# 고분자 유기 EL 제조를 위한 멀티헤드형 잉크젯 패터닝 시스템

오제훈† · 김시경* · 윤희열* · 오세일* · 강유명* · 김광일*

# Multi-head Inkjet Patterning System for Manufacturing a Full Color Polymer Light Emitting Device (pLED)

Jehoon Oh, Sikyoung Kim, Heeyoul Yoon, Seil Oh and Yoomyung Kang, Kwangil Kim

**Key Words :** Polymer Light Emitting Device (고분자 유기 EL), Inkjet Patterning (잉크젯 패터닝), Drop Stability (분사 안정성)

**Abstract**

According to the increase of lifetime and efficiency, the interest in the pLED has dramatically increased recently because pLED can be applied to large-size and flexible displays. The core process in the manufacture of pLED is the printing process of red, green and blue light emitting polymers (LEP), and inkjet printing method is one of the promising technology to print red, green and blue LEP on glass substrates. In this work, we developed a multi-head inkjet patterning system with 3 heads for each color. The developed inkjet patterning system is composed of the precise positioning system, head controller circuit, real-time ink drop evaluation system, maintenance system, and stable ink supply system. Finally, we investigated the stability and reliability of the system by printing red, green and blue LEP on the dummy substrate.

## 1. 서 론

21 세기는 정보화 및 멀티미디어의 시대이며, 각 분야의 전문가들 뿐만 아니라 일반 대중들도 이 분야의 지속적인 발전을 예상하고 있다. 이러한 시대의 핵심 디바이스이며 디스플레이 산업의 선두주자로서 평판 디스플레이는 많은 주목을 받고 있다. 특히 저 소비전력, 빠른 응답속도, 높은 시야각과 휘도 등의 장점을 가지고 있는 유기 EL 의 비약적인 성장이 예상되고 있으며, 향후 TFT-LCD 를 대체할 수 있는 디스플레이로 각광 받고 있는 실정이다[1-3].

유기 EL 디스플레이는 사용되는 재료와 구동 방식에 따라 각각 저분자형과 고분자형, 수동형과 능동형으로 나누어 지며, 현재 수동형 저분자 유기 EL 양산화에 디스플레이 제조사들의 초점이 맞추어져 있다. 향후 기술동향은 저분자 능동형 디스플레이의 개발이 우세한 실정이나, 고분자 재료의 수명과 발광효율이 향상됨에 따라 대면적화가 용이하고 유연한 기판을 사용할 수 있는 고분자 유기 EL 의 가능성이 나날이 증가하고 있다[4-6].

저분자 유기 EL 의 경우 자발광층 (LEP: Light Emitting Polymer)인 유기박막을 증착 공정을 통하여 제조하지만, 고분자 유기 EL 의 경우는 Spin Coating 또는 잉크젯 패터닝 등의 방법으로 자발광층을 형성한다. 잉크젯 패터닝 기술은 원하는 위치에 미세한 Ink drop 을 분사하여 기판 위에 원하는 패턴을 직접 형성하는 기술로서 고분자 유기 EL 의 핵심 공정인 R, G, B LEP (Light Emitting Polymer) 패터닝에 적용된다. 잉크젯 패터닝은 기판 상의 원하는 위치에 패턴을 직접 형성하기 때문에 기존의 인쇄, 노광, 현상, 에칭 등의 공정을 대폭 줄일 수 있는 혁신적인 기술이며, 대형화 및 다기종 대응에 유리하다는 장점을 가지고 있어 안정적이고 신뢰성 있는 패터닝 시스템 개발에 디스플레이 제조사들의 관심이 고조되고 있는 실정이다[4-6].

† 삼성 SDI 생산기술연구소
E-mail : jehoon@samsung.com
TEL : (031)210-8032 FAX : (031)210-7967
* 삼성 SDI 생산기술연구소

고분자 유기 EL 재료의 원천기술을 보유하고 있는 CDT (Cambridge Display Technology)와 잉크젯 기술을 보유하고 있는 SEIKO-EPSON 이 제휴하여 잉크젯 패터닝 기술을 사용한 대화면용 고분자 유기 EL 디스플레이를 개발하고 있으며, 각 디스플레이 제조사들은 고분자 유기 EL 에 대한 기술우위를 선점하기 위하여 잉크젯 패터닝 기술 및 시스템을 자체적으로 개발하고 있으나 기업비밀에 해당하는 내용이라 대외적으로 발표하고 있지 않고 있다. 최근에 미국 Litrex 사에서 싱글헤드를 이용한 패터닝 시스템을 상용화 하였으나[7], 싱글헤드를 이용할 경우 공정시간이 길어지고 각 Color 별로 설비가 필요하기 때문에 투자비가 증가한다는 단점이 있다.

