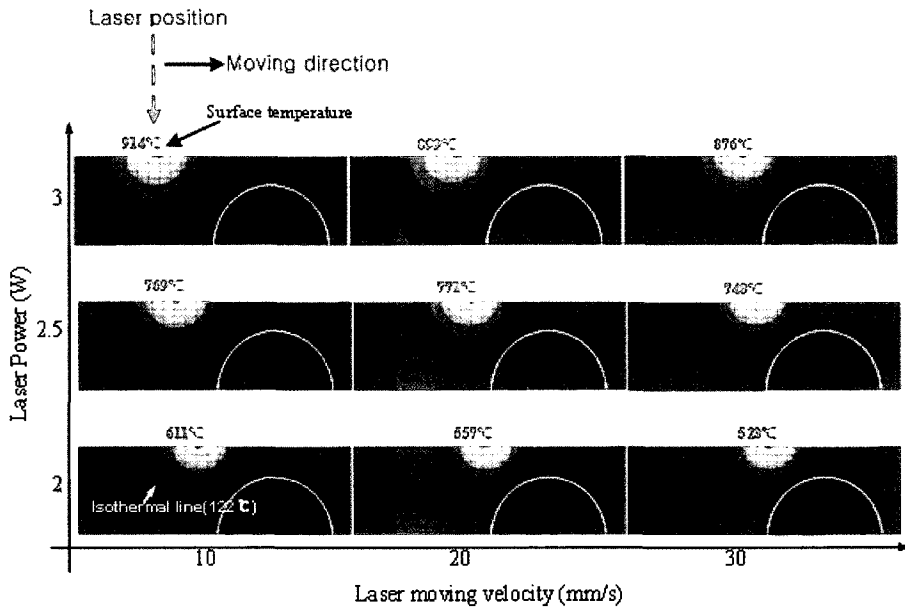


Fig. 9 Mapping of temperature distribution analysis of half etching donor substrate (thickness: 0.15mm)

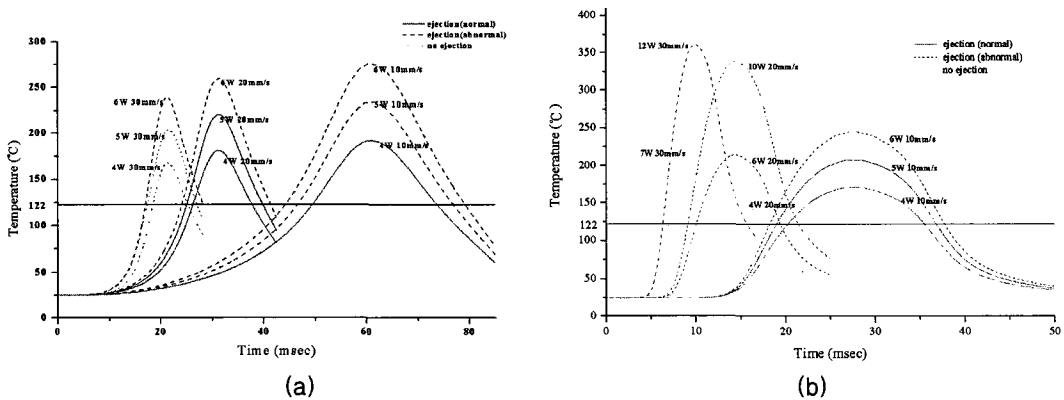


Fig. 10 Calculated temperature profile at top of hole: (a) Donor substrate without mask (b) Masked donor substrate

## 5. 결 론

LCD 기판의 컬러필터를 프린트하기 위하여 LISP 공정을 제안하고, 열해석과 실험을 통하여 공정의 타당성을 검증하였다. 연구 결과를 요약하면 다음과 같다.

(1) 레이저 가열에 의해 분사되는 LCD 컬러필터용 잉크를 착색제, 에폭시 및 용매

를 혼합하여 제조하였으며, LISP 공정을 이용하여 컬러필터를 프린팅하였다. 양호한 컬러필터 패턴을 프린팅할 수 있는 레이저 출력과 이송속도를 실험적으로 구했으며, 마스크를 이용하면 분사기판의 홈 주변만 선택적으로 가열하여 컬러필터를 프린팅할 수 있고 레이저에 의한 분사 기판의 변형 및 손상을 줄일 수 있다.

