

# 잉크젯 프린팅기술의 현황과 전개

(한국정보디스플레이학회지.제 5 권 3 호 ,2004)

안 동 훈 , 권 효 택

(포톤데이즈㈜ dhahn@photondays.com)

## 1. 서론

최근 평판디스플레이산업의 비약적인 발전에 힘입어 LCD, PDP등은 반도체산업의 시장규모를 추월하는 성장을 보이고 있으며 유기EL, FED등도 차세대 디스플레이로서 기대를 모으고 있다. 한국은 대규모투자자와 양산기술의 강점으로 이미 세계평판디스플레이의 생산기지로서 위치를 확고히 하고 있으며 최근에는 신기술, 신제품의 개발분야에도 선진업체를 선도하고 있는 실정이다. 그러나 이러한 외형적인 발전에도 불구하고 제조장비와 핵심부품, 소재 기술은 선진국과 아직 격차가 존재하고 있는 것이 사실이다. 특히 장비기술 중 전공정분야는 최근 많은 국내의 장비업체들의 노력에도 불구하고 대부분 수입에 의존하고 있는 실정이다. 이들 장비기술 중 최근 주목을 받고 있는 것이 기존의 복잡한 포토리소그라피공정을 거치지 않고 직접 원하는 패턴을 만들 수 있는 잉크젯 프린팅기술이다.

잉크젯 프린팅기술은 특히 유기EL분야에서 가장 경쟁력 있는 공정기술로 기대되고 있으며 LCD, PDP, FED 등의 응용에도 활발히 진행되고 있다.

본 기고에서는 이러한 잉크젯프린팅기술의 기술적배경과 요소기술 그리고 실제 응용에 있어서의 핵심적인 공정기술에 대한 설명을 하고자 한다.

잉크젯기술의 응용 및 기초기술에 대한 일반적인 내용은 본보 2003년 2월 발행 제4권(제1호)<sup>1)</sup>에서 다루었기 때문에 이번 호에는 공정응용 가능성을 중심으로 설명하고자 한다.

## 2. 잉크젯기술의 배경 및 핵심기술

잉크젯기술은 1970년 Kyzer, Zaltan등에 의해 Drop on demand(DOD)방식이 개발되어 산업용으로 사용되어오다 1980년 초에 HP, Canon이 Thermal방식의 잉크젯헤드를 개발하고 뒤이어 Epson이 Piezo방식의 헤드를 개발함으로써 본격적인 OA용 프린터응용이 시작되었다. 이러한 Drop on Demand방식이 OA용에 사용된 것에 비해, 하전제어방식에 의한 continuous방식이 포장재 인쇄, 마킹 등의 산업용 잉크젯프린터로서 널리 사용되고 있다.

Drop on Demand방식 잉크젯헤드의 대량생산의 원조라 할 수 있는 HP와 Canon은 우연히도 거의 비슷한 시기에 Thermal방식에 의한 잉크젯헤드를 개발하였다. Thermal방식은 미소히터에 의해 잉크가 가열되어 기포가 생기고 이 기포의 압력과 기포가 소멸될 때의 에너지로 잉크가 토출된다. 이러한 기포의 소멸은 히터표면에 수 만 기압 이상의 진공파손압력을 가하게 되며 이때 소위 “ Cavitation Errosion ”을 발생시키게 되어 히터의 수명을 단축시키게 된다. 따라서 잉크젯헤드의 신뢰성을 확보하기 위해, 예로서  $Si_3N_4/SiC/Ta$ 박막으로

이루어지는 복잡한 구조의 보호층이 그림1과 같이 필요하게 된다.

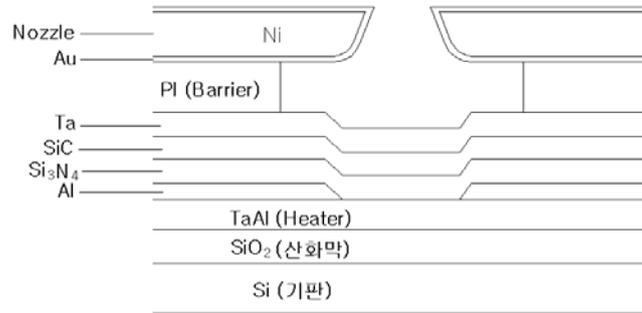


그림1 Thermal Type Inkjet Head의 구조(HP compatible)

표1에는 잉크젯기술의 요소기술을 정리하였다. 잉크젯헤드의 개발은 반도체공정, MEMS 기술, 초정밀가공 등 복합적인 기술과 경험이 필요한 분야이다. 또한 대상으로 하는 패턴재료를 잉크젯 프린팅에 적합하게 물성을 조절하는 것과 Head와의 정합성 확보도 중요한 요소 중의 하나이다. 또한 실제 디스플레이 디바이스에의 응용을 위해서는 대형 정밀Stage등의 기구부, Drop Monitoring을 위한 광학/화상처리기술과 원하는 Pattern에 따라 헤드 또는 Stage를 구동하는 제어기술 등이 필요하다.