따라서, 본 연구에서는 이러한 단점을 극복하기 위하여 R, G, B LEP 를 동시에 분사할 수 있는 멀티헤드형 잉크젯 패터닝 시스템을 개발하였다. 이를 위하여 먼저 오차분석을 통한 위치 결정시스템을 설계하였고, 각 LEP 를 동시에 분사할 수 있는 멀티헤드 시스템과 사용자가 원하는 형태로 헤드를 구동하기 위한 헤드 컨트롤러를 개발하였으며, Ink drop 의 안정성을 실시간으로 평가할 수 있는 Drop 평가시스템과 안정적인 잉크 공급 및 유지/보수를 위한 잉크 공급부를 구현하였다. 최종적으로, 실제 기판 위에 LEP 잉크를 분사하여 본 시스템의 안정성과 신뢰성을 평가하였다.

## 2. 잉크젯 패터닝

잉크젯 패터닝이란 잉크젯 헤드와 적절한 잉크를 사용하여 원하는 위치에 미세한 Ink drop 을 분사하여 기판위에 패턴을 직접 형성하는 기술을 의미한다. 잉크젯 헤드는 크게 대전된 Ink drop 을 연속 분사하여 정전 편향장치로 특정지점에 흡착시키는 연속형 시스템 (Continuous System)과 전기적으로 중성인 잉크를 인쇄순간에만 분사 시키는 Drop on Demand 방식으로 나눌 수 있으며, 현재 연속형 시스템은 산업체 포장인쇄 등에만 제한적으로 사용되고 있다. Drop on Demand 방식은 순간적인 가열로 잉크기포를 발생시켜 분사하는 Thermal (or Bubble) Jet 방식과 압전소자를 이용한 Piezo Jet 방식이 있고, 이 Piezo Jet 방식은 액체잉크를 사용하는 Aqueous Piezo 방식과 고체잉크가 순간적으로 용융되어 분사된 후 다시 굳는 Hot-melt Piezo 방식으로 나눌 수 있다. 고분자 유기 EL 의 핵심공정인 공정인 R, G, B LEP (Light Emitting Polymer) 패터닝에는 액체잉크를 사용하는 Piezo Jet 방식이 주로 사용된다.

Fig. 1 은 고분자 유기 EL 용 LEP 패터닝의 개략도를 나타낸다. Fig. 1 에 나타난 것과 같이 잉크젯 헤드에서 분사된 LEP 는 PEDOT 층이 도포 되어 있고 폴리이미드 뱅크가 형성된 기판위에 프린팅되며, 각 잉크가 서로 섞이지 않고 폴리이미드 뱅크사이에 정확히 프린팅 되기 위해서는 Ink drop 의 Size 가 폴리이미드 뱅크의 간격보다 작아야 하고, 노즐에서 토출된 Ink drop 의 직진성이 우수해야 하며, 노즐의 중심과 폴리이미드 뱅크의 중심이 서로 잘 정렬되어야 한다. 일반적으로 폴리이미드 뱅크 사이의 간격과 Ink drop 의 지름은 대상 디스플레이에 따라 달라지며, 뱅크 사이의 간격과 Ink drop 과의 Tolerance 는 대략 ±10 ㎛라고 할 수 있다. 싱글헤드 시스템은 각 잉크를 한번에 하나씩 분사하여 공정을 완료하는 시스템을 의미하며, 멀티헤드 시스템은 각 색깔의 잉크를 동시에 분사하여 공정을 완료하는 시스템을 의미한다.

잉크젯 기술의 적용 및 현실화에 있어서는 적합한 고분자계 잉크의 개발과 이를 구현하기 위한 시스템 개발이 핵심이다. 특히 시스템 개발에 있어서는 1) 고분자계 잉크의 액반응성에 신뢰할 수 있는 잉크젯 헤드 기술, 2) 헤드와 기판사이의 고정밀도 패터닝을 위한 정밀기구설계 및 제어기술, 3) 잉크의 공급 및 미세압력제어를 위한 잉크 공급기술, 4) 헤드 및 잉크에 대한 고 신뢰성 메인터넌스 기술, 5) 헤드의 미세 액적 제어를 위한 노즐 제어기술이 필요하다.

