

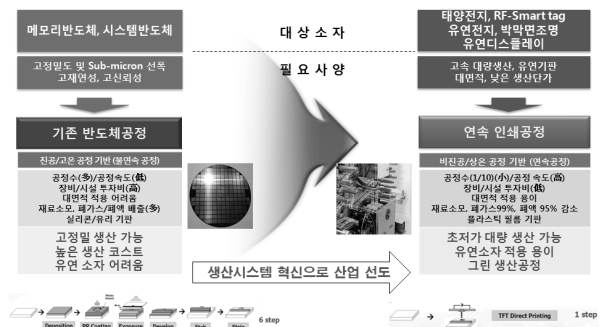
인쇄 전자 기술의 동향

김동수 (한국기계연구원)

I. 서론

과거 전자 디바이스들은 성능중심의 기술 개발과 그에 따른 생산 기술이 융합된 형태로 지속적인 발전을 이루어 왔다. 하지만 이러한 과거의 전자 기술 동향이 최근 디자인, 휴대성 등의 활용적, 창의적인 기술 개발로 탈바꿈하고 있다. 이러한 측면에서 유연 전자 디바이스가 미래 산업의 큰 파급 효과를 미칠 것으로 예측 하고 있으며, 유연 전자 소자들은 현재 해외 선진국을 중심으로 그 기초 기술을 적극적으로 연구하고 있다. 또한, 향후 5년 이내에는 본격적인 상용화 기술로 발전 할 것으로 예측하고 있다. 그리고 이러한 유연 전자 소자 뿐만 아니라 최근의 LCD/LED TV와 같은 대면적의 전자 디바이스들은 제조 공정상에서 보다 저가의 대면적으로 구현 가능한 공정 기술을 지속적으로 연구하고 있는데 이는 대부분의 생산 공정이 반도체 공정 중심인 진공, 독립 공정 기술을 포함하고 있기 때문이다. 따라서 최근 많은 연구자들은 반도체 공정을 대체하기 위한 연구를 수행하고 있으며 대표적으로는 잉크젯과 같은 기술이 점차적으로 도입되고 있는 실정이다.

잉크젯은 현재 가정용 프린터기등에서 손쉽게 접 할 수 있다. 즉, 일반적으로 사무실 혹은 가정에서 문서를 인쇄하기 위한 목적으로 이용되고 있으며 이러한 프린터기는 고속으로 다양한 문서와 그래픽을 자연스럽게 인쇄하는 시스템 중의 하나이다. 인쇄라는 것은 쉽게는 잉크로부터 우리가 원하는 패턴과 모양을 종이나 필름과 같은 곳에 전이를 시킨다는 원리이다. 따라서 최근에는 이를 더욱 확대하여 인쇄 장비 기술을 이용하여 유기 전자재료를 패터닝, 코팅하는 인쇄 전자 기술이 미래 선도 기술로써 이슈가 되고 있다. 인쇄 전자 기술은 과거 신문, 잡지등을 인쇄하듯이 연속 인쇄 생산 시스템을

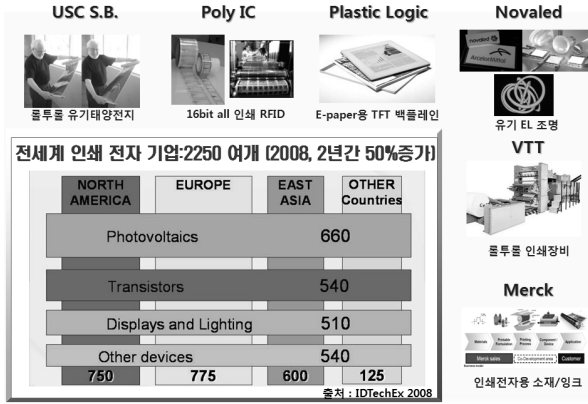


〈그림 1〉 차세대 전자소자 생산의 패러다임 변화

기반으로 유기 전자 재료를 중첩 인쇄함으로써 다양한 전자 소자를 생산하는 시스템이다.