항 목	내 용	방 법
Nozzle	<ul style="list-style-type: none"> <li>* 수pl의 잉크를 균일분사하기 위한 Nozzle Plate 제조 (수십<math>\mu</math>m의 균일한 Hole형성)</li> <li>* 잉크 분사측과 입사측의 Hole 형상 (Aspect Ratio 설계 및 조정)</li> <li>* Nozzle표면처리 (Hydrophobic Treatment etc.)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>* MEMS공정을 이용한 Ni전주법</li> <li>* Laser(UV, Excimer)를 이용한 폴리이미드 Nozzle Plate의 직접 또는 Mask 가공</li> </ul>
Actuator	<ul style="list-style-type: none"> <li>* 발열체 설계 및 제조(Thermal Type)</li> <li>* 보호층 설계 및 제조</li> <li>* Barrier층/유로설계 및 제조</li> <li>* 전극층 설계 및 제조 etc.</li> <li>* Piezo Actuator 설계 및 제조(Piezo Type)</li> <li>* 다이어프램 설계 및 제조 etc.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>* Sputter, PECVD등의 Thin Film 및 포토공정</li> <li>* 라미네이션 /접착기술</li> <li>* 초정밀기계가공</li> <li>* Hydrophilic or Hydrophobic Treatments</li> </ul>
Packaging	<ul style="list-style-type: none"> <li>* Actuator와 Nozzle조립</li> <li>* Electric Connection</li> <li>* Hermetic Sealing</li> <li>* Ink Supply Path설계</li> <li>*잉크에 대한 내화학특성 확보 etc.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>* Anodic Bonding</li> <li>* Flexible PCB</li> <li>* Drive IC내장</li> <li>*Cleaning Device etc.</li> </ul>

표1. 잉크젯프린팅 헤드의 요소기술

### 3. 잉크젯패터닝기술의 응용

기존의 OA용 프린터에 사용되던 잉크젯기술이 본격적으로 디스플레이 등에 사용이 검토되기 시작한 것은 1990년대에 이르러서이며, 금후 수십 $\mu$ m의 Patterning공정에서 가장 경쟁력 있는 기술로 성장이 기대되고 있다.

#### 1) 잉크젯기술의 장점

기존의 포토공정에 의한 패터닝공정을 잉크젯으로 대체할 경우 다음과 같은 많은 장점이 있다.

##### (1) 대폭적인 공정수 절감

기존의 포토공정이 수십단계에 이르는 복잡한 공정이 필요한 반면 잉크젯의 경우 원하는 곳에 필요한 물질을 패터닝할 수 있는 소위 “Pattern on Demand”공정이 가능하므로 극히 단순한 공정으로 패터닝을 완성할 수 있다.

##### (2) 재료절감 및 친환경

포토공정의 spin coating시 버리는 재료가 90%이상이 되어 고가인 재료의 이용효율이 극히 낮다. 반면에 잉크젯은 필요한 부분만 재료를 도포하므로 재료효율이 거의 100%에 가까우며 결과적으로 폐기물이 없는 친환경공정 실현이 가능하다.

##### (3) 대형화 기관대응

잉크젯도포는 원리적으로 타 공정에 비해 기관 사이즈 증가에 대응이 자유롭다. 멀티헤드 부착으로 대형기관 대응과 양산성 확보가 가능하다.

##### (4) 클린룸 면적절감

기존의 포토공정처럼 많은 장비가 소요되지 않으므로 클린룸 소요면적이 감소되고 러닝코스트가 줄어든다.

##### (5) 제품원가절감

재료비, 장비투자비, 클린룸 운영비, 인건비 등의 대폭감소에 의한 제품가격경쟁력의 창출이 가능하다.

#### 2) 응용분야

잉크젯기술은 OA용 프린터뿐만 아니라 다음과 같은 다양한 분야로의 응용전개가 가능하다.

##### (1) Display분야

- LCD Color Filter
- LCD배향막 도포
- FED Emitter형성
- PDP재료도포응용(전극재료)
- 유기EL용 유기물 도포

- (2) 반도체 패키지(CSP/BGA)용 Bump형성
- (3) 광소자용 Waveguide, Optical Switch, Micro Lens Array
- (4) 치과치료, 미세투약시스템 등의 메디칼응용
- (5) 생물/세포배양, DNA Chip제조, 진단시약용 Chip 등의 Bio응용
- (6) CPU냉각장치
- (7) 향기제어, On-line향기 Delivery, Virtual Reality Headset

### 3) 잉크젯기술의 디스플레이응용 예

잉크젯기술의 LCD용 Color Filter공정응용, 배향막도포 등은 이미 많은 발표가 있어 왔지만 최근 PDP의 BUS전극에의 응용과 고분자계 유기EL의 유기물도포가 많은 관심을 끌고 있다.