## 3. 잉크젯 패터닝 시스템 설계

잉크젯 패터닝 시스템은 크게 잉크젯 헤드 관

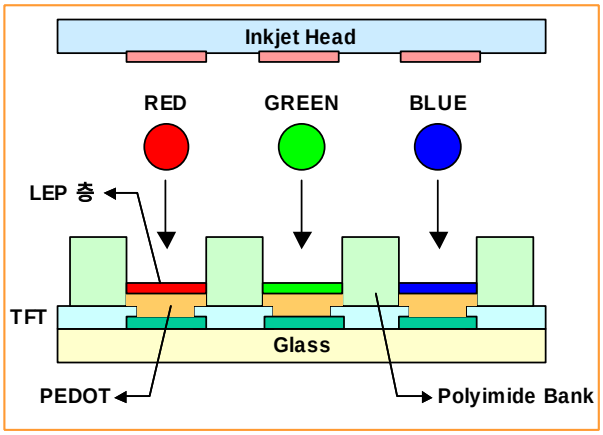



**Fig. 1** Schematics of the inkjet patterning for LEP (Light Emitting Polymer).

련부와 정밀 위치 결정 시스템부로 나누어 지며, 헤드 관련부는 다시 각 LEP 를 동시에 분사할 수 있는 멀티헤드 및 멀티헤드 컨트롤러, 잉크 공급 및 Maintenance 부, 실시간 Ink drop 평가장치로 나눌 수 있다. 각각의 시스템을 자세히 설명하면 다음과 같다.

### 3.1 정밀 위치 결정 시스템

잉크젯 패터닝을 위한 위치 결정 시스템은 기판을 원하는 위치로 이동시키기 위한 X-Y 2 축의 구동부와 얼라인먼트를 위한 θ축을 포함하여 총 3 축의 구동부로 구성된다. X,Y 2 축을 구동하는 방식에는 일반적으로 Split Axes, Single Plane, Gantry, Stacked XY 의 4 가지 방식이 있으며, 본 시스템에 사용한 기판의 크기는 400x400mm 이고, 반복 정밀도 및 정확도가 매우 중요하므로 Split Axes 방식과 Single Plane 방식을 컨셉 설계안으로 도출하였다.

Split Axes 방식은 잉크젯 헤드가 X 축으로 구동하고 기판을 Y 축으로 구동하는 시스템이며, Single Plane 방식은 헤드는 고정되어 있으며 기판이 X-Y 평면에서 이동하는 방식이다. Split Axes 방식의 경우 부가장치의 구성이 용이하며 구동스테이지의 크기를 줄일 수 있어 전체 시스템의 크기가 작아지는 장점이 있으며, Single Plane 방식의 경우 부가장치의 구성이 어려우며, 설비의 크기가 커지는 단점이 있으나 정밀도가 우수하다는 장점이 있다.

**Table 1** Specifications of the positioning systems.

| Specification | Split Axes | | Single Plane |
|---|---|---|---|
| | X-stage | Y-stage | XY-stage |
| Total travel | 500mm | 500mm | 500 x 500mm |
| Accuracy | 1 ㎛ | 1 ㎛ | 1 ㎛ |
| Straightness & Flatness | 3 ㎛ | 2 ㎛ | 2 ㎛ |
| Roll, Pitch, Yaw | 2 arcsec | 10 arcsec | 2 arcsec |

**Table 2** Error analysis for the positioning systems.

| Axes | Split Axes Type | Single Plane Type |
|---|---|---|
| X | 9.3 ㎛ | 3.1 ㎛ |
| Y | 3.3 ㎛ | 3.1 ㎛ |
| Z | 12.6 ㎛ | 2.8 ㎛ |

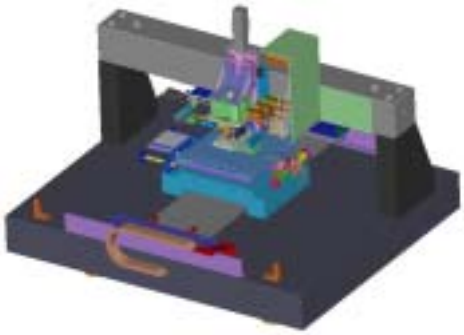


**Fig. 2** Precision positioning system for the inkjet patterning.

Table 1 에 나타난 Specification 을 사용하여 Table 2 과 같이 Split Axes 방식과 Single Plane 방식에 대한 오차 분석을 수행하였으며, X-axis 의 정밀도가 상대적으로 중요하기 때문에 최종적으로 Single Plane 방식으로 위치 결정 시스템을 선정하였다. 선정한 위치 결정 시스템은 잉크젯 헤드부는 고정되어 있고 기판이 X-Y 2 축으로 이동하는 방식이고, X-Y Stage 는 Air bearing 방식을 채택하였으며, 얼라인먼트를 위한 θ축이 X-Y Stage 에 부착되어 있다. Fig. 2 에 최종 설계된 시스템을 나타내었다.