II. 인쇄전자용 초정밀 연속생산 시스템

인쇄전자용 초정밀 연속생산 시스템은 앞서 설명한 인쇄 전자 시스템에 대한 세부적인 표현이라 할 수 있다. 과거의 미디어 인쇄 기법에서는 단지 글자의 가독성 및 그래픽의 구현성이 시스템의 정밀도를 좌우 했기 때문에 저 해상도 혹은 중 해상도 수준의 인쇄성만 갖춘 시스템으로 제작이 되었다. 하지만 인쇄 전자용 연속생산 시스템은 이러한 패터닝 혹은 코팅의 작은 오차가 전자 소자의 성능과 동작 유무에 직접적으로 관여하기 때문에 아주 높은 정밀도를 요구하는 시스템으로 구현이 되어야 한다. 더불어, 인쇄전자용 초정밀 연속생산 시스템은 이전의 반도체 중심의 생산 공정을 대체하고자 하는 최선의 청정 생산 공정이므로 그 정밀도는 반도체 소자에 적용이 가능한 고 해상도가 기본적으로 적용이 가능해야 하며 반도체 공정과는 다르게 상온, 상압 그리고 연속의 3가지 요소를 모두 만족 시켜야하는 어려움이 있다. 따라서 이러



〈그림 2〉 해외 인쇄전자 산업·기술 동향

한 시스템은 현재 이전부터 미디어 인쇄 시스템을 주도해온 독일을 중심으로 핀란드, 덴마크등의 유럽 선진국에서 기술 개발을 추진하고 있으며 미국, 일본등도 기술개발에 더욱 박차를 가하고 있다.

Ⅲ. 인쇄전자의 세부 기술

인쇄전자 연속생산 기술은 소자/장비/소재의 매칭이 핵심 요소로 인쇄 전자의 산업화를 위해서는 소자 생산에 따른 total solution이 필수적이다. 따라서 본 기술범위는 소자 설계 및 공정 기술, 핵심장비 기술, 기능성 소재 양산화 기술로 폭넓게 구성된다. 특히나 인쇄전자 소자의 초저가 대량 생산이 가능한 초정밀 연속생산 장비 기술로서 주요 공정을 대체하는 3가지 종류의 장비 기술은 다음과 같다.

- ① 기존 노광(photolithography), 스텝퍼(stepper) 및 식각 공정을 대체할 수 있는 초정밀 복합(접촉식/비접촉식) 롤 프린팅 장비 기술
- ② 기존 스프인코팅 및 증착(deposition, thermal evaporation, sputtering) 공정을 대체할 수 있는 나노박막 코팅 장비 기술

기술구성	세부요소기술	비 고
틀기반 프린팅기술	접촉식 프린팅 기술	
	비접촉식 프린팅 기술	
틀기반 박막 코팅기술	접촉식 코팅 기술	
	비접촉식 코팅 기술	
틀기반 패터닝기술	Hybrid 리소그래피 기술	
	디지털 패터닝 기술	
인쇄전자 소자 및 공정 기술	소자 설계 및 생산기술	
	공정설계 및 시스템 집적기술	
인쇄전자용 소재기술	기능성 잉크 소재 기술	
	기판 소재 기술	
공통기술	웹 이송 및 레지스터 제어 기술	
	건조/경화/소결 기술	

〈그림 3〉 인쇄전자 연속생산시스템 기술구성

- ③ 기존 고온/진공 기반 반도체/MEMS 공정을 대체할 수 있는 저온/상압 롤기반 고집적 패터닝 장비 기술

위의 장비 기술을 기반으로 유연 태양전지, 유연 디스플레이, 박막 인쇄전지, 박막 트랜지스터 등 다양한 인쇄전자 소자의 설계기술 및 초저가 대량생산을 위한 공정기술이 복합적으로 작용하며, 소자 생산에 필요한 기능성 잉크는 물론 유연기판등의 핵심 소재에 대한 양산화 및 응용기술도 포함되어 있다.

1. 초정밀 복합 롤 프린팅 장비 기술

롤 기반의 프린팅 장비 기술은 기능성 잉크를 이용하여 전자소자에 필요한 미세 패팅을 프린팅 함으로써 기존 반도체 공정의 노광, 식각 장비를 대체하는 기술이다. 기본적으로 반도체 공정에 비해 저온/상압 공정을 기반으로 하고 있으며 유연 기판에 대면적/고속 연속 생산이 가능하여 기존 반도체 공정에 비해 공정, 장비 및 시설 투자 비용이 매우 저렴한 장점을 가지고 있다. 이러한 장점은 유연 인쇄 전자 소자의 초저가 대량 생산이 가능하게 하여 다품종 대량생산에 가장 적합한 형태라고 할 수 있다. 공정적인 측면에서는 필요한 부위만 패터닝 하는 additive 공정으로서 재료 소모가 적고 오염 물질 배출이 크게 감소하는 친환경 공정의 요소도 포함하고 있다. 롤 프린팅 장비 기술에 적용이 가능한 기술로서는 크게 접촉식과 비접촉식 프린팅 기술로 나뉠 수가 있으며 이를 복합적으로 접목한 하이브리드 방식도 있다.