#### (1) PDP전극응용

최근 Ag나노입자를 유기용제에 분산시켜 잉크젯공정에 의해 PDP BUS전극을 형성시키는 시도를 세이코엡슨, 알박, 후지쯔가 공동으로 실시하였다.<sup>2)</sup> 세이코엡슨의 OA용 Piezo방식 잉크젯헤드인 MACH시리즈를 사용하였으며 알박은 약 3~6nm의 입자크기를 갖는 Ag나노파티클을 증착법에 의해 제조하여 유기용제 및 계면활성제를 배합하여 전극용 잉크를 개발했다. 잉크의 점도는 20cps 이하, 표면장력은 20~50mN/m정도이며 잉크젯헤드의 노즐막힘을 방지하기 위해 저증기압을 가진 유기용제를 사용하였다.

최소잉크체적은 2pl, 최소직경 15 $\mu$ m, 분사속도 최고 32kHz의 헤드성능을 갖고 있다.

유기용제와의 친유성(親油性)을 갖는 기판에 도포할 경우 패턴폭이 넓어져 미세한 선폭을 갖는 패턴형성이 어려워지며 발유성(撥油性)이 높은 기판에서는 패턴의 코너, 에지, 오염장소 등에 잉크가 모여들어 상대적으로 잉크가 도포가 안되거나 막의 두께가 얇아져 결과적으로 단선이 되는 문제가 생긴다.

따라서 패턴을 형성하는 기판표면과 잉크는 적당한 상생관계가 필요하게 되며 접촉각으로 표현시 30~60도 정도의 발유성이 적합한 것으로 보고하고 있다.

전극폭 30 $\mu$ m, 두께 0.5 $\mu$ m의 Ag배선을 직경 30 $\mu$ m잉크방울을 28 $\mu$ m피치간격으로(2 $\mu$ m중첩) 도포한 후 300 $^{\circ}$ C, 30분가열후 저항값이 2 $\Omega$ cm이하로, PDP버스전극에의 응용가능성을 보고하였다. 잉크와 기판과의 정합성을 개선하기 위해 ITO기판위에 SAM(Self Assembled Monolayer)전처리를 하는 등 잉크젯기술을 응용하기 위해서는 잉크, 헤드 및 시스템기술외에도 기판처리 등 다양한 종류의 공정에 대한 검증이 필요할 것이다.

또한 PDP패널의 형광체, 유전체도포 등 새로운 공정으로의 시도가 각사에서 활발히 진행되고 있다.

#### (2) 잉크젯기술의 유기EL 응용

유기EL은 원리적으로 현재 평판디스플레이의 주류인 LCD에 비해 시야각, 응답속도, 박형화, 소비전력, 휘도 등 제반 특성이 우수한 디스플레이이며 자발광이므로 보다 우수한 화질의 구현이 가능하다.

유기EL은 발광재료의 종류에 따라 고분자계와 저분자계 유기EL로 나누어진다. 양산단계로 들어서고 있는 저분자 유기EL은 이미 멀티컬러의 제품이 휴대폰, 차량용 등에 사용되기 시작하였다.

저분자계유기EL은 통상 투명기판상에 양극전극, 정공주입층, 정공수송층, 발광층, 정공저지층, 전자수송층, 전자주입층, 음극층 등을 순차적으로 형성시킨 복잡한 구조로 되어 있다. 발광재료로서는 녹색의 경우 Kodak사가 발표한 Alq3, 청색의 경우 이데미츠사의 Distryl화합물, 적색의 경우 Kodak사의 DCJTB계의 재료가 알려져 있다.

이외에도 많은 물질이 제안되고 있으나 적색발광소자의 낮은 발광효율이 실용화 큰 걸림돌이 되어 왔으나 최근에는 여러가지 개선된 재료 및 공법이 제안되고 있다.<sup>3)</sup>

이에 비해 고분자 유기EL은 비교적 단순한 구조로도 좋은 특성을 나타내는 장점을 갖고 있다. 최근 Toshiba, 삼성 등에서 17"의 유기EL 디스플레이가 소개되고 있으며 실용화를 목전에 두고 있다 할 수 있다.

저분자계 유기EL은 제조에 진공증착기술이 사용되지만 고분자계유기EL은 인쇄나 도포공정 같은 습식공정이 사용되므로 제조공정이 간단해 질 수 있는 장점이 있으나 다층화에는 오히려 저분자계보다 까다로울 수 있다. 고분자 유기EL에는 효율을 높이기 위해 투명전극과 발광층사이에 정공주입층 또는 정공수송층등으로 PEDOT, PANI 등을 형성해 주는 것이 일반적이다.