### 3.2 멀티 헤드 및 컨트롤러

멀티 헤드부는 R, G, B LEP 를 각각 토출하는 3 개의 헤드와 헤드간 간격 미세 조절용 기구 및 각 헤드를 개별적으로 제어하는 컨트롤러로 구성되어 있다. 싱글 헤드를 사용할 경우 한번에 한 잉크만 분사가 가능하기 때문에, R, G, B 잉크를 교환하면서 패턴을 인쇄해야 하며, 이로 인하여 잉크를 교체할 때마다 헤드의 정밀 얼라인먼트와 Cleaning 작업을 수행해야 하고 공정 시간이 길어진다는 단점이 있다. 본 시스템에서는 싱글헤드의 이러한 단점을 보완하고자, 각 잉크별로 하나의 헤드를 채용한 멀티헤드 시스템을 개발하였다.

헤드의 노즐 피치와 기판의 픽셀 피치는 서로 일치하지 않기 때문에 일반적으로 헤드를 회전하

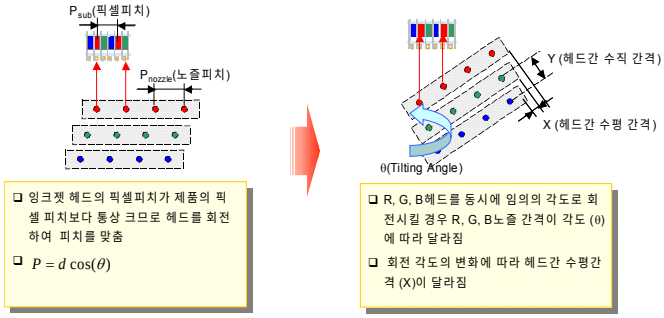



**Fig. 3** Relation between the pixel pitch and the nozzle pitch.

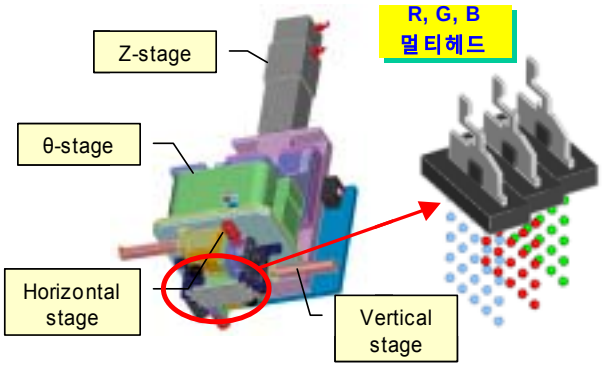



**Fig. 4** Multi-head system for each color.

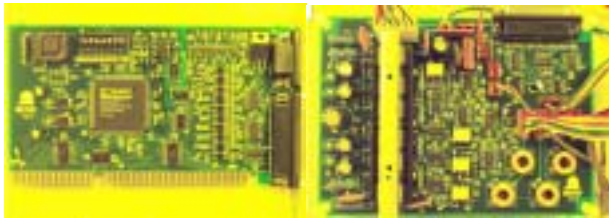
여 노즐 피치를 픽셀 피치와 일치시켜 인쇄한다. 멀티헤드의 경우는 각 헤드의 노즐을 기판의 픽셀 피치와 일치시키기 위하여 헤드간 수평간격 및 수직간격을 미세 조정해야 하며, 기판의 픽셀 피치와 헤드의 노즐피치는 다음과 같은 관계식을 가진다.

$$P_{Sub} = P_{Nozzle}\cos\theta \qquad (1)$$

$$\frac{P_{Sub}}{3} = Y\sin\theta - X\cos\theta \qquad (2)$$

여기서, $P_{Sub}$는 기판의 픽셀 피치를 나타내고, $P_{Nozzle}$은 노즐의 피치를 나타내며, $\theta$, $X$, $Y$는 각각 헤드의 회전각도, 헤드간 수평간격 및 헤드간 수직간격을 나타낸다. 기판의 픽셀피치와 노즐의 피치와의 관계를 Fig. 3 에 개략적으로 나타내었다.

식 (2)로부터 노즐 피치 조절에서 수평간격이 수직간격보다 민감하다는 것을 알 수 있기 때문에 수직간격 조절은 수동 마이크로미터를 사용하였고 수평간격 조절은 정밀 1 축용 모터를 사용하였다. 또한, 헤드의 회전을 위하여 run-out 및 accuracy 를 고려하여 회전용 스테이지를 선정하였으며, 헤드 노즐 플레이트와 기판과의 갭을 조절하고 메인터넌스에 대응하기 위하여 멀티헤드부 전체를 Z 축 스테이지에 조립하였다. Fig. 4 에 픽셀피치의 변화에 유연하고 정확하게 대응할 수 있도록 설계된 멀티 헤드부를 나타내었다.