(2) 열 해석을 통하여 분사기판의 온도 분포를 계산하였으며, 계산 결과를 이용하여 잉크가 분사되는 거동을 설명하였다. 계산 결과로부터 분사기판 홈의 상부가 잉크의 분사온도인 122°C 이상으로 가열되는 조건에서 잉크가 양호하게 분사되며, 실험결과와의 비교를 통하여 얻은 잉크의 가열 지속시간이 10ms 이상이다.

(3) 가열 지속시간에 의해 레이저 이송속도는 최대 30mm/s로 제한되지만 레이저 스캐닝 또는 스트립형 레이저(strip type laser)를 이용하여 생산성을 향상시킬 수 있을 것으로 판단된다. 실험을 통해 직경이 약 350 ~ 500 $\mu$ m의 잉크 패턴을 얻었지만 향후 분사기판 홈의 직경을 100 $\mu$ m이하로 가공하면 패턴의 크기를 크게 줄일 수 있어 LCD 컬러필터 프린팅 공정에 적용가능 할 것으로 판단된다. 또한 LISP 공정을 이용한 컬러필터 프린팅 방법은 스크린 프린팅 공정을 통해 분사기판의 홈에 잉크를 균일하게 채우고 분사시키기 때문에 기존의 잉크젯 공정에 비해 생산성이 높고 균일한 컬러필터 패턴을 얻을 수 있다.

## 참 고 문 헌

1. Sabnis R. W., "Color filter technology for liquid crystal displays", *Displays*, Vol. 20, pp.119-129, 1999.
2. Lueder E., "The Manufacture of Thin Film Transistors and Color Filters for Flat Liquid Crystal Displays", *Materials Science Forum*, Vol. 287-288, pp.87-96, 1998.
3. Kudo T., Nanjo Y., Yamaguchi Y., Yamaguchi H., Kang W. B. and Pawlowski G., "Fabrication Process of Color Filters Using Pigmented Photoresists", *Japanese Journal of Applied Physics*, Vol. 37, pp.3594-3603, 1998.
4. Jinmei F., Yong L., Jinliang G. and Hongjin G., "Pigment-Dispersed Resists for Color Filters", *Proceedings of SPIE*, Vol. 3560, pp.116-121, 1998.
5. Koo H. S., Chen M., Pan P. C., Chou L. T., Wu F. M., Chang S. J. and Kawai T., "Fabrication and chromatic characteristics of the greenish LCD colour-filter layer with nano-particle ink using inkjet printing technique", *Displays*, Vol. 27, pp.124-129, 2006.
6. Koo H. S., Pan P.C., Kawai T., Chen M., Wu F. M, Liu Y.T. and Cheng S. J., "Physical chromaticity of colorant resist of color filter prepared by inkjet printing technology", *Appl. Phys. Lett.*, Vol. 88, 2006.
7. Wolk M. B., Baetzold J., Bellmann E., Hoffend Jr T. R., Lamansky S., Li Y., Roberts R. R., Savvateev V., Staral J. S. and Tolbert W. A., "Laser Thermal Patterning of OLED Materials", *Proceedings of SPIE*, Vol. 5519, pp. 12-23, 2004.
8. Lee J. H., Yoo C. D. and Kim Y. S., "A Laser-induced thermal spray printing process for phosphor layer deposition of PDP", *J. Micromech. Microeng.* Vol. 17, pp.258-264, 2007.
9. 이상용, 김병주, 김무환, "이상 유동 열전달", 대영사, 1993.
10. Wang C. H. and Dhir V. K., "On the Gas Entrapment and Nucleation Site Density During Pool Boiling of Saturated Water", *Transactions of the ASME*, Vol. 115, pp.670-679, 1993.
11. Chen G. and Xu X., "Experimental and 3D Finite Element Studies of CW Laser Forming of Thin Stainless Steel

- Sheets”, Transactions of the ASME, Vol. 123, pp.66-73, 2001.
12. Herbst W. and Hunger K., “Industrial Organic Pigments”, Wiley company, 2<sup>nd</sup> edition, 1993.
  13. Checker S. K., “Technology of Pigment Dyestuffs & Dye-intermediates”, Small Business Publications, 1977.
  14. Bergström D., “The Absorptance of Metallic Alloys to Nd:YAG and Nd:YLF Laser Light“, Licentiate Thesis, Luleå University of Technology, 2005.
  15. Clift R., Grace J. R. and Weber M. E., “Bubbles, Drops and Particles”, Academic Press, 1978.