유기EL의 제조에는 Shadow마스크를 이용한 진공증착법, Screen인쇄법, 마이크로그래비아 인쇄법, 확산법, Stamp인쇄법, Spray법, Paint법, Slit Coating법, Laser전사법, 잉크젯프린팅법 등 많은 공정이 제안되고 있으나<sup>4)</sup> 저분자계는 진공증착법으로, 고분자계는 잉크젯프린팅법이 가장 안정적이고 적합한 공정기술로 자리잡아가고 있다.

그림2는 고분자 유기EL의 구조와 잉크젯공정적용의 개념도를 나타내고 있다.

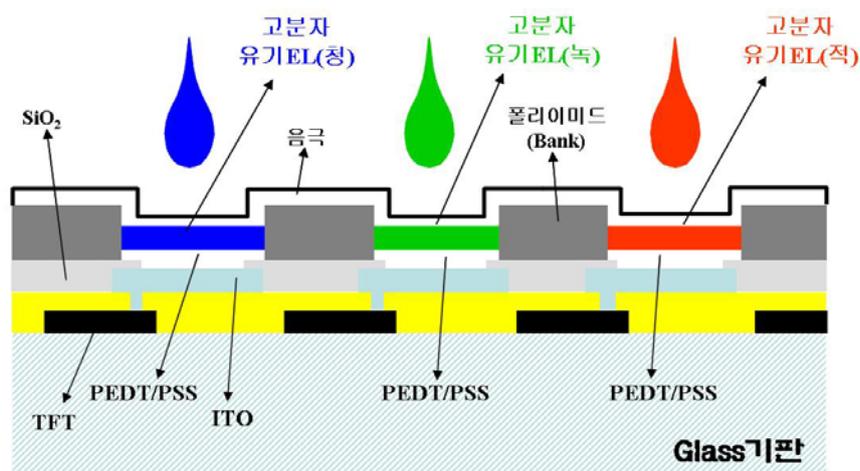


그림2 AM Type PLED의 구조 및 잉크젯공정응용

Seiko Epson의 발표에 의하면<sup>5)</sup> 잉크젯헤드는 180 Nozzle 2열로 구성되고 분사속도는 19kHz,

잉크점도 10cps전후의 조건에서 500x400mm크기의 기판을 3분미만에 처리가 가능하다. 이때 장치의 기계적정밀도, 잉크분사에러 등을 포함한 잉크탄착균은  $\pm 15\mu\text{m}$ 이내로 형성할 수 있었으며 이 정밀도는 150ppi의 분해능을 갖는 디스플레이제조에 적용이 가능하다.

잉크젯프린팅방법으로 제조된 고분자유기EL의 발광효율, 수명 등은 기존의 Spin Coating(Photo Lithography)공정과 비교하여 동등이상의 성능이 보고되고 있다.

### (3) 기타 잉크젯공정의 응용예

잉크젯프린팅기술은 OA용 프린터응용 외에도 많은 분야에 이미 적용이 되고 있거나 개발이 되고 있다.<sup>6)</sup> 특히 DNA Chip제조, Polypeptide진단 칩, Solder Bump, PWB용 Resistor제조, Organic Field-Effect Transistor, 미세투약시스템, Micro Lens제조, 광도파로 제조 등 전기 전자 및 Bio/의료분야에의 응용이 기대되고 있다.

## 4. 잉크젯프린팅시스템의 개발

잉크젯프린팅공정기술의 핵심은 잉크젯헤드기술로서 반도체공정, MEMS공정 및 유로설계 등 다양한 기술이 필요하다. 잉크를 가열하여 분사하는 Thermal방식보다는 Piezo방식의 잉크젯헤드가 주로 사용되고 있다.

Piezo방식의 헤드도 디바이스구조에 따라 여러 형태의 헤드가 있다.

Si에 유로를 형성하고 glass에 설치된 다이아프램상에 Piezo소자를 접착하여 2개의 판을 적층시킨 평면구조의 잉크젯헤드(Unimolf/Kyzer형)는 오래전부터 기록계 등에 사용이 되어 왔다.(그림3-a) 또한 영국의 Xaar사의 기술을 이용한 Piezo타입 잉크젯헤드가 있다.(그림3-b) 일본의 Brother공업등이 라이선스를 맺고 상업화를 한 것으로 Piezo를 이용, Chamber 측면벽을 변형시켜 잉크를 분사하는 방법이다.(Shear Mode형)

그리고 오늘날 Piezo타입 잉크젯헤드의 대명사로 일컬어지는 Seiko Epson의 적층타입 Piezo헤드는 복잡한 기계가공과 조립공정을 거쳐 제조가 되고 있으며 최고의 해상도와 신뢰성을 가지고 있는 것으로 알려져 있다.(그림3-c)

이외에 Trident, Spectra 등이 독자적인 구조의 헤드를 주로 산업인쇄용으로 공급하고 있으며 최근에는 Microfab, Litrex 등이 평판디스플레이응용을 목표로 잉크젯프린팅기술을 제안하고 있다. 그러나 아직 디스플레이 디바이스의 양산에 적용하기는 어느 회사의 헤드도 좀 더 충분한 신뢰성과 양산성을 갖추어야 할 것으로 생각되고 있다. 최근 Philips가 PLED의 Pilot 생산단계에서 잉크젯 공정을 활용하고 있음을 발표한바 있다.