(a) (b)

**Fig. 5** Inkjet head controller system: (a) head controller and (b) high voltage driving circuit.

멀티헤드를 제어하여 원하는 패턴을 인쇄하기 위하여 데이터 생성 및 전송을 위한 디지털 회로(컨트롤러)와 헤드에 고전압을 가해주는 아날로그 회로 (고전압 구동부)를 자체 개발하였으며, 각 헤드마다 컨트롤러와 고전압 구동부를 설계하여 데이터 전송에 따른 고부하를 방지하고 헤드 확장성을 용이하게 하였다. 패턴 유연성을 대응하기 위하여 각 헤드의 개별노즐 제어 기능, Even/odd interlace 프린팅 기능, R, G, B 잉크 동시 인쇄기능 등을 구현하였으며, 토출 주파수, 펄스 크기 및 폭, Delay 및 토출 시간과 변수를 조절하여 최적 토출 조건 수립이 가능하도록 하였다.

각 헤드간의 간격 및 헤드가 회전한 각도를 보상하도록 설계하였으며, 헤드 컨트롤러부에서 생성된 데이터와 토출 신호를 받아 헤드의 4 개 PZT 영역에 가해지는 전압을 최대 160V 까지 개별조정 하도록 하였다. Fig. 5 에 개발된 컨트롤러와 고전압 구동부를 나타내었으며, 본 컨트롤러는 Time Resolution 이 0.56 μs이며, 최대 24.5kHz 주파수 동작이 가능하다.

### 3.3 잉크 공급부

잉크젯 프린팅에 있어서 잉크 공급부는 기포가 포함되지 않은 잉크를 헤드에 안정적으로 공급하고, 중력에 의하여 잉크가 헤드로부터 흘러내리지 않고 노즐 끝단에서 평형상태가 되도록 유지하는 기능을 수행한다. 잉크 공급부의 기본 기능은 헤드에 잉크를 공급하는 Ink supply, 헤드내의 파티클과 기포를 제거하기 위하여 잉크에 압력을 가해주는 Purging, 잉크가 노즐에서 평형상태가 되도록 음압을 형성시켜주는 Meniscus 가 있다. 특히 Fig. 6 에 나타난 것과 같이 Meniscus 는 노즐 끝단에서 잉크가 토출된 후에도 지속적으로 유지가 되어야 하므로 잉크 공급부에서 가장 중요한 기능이며, 매우 미세한 압력 조절이 필요하다.

본 연구에서는 멀티 헤드부에 안정적인 잉크를 공급하기 위하여 각 헤드별로 Fig. 7 에 나타난 것과 같은 잉크 공급부를 구성하였으며, 잉크 공

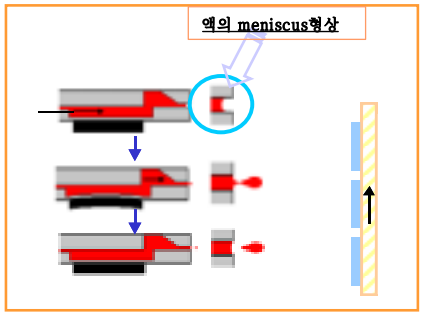
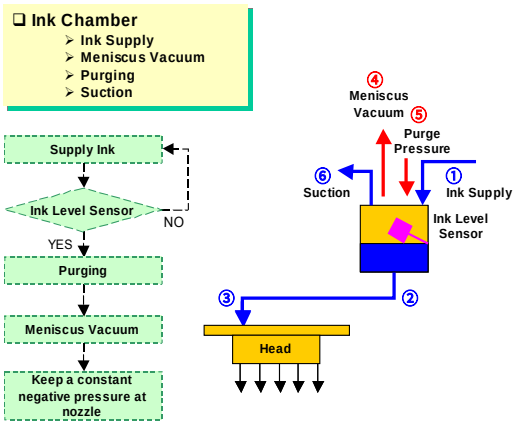



**Fig. 6** Meniscus shape of ink at the nozzle.




(a)

(b)

**Fig. 7** Ink supply system: (a) schematics and (b) photograph.

급부의 기본 기능인 Ink Supply, Purging 및 Meniscus 뿐만 아니라 잉크 회수를 위한 Suction 기능, 헤드 및 공급 라인의 자동 세척 기능을 추가하여 잉크의 적량 분사 및 분사 안정성에 기여할 수 있는 성능을 확보하였다. 특히 Ink Reservoir 가 헤드 상단에 위치하기 때문에 Meniscus 상태를 유지하기 위해서는 적절한 (-) 압력을 가해주어야 하며, 압력변화도 최소화하는 것이 바람직하므로, 본 시스템에서는 Meniscus 압력 변화를 ±0.2 kPa 이하로 제어하였다.