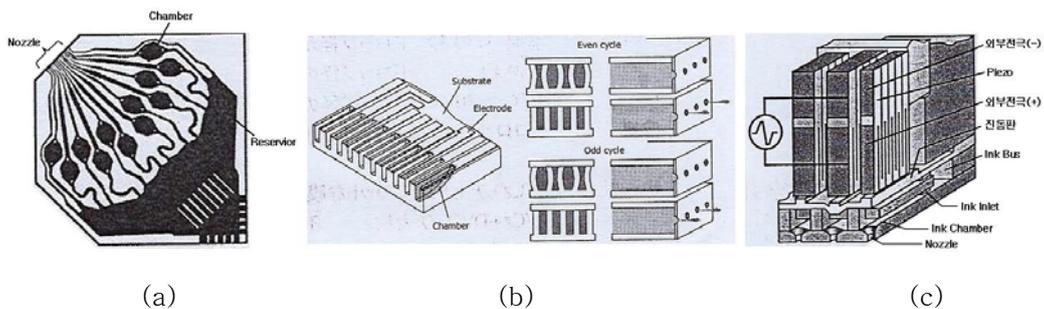
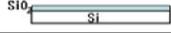
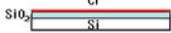
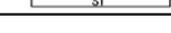
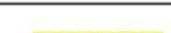


그림3. 잉크젯헤드의 종류

1) 잉크젯헤드개발

Piezo방식의 잉크젯헤드를 MEMS공정을 이용하여 제조하였다. Nozzle은 Electroplating공정을 이용하여 제조하였다. 그림4에 Nozzle plate제조 process를 나타내었다.

Item	Drawing	Process
Substrate (Glass or Si)		Cleaning
Cr Deposition ( ~ 100Å )		Sputtering (RF 1.0Kw, 7mTorr)
SUS Deposition ( ~ 8000Å )		STS304 Sputtering (RF 1.0Kw, 3mTorr)
SiOx Deposition ( ~ 3000Å )		Sputtering with O <sub>2</sub> or CVD (RF 1.5Kw, 7mTorr)
SiOx Patterning		Wet or RIE
Ni Electroplating		Ni Sulfamate + Water (불산, 취하니켈, pit방지제, 1,2차광택제 etc.)
Separation		Mandrel 분리
Au Plating		Electroplating
Nozzle Plate 분리		Cleaning(Ultra Sonic)

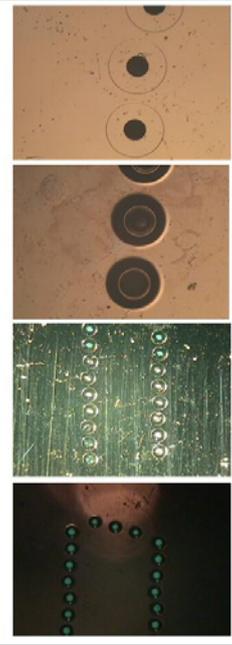
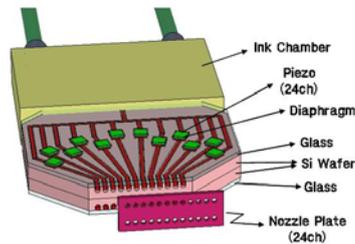


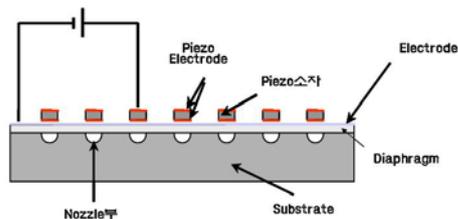
그림4 Nozzle Plate제조Process 의 예

Ni plating된 nozzle에 최종적으로 Au를 plating하여 잉크와의 반응성을 개선한다. Actuator는 Si기판에 습식 또는 건식etching으로 유로와 잉크챔버를 형성하고 다이어프램역할을 하는 유리기판과 Anodic(양극산화)접합을 하여 패키징을 한다. 그후 챔버부분에 Piezo소자를 접착제로 접합을 한다. 개발된 헤드의 개념도를 그림5에 나타내었다. 그림5에는 24채널을 갖는 2단 노즐구조의 헤드를 나타내었다.

\* Schematic Drawing



\* Structure



## 그림5 잉크젯헤드의 개념도

사진1에는 자체 개발된 헤드 및 Test를 위해 outsourcing한 헤드의 외관을 나타내었다.



사진1 Test Head (좌로 부터 각각 12,4,96 Nozzle)

## 2) 주요 요소기술의 개발

### (1) Alignment Optics개발

기판과 프린트헤드간의 정확한 정렬을 위해 Align용 CCD카메라와 광학System을 개발하였다. FOV가 약 1.2mm, Working Distance가 20mm의 Optics로 구성되어 있으며 광원은 LED와 Halogen Lamp를 사용하였다. Vision처리에 의한 자동 Align이 가능하며 Manual정렬도 가능하다.



사진2 Align Optics

### (2) Drop Jetting Monitoring System개발

각 Nozzle에서 분사되는 잉크방울상태를 관찰할 수 있는 모니터링 광학계가 Head와 연동하여 실시간으로 분사상황을 확인할 수가 있다. Monitoring Unit의 구성을 그림6과 사진3에 나타내었다.

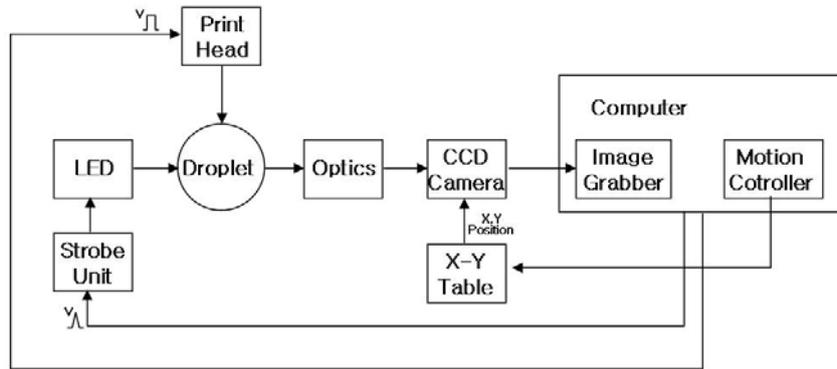


그림6 Drop Monitoring System (Block Diagram)



사진3 Drop Monitoring System

(3) Stage구성 및 Test System제작

대면적기판의 도포에 유리한 Gantry Type 리니어모터로 분사Stage를 구성하였다. 반복정밀도  $\pm 1\mu\text{m}$ 를 갖는 Stage로서 무진동 강성Frame과 결합시 안정된 프린팅작업이 가능하다. 사진4에 제작된 Test용 잉크젯시스템을 나타내었다.



(a)



(b)

사진4 Test용 잉크젯도포시스템

사진중 (a)는 12 nozzle을 갖는 자체제작 헤드를 장착하였으며 (b)는 96 nozzle(32channel)을 갖는 Outsourcing헤드를 장착하였다.

#### (4) 제어S/W

장비제어S/W는 C++ Builder를 이용하여 Programming하였으며 잉크방울의 분사는 주파수, 전압, 파형 등을 가변하여 조절할 수 있다.

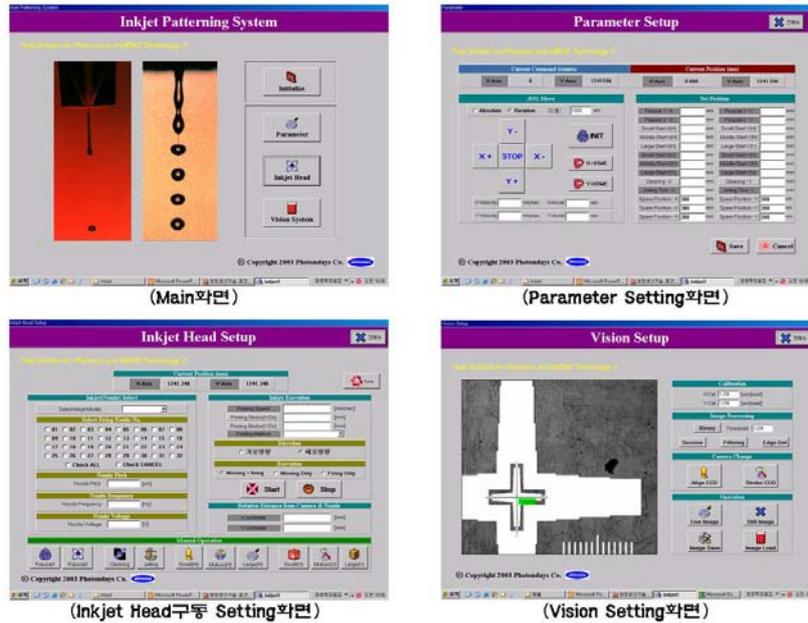


그림7. 제어화면(예)