### 3.4 Drop 평가 및 Maintenance

고분자 유기 EL 용 LEP 를 기판에 균일하게 인쇄하기 위해서는 헤드의 각 노즐에서 잉크가 균일하게 분사되는 지를 평가할 수 있는 평가 시스템과 주기적으로 헤드를 유지/보수하는 시스템이 필요하다. 일반적으로 잉크는 헤드의 노즐에서 2 ~ 6m/s 의 속도로 분사되며, 이러한 속도로 분사되는 잉크를 순간적으로 촬영하여 평가하는 것은 쉽지 않다. 본 연구에서는 Strobe 의 원리를 응용하여 빠른 속도로 분사되는 Ink drop 을 순간적인 정지영상으로 촬영하는 시스템을 구성하였으며, Fig. 8 에 구성된 시스템의 개략도를 나타내었다.

Fig. 8 에 나타난 것과 같이 PC 에 내장된 헤드 컨트롤러에서 생성된 토출 신호를 이용하여 카메라와 LED 를 동기화 시키고, Ink drop 이 분사되는 순간 LED 를 수 μs 동안 On 시켜 순간적으로 분사되는 Ink drop 의 영상을 획득하도록 구성되어 있다. 또한, 컨트롤러에서 생성된 토출 신호와 LED 를 구동하는 신호간에 Delay time 을 설정하여 분사된 ink drop 이 시간에 따라 변화하는 형상을 연속적으로 획득할 수 있도록 하였으며, 획득한 영상을 이미지 처리하여 ink drop 크기, 직진성 및 속도를 측정할 수 있는 프로그램을 개발하였다.

일반적으로 고분자 유기 EL 의 LEP 용 잉크는 휘발성이 강하여 쉽게 건조되기 때문에 적절한 Maintenance 를 하지 않으면 노즐이 막히는 현상이 발생하고 노즐 플레이트에 파티클이 발생하게 된다. 이러한 현상을 방지하기 위하여 헤드를 사용하지 않을 때는 적절하게 Cleaning 을 해 주어야 하고, 인쇄 공정이 완료되고 헤드가 잠시 대기중일 때는 노즐이 막히지 않도록 헤드를 Solvent 용액에 담궈두어야 한다. 본 시스템에서는 각 헤드별로 별도의 공간을 보유하고 있는 Capping system 과 Cleaning paper 장착된 Cleaning system 을 구성하여 이러한 문제를 해결하였다. 또한, LEP 의 분자결합 파괴의 원인인 오존을 차단하여 pLED 의 수명을 향상시키기 위하여 패터닝 시스템을 Glove

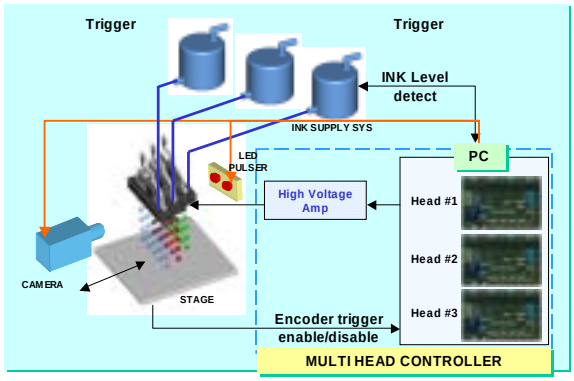
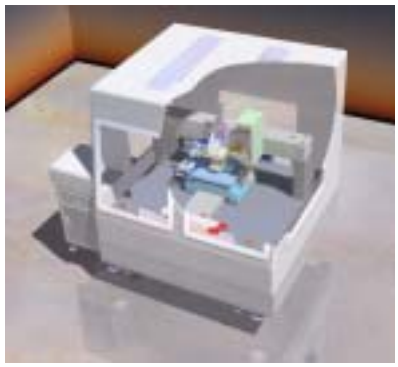



**Fig. 8** Schematics of the drop evaluation system.



(a)

(b)

**Fig. 9** Inkjet printing system for a full color pLED: (a) 3D CAD model and (b) photograph.

Box 형태의 질소 챔버 내부에 배치하였으며, 다양한 프린팅 모션에 대응 가능한 알고리즘을 채택하여 제품 모델 변경에 따른 유연성을 확보하였다. 최종적으로 제작된 고분자 유기 EL LEP 용 잉크젯 패터닝 시스템의 형상을 Fig. 9 에 나타내었다.

## 4. 잉크젯 패터닝 시스템 평가

잉크의 분사 특성은 사용되는 잉크의 특성을 포함한 여러 가지 변수에 의존하며, 대표적인 변수로는 토출 신호의 주파수, 펄스 폭, 구동 전압, Purging 압력, Meniscus 압력, Cleaning 시간, 잉크의 점도, 표면장력 및 건조시간 등이 있다. 본 연구에서 개발된 잉크젯 패터닝 시스템을 평가하기 위하여 먼저 Covion 社 (독일)에서 제조한 Red 잉크와 Drop 평가 시스템을 사용하여 헤드로부터 분사되는 Ink drop 의 분사특성 (크기 및 직진성)을 조사하였다. 잉크의 특성을 제외한 나머지 변수에 대하여 2 수준 실험계획법을 사용하여 평가를 수행하였으며, Fig. 10 에 각 변수가 Ink drop 의 크기 및 직진성에 미치는 영향을 나타내었다.

Fig. 10 으로부터 Drop size 는 토출 신호의 펄스 폭, 구동 전압, Purging 압력 및 Cleaning 시간에 주로 영향을 받으며, Drop straightness 는 토출 신호의 주파수, 펄스 폭, 구동 전압 및 Cleaning 시간에 영향을 받음을 알 수 있었다. 일반적으로 Drop size 보다 Drop straightness 가 제품 품질에 더 큰 영향을 미치며, Fig. 10 의 결과로부터 Ink drop 의 분사특성에 영향을 미치는 핵심변수는 토출 신호의 주파수, 펄스 폭 및 구동 전압으로 사료된다.

Fig. 11 은 Ink drop 이 안정적으로 분사되는 경우와 불안정하게 분사되는 경우를 보여준다. 안정적으로 분사되는 경우는 노즐에서 Ink drop 이 수직으로 균일하게 분사되지만, 불안정하게 분사되는 경우는 안정적으로 분사되는 노즐과 불안정하게 분사되는 노즐이 공존하거나 모든 노즐이 불안정하게 분사된다. 분사의 안정성은 분사 속도와 관계가 있으며 Fig. 12 는 분사속도에 따른 Drop size 와 Drop straightness 를 나타낸다. 분사 속도가 증가할수록 Drop size 는 점차 감소하는 경향을 나타내고, Drop straightness 의 산포도 점차 감소하는 경향을 나타내었으며, 또한 분사속도가 감소하면 Straightness 산포가 증가하여 분사가 불안정해짐을 알 수 있었다.

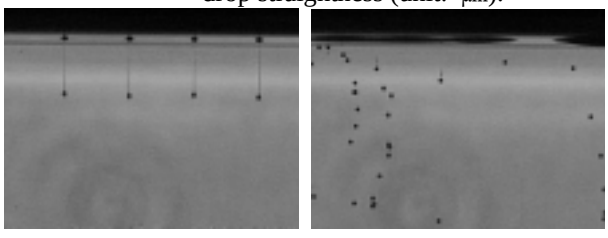
Covion 社에서 제조한 Red 잉크를 사용하고, 토출 신호의 주파수, 펄스 폭 및 구동 전압과 같은 변수를 최적화 하여 Drop size 및 straightness 를 반복적으로 측정하였으며, Table 3 에 각 변수의 최적값을 나타내었고, Fig. 13 에 반복 측정 결과를 나타내었다. Drop size 의 표준편차에 비해 Drop straightness 의 표준편차가 더 크게 나타났으며, 인쇄공정에서 Drop size 보다 straightness 의 산포를 줄이는 것이 관건이라 할 수 있다. Fig. 14 는 Bare glass 및 Dummy glass 에 잉크를 분사한 결과를 나타내고 있으며, 각 잉크가 서로 섞이지 않고 원하는 위치에 정확하게 패터닝 됨을 알 수 있었다.

**Table. 3** Optimized value for input variables.

| Input variable | Determined value |
|---|---|
| Firing frequency | 400Hz |
| Pulse width | 5.5 μs |
| Driving voltage | 57.5V |
| Purging pressure | 25kPa |
| Meniscus pressure | - 7.4kPa |
| Cleaning time | 4sec |

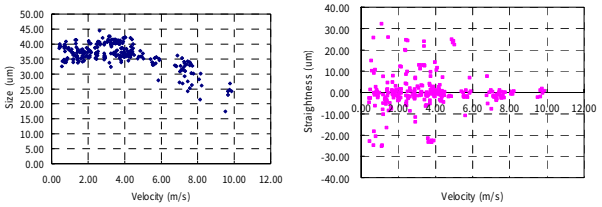

(a) (b)

**Fig. 10** Effect of various factors on (a) drop size and (b) drop straightness (unit: ㎛).



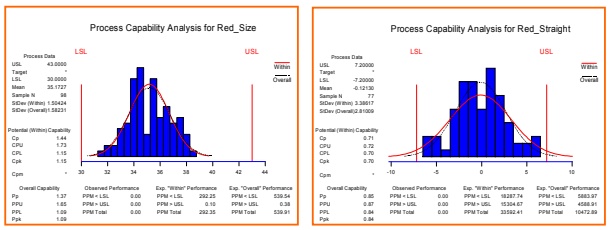
(a) (b)