### 5. 잉크젯프린팅 실험

사진5에는 CRT용 Color Filter용 잉크를 도포한 결과를 나타내었다. 비교적 균일한 패턴을 형성할 수 있었으며 사진6에는 LCD용 Color Filter잉크를 도포한 결과이다. 사진7에는 여러가지 요인에 의해 발생한 Printing error를 나타내었다. 잉크젯 공정에서의 불량요인은 주로 잉크분사시 landing error에 의한 pattern불량 및 인접 track과의 혼합, 잉크점도, 기관과의 정합성 등에 의한 패턴 두께의 불균일, 노즐 막힘, 헤드 드라이빙 파형 에러 등에 의한 잉크 분사 미스 등에서 기인되며 헤드는 소모성부품으로 일정 주기에 따라 교환을 하거나 Cleaning등의 보수를 해야 한다.

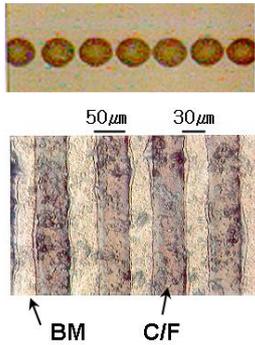


사진5

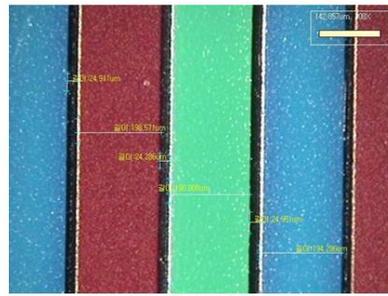


사진6

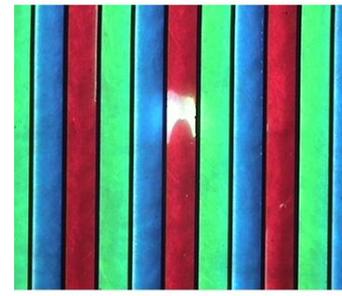


사진7

또한 그림8에는 Test System 에서 얻어진 탄착군의 실험데이터로서 약  $\pm 20 \sim 25 \mu\text{m}$  정도의 탄착군이 형성된 것을 알 수가 있다. 본 Test System 은 단순히 Head 분사실험을 위해 설계된 것으로, Stage를 고강성 구조화하고 프린팅조건을 조절하면  $\pm 15 \mu\text{m}$  이하의 탄착군 형성이 가능할 것으로 보인다..

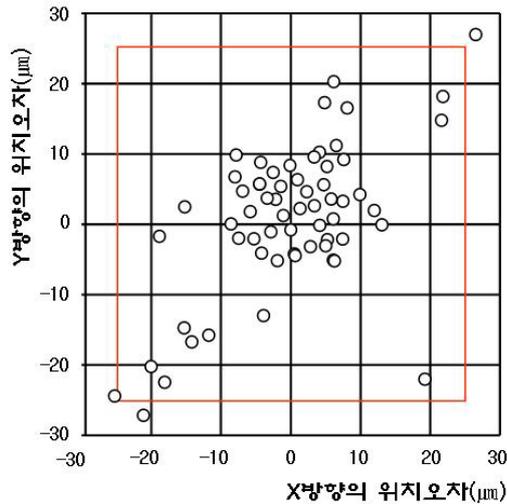


그림8 탄착위치정도

## 6. 양산용 잉크젯프린팅 시스템

당사가 특허를 출원하여 개발하고 있는 양산용 잉크젯시스템의 개념도를 그림9에 나타내었다.

장비는 적용공정에 따라 잉크분사 스테이지를 모듈별로 결합하게 되어 있어 개발용에서 양산용까지의 대응이 자유롭다. 각 스테이지는 당사가 개발한 헤드 또는 TEST용 헤드를 1개 이상 멀티로 부착 할 수가 있어 양산성을 쉽게 확보할 수가 있다. 각 모듈은 개별적으로 라미나 플로우에 의해 Clean도를 유지 할 수가 있다. 각 스테이지 하단에 평면히터를 설치하여 잉크젯프린팅과 동시의 열처리를 하거나 예비가열에 의한 공정 다양성을 부여 할 수 있

다. 또한 프린팅이 끝난 후 마지막 스테이지에서 비전에 의한 검사와 Laser 에 의한 Repair가 가능하도록 하였다. 또한 적절한 스테이지에 잉크 분사 상황을 모니터링 할 수 있는 비전 및 광학 유니트를 부착할 수 있도록 하였다.