**Fig. 11** Ink drop formation: (a) stable formation and (b) unstable formation.



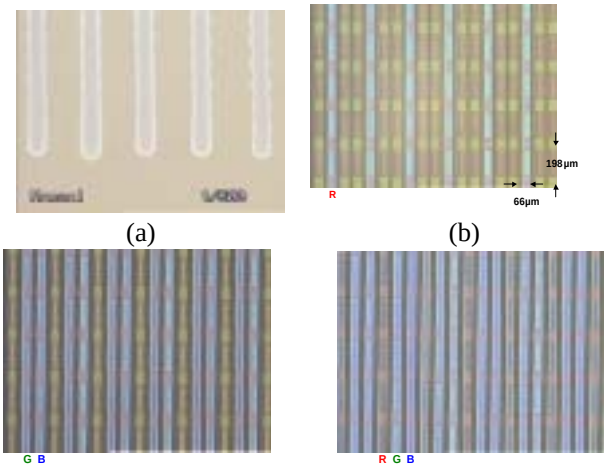

(a) (b)

**Fig. 12** Effect of the jetting velocity on (a) drop size and (b) drop straightness.




(a) (b)

**Fig. 13** Distribution of drop size and drop straightness at the optimum condition (freq. = 400Hz, pulse width = 5.5 μs, and driving voltage = 57.5V).




(a) (b)

(c) (d)

**Fig. 14** Results of inkjet patterning on (a) bare glass with red ink, (b) dummy glass with red ink, (c) dummy glass with green and blue inks and (d) dummy glass with red, green and blue inks.

## 5. 결 론

이상과 같이 본 연구에서는 고분자 유기 EL 용 R, G, B LEP 를 동시에 분사할 수 있는 멀티헤드형 잉크젯 패터닝 시스템을 개발하였으며, 기판 위에 LEP 잉크를 분사하여 개발된 시스템의 성능을 평가하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

5.1 Ink drop 의 분사특성에 영향을 미치는 핵심 변수는 토출 신호의 주파수, 펄스 폭 및 구동 전압이다.

5.2 분사 속도가 증가할수록 Drop size 는 점차 감소하는 경향을 나타내고, Drop straightness 의 산포도 점차 감소하는 경향을 나타내었으며, 분사속도가 감소하면 Straightness 산포가 증가하여 분사가 불안정해 진다.

5.3 반복측정을 수행한 결과 Drop size 의 표준편차에 비해 Drop straightness 의 표준편차가 더 크게 나타났으며, 인쇄공정에서 Drop size 보다 straightness 의 산포를 줄이는 것이 관건이라 할 수 있다.

본 연구에서 개발한 잉크젯 패터닝 시스템은 향후 고분자 유기 EL 디스플레이 개발에 충분히 활용되어 국가 기술 경쟁력 확보에 기여할 수 있을 것이라 사료된다.

## 참고문헌

(1) Chung H. K., 2001, “8.4 inch Full Color SVGA Active Matrix Organic Light Emitting Diode Display (OLED),” Proceedings of the 1st International Meeting on Information Display, pp. 325-329.

(2) Takeki K. and Kusumoto T., 2001, “Organic EL Materials for Highly Efficient Device,” Proceedings of the 1st International Meeting on Information Display, pp. 855-858.

(3) Xie Z. Y., Huang J. S., Lee C. N., and Liu S. Y., 1999, “White Light Emission Induced by Confinement in Organic Multiheterostructures,” Applied Physics Letter, Vol. 74, pp. 641.

(4) McDonald M., Heun S., and Tallant N., 2002, “Advances in Piezoelectric Deposition of Organic Electronic Materials,” IS&T’s NIP 18 International Conference on Digital Printing Technologies, September, San Diego, California, pp. 433-436.

(5) Steiger J., Heun S., and Tallant N., 2002, “Polymer Light Emitting Diodes Made by Inkjet Printing,” IS&T’s NIP 18 International Conference on Digital Printing Technologies, September, San Diego, California, pp. 424-427.

(6) Creagh L., Heun S., and Tallant N., 2002, “Development of Improved Ink Jet Deposition Processes for Polymer OLED Materials,” The 7th Annual Symposium on Information Display (ASID 2002) September, Singapore.

(7) Edwards C., Benett R., Lee J., and Silz K., “Precision Industrial Ink Jet Printing Technology for Full Color PLED Display Manufacturing,” Proceedings of the 2nd International Meeting on Information Display, pp. 141-143.