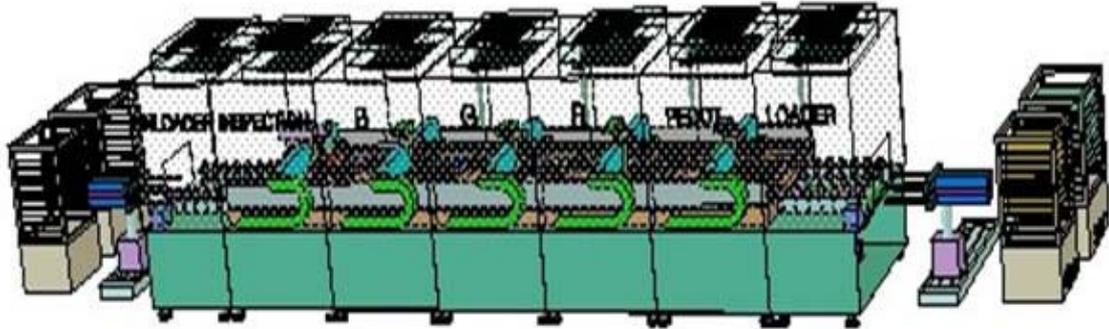


그림9 In-Line 잉크젯 System

## 7. 잉크젯기술의 전개 가능성 및 한계

잉크젯기술은 수 $\mu\text{m}$ 의 미세패턴을 형성하는 데에는 부적합한 공정이다. 현재까지는 수십~수백 $\mu\text{m}$ 의 패턴을 Photo공정대신에 Direct Patterning할 수 있는 점이 잉크젯공정의 장점으로 인식되고 있다.

잉크젯공정을 적용하는데 선행되어야 할 기술적인 요인을 정리해보면 다음과 같다.

### 1) 기계적인 제한

잉크젯도포에 필요한 Stage이동은 현실적으로 2~3 $\mu\text{m}$ 이상의 에러는 항상 포함하고 있으며 잉크가 여러가지 요인에 의해 탄도가 변하는 정도는 경험상 3~5 $\mu\text{m}$ 정도로 보고 있으며 기타 Align공차, Bank형성오차, Nozzle크기오차 등의 요인에 의한 에러를 감안하면 통상 12~15 $\mu\text{m}$ 의 Landing Error를 기본적으로 갖고 있다고 보는 것이 일반적이다. 따라서 20 $\mu\text{m}$ 이하의 패턴닝은 실용적으로 어려우며 30~60 $\mu\text{m}$ 패터닝도 상당히 고도의 공정, 재료, 장비관리가 필요할 것이다.

### 2) 화학적인 제한

잉크젯에 의해 원활히 분사가 될 수 있는 잉크의 특성을 확보하는 것이 중요하다. 용매의 증발에 의한 점도변화, 잉크찌꺼기에 의한 Nozzle막힘, 탄도변화 등은 심각한 Printing Error를 야기할 수 있다. 잉크유로와 노즐 등에 잉크와의 정합성을 위해 표면개질에 대한 연구가 필요하다.

### 3) 물리적인 제한

잉크방울의 크기가 10 $\mu\text{m}$ 이하로 작아지면 표면에너지가 커져 잉크방울이 비산이 되어 적절한 탄착군이 형성되기 어려우며 100 $\mu\text{m}$ 이상으로 커지면 운동에너지가 커져 기관상에서 충돌에 의한 분산성이 커진다. 또한 잉크점도가 10cps이상이 되면 분사속도가 저하되는 문제가 발생한다. 통상 10cps정도의 점도에서는 10kHz정도 분사가 가능하다고 보고되고 있다.<sup>5)</sup>

#### 4) 기타

기판상에 잉크가 안착되는 부분과 각 Pixel을 분리하는 Bank가 잉크와 서로 다른 상생관계를 필요로 할 때가 많다. 일례로 유기EL의 경우 Bank재료인 폴리이미드는 잉크를 밀어내는 성질이 필요하고 ITO기판은 잉크를 고착시키는 표면특성이 필요하다. 이를 위해 인위적으로 표면에 다른 Buffer층을 형성해주는 방법도 있으며 또는 Plasma에 의한 표면개질도 유효한 것으로 알려져 있다.

### 8. 결어

금후 잉크젯프린팅기술은 OA용 프린터응용에서 벗어나 평판디스플레이를 필두로 각종 전기/전자부품, Bio, 의료용 등으로 그 응용범위를 넓혀갈 것으로 보고 있다. 이러한 잉크젯프린팅기술의 실용화를 위해서는 헤드기술, 잉크기술 그리고 System Integration에 의한 공정적용에 대한 많은 개발이 이루어져야 할 것으로 생각되며 이를 위해서는 금후 디바이스 제조업체와 장비개발업체 간에 긴밀한 협력체계가 이루어져야 할 것이다.

### 참고문헌

- 1) 안동훈, Vol4, No1, 2003 Information Display
- 2) Fukuda et al., SID 2003
- 3) 권순기 , Vol4, No1, 2003, Information Display
- 4) Okada, FPD International Seminar 2003
- 5) 宮下 悟, Flat panel display ,2003 (Nikkei BP)
- 6) M.Grove etal, MRS 2004