가. 접촉식 롤 프린팅 기술

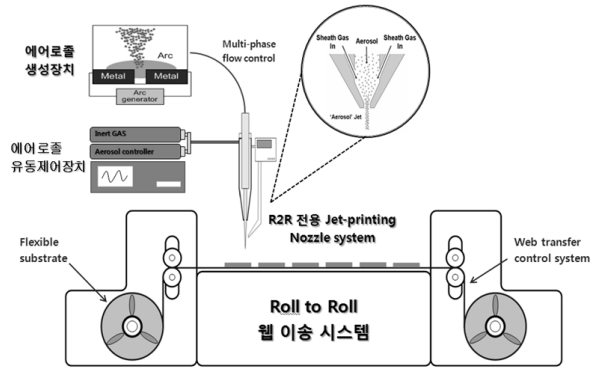
접촉식 롤 프린팅 기술은 여러 가지가 있으나 그 중 대표 되는 3가지 롤 프린팅 기술로 그라비아 프린팅, 플렉소 프린팅, 오프셋 프린팅 기술이 있다. 제판롤이 오목으로 각인되어 전이 되는 기술이 그라비아 프린팅 기술이며, 볼록으로 각인되어 전이 되는 기술은 플렉소 프린팅 기술이라고 한다. 또한 오목 제판을 실리콘 혹은 러버등의 재질로 구성된 블랭킷 롤에 전이 시켜 다시 기판으로 전이 시키는 방식을 오프셋 프린팅 기술이라고 한다. 각각의 인쇄 기술은 장단점을 보유하고 있으며 이중 박막 코팅 및 패터닝 그리고 미세패턴 형성에서 좋은 인쇄 결과물을 얻을 수 있는 그라비아 오프셋 인쇄 기술이 인쇄전자 분야에서 보다 좋은 결과를 나타내고 있다. 하지만 블랭킷 롤로 전이된 잉크를 다시 기판으로 전이 시키는 과정에서 다이렉트로 제판으로부터 전이시키는 그라비아 방식이나 플렉소 방식에 비해 제어가 어렵고 인쇄하고자하는 잉크 즉, 재료에 대한 인쇄 영향력이 높다는 단점을 가지고 있기도 하다.

현재 국외에서는 인쇄전자 분야에 대부분 그라비아 프린팅 기술을 적용하고 있으나 그에 따른 보다 미세한 선폭 인쇄에 한계를 가지고 있기 때문에 접착식 프린팅 기술에서는 보다 지속적인 장비, 재료의 개발이 시급한 실정이다.


나. 비접착식 롤 프린팅 기술

비접착식 롤 프린팅 기술은 기본적으로 비접착식의 박막 코팅/패터닝 공정이 포함된 롤 프린팅 장비 기술을 의미한다. 비접착식의 가장 대표적인 기술로는 잉크젯을 들 수가 있다. 잉크젯은 과거 지속적인 발전을 이루어 왔고 최근에는 다양한 산업 분야에도 적용이 되어 현재 비접착식 방식에서는 가장 기술적으로 쉽게 적용이 가능한 기술이다. 하지만 잉크젯 기술은 태생적으로 공정이 가지는 노즐 막힘 현상이나 박막 코팅에 대한 어려움으로 인해 인쇄전자 기술에서는 스프레이 방식이나 기타 다른 비접착식 공정 기술이 연구 되고 있다.

스프레이 방식은 과거 페인팅과 같이 임의의 면을 코팅하는데 있어 손쉬운 구성과 적용으로 많이 사용되어져 왔다. 기본적으로 공압을 이용한 분사 방식으로 특히나 인쇄전자 분야와 같이 유기물의 박막 코팅이 다중으로 형성되는 공정에서는 적용이 용이한 장점을 보유하고 있어 유기 박막 태양전지 분야 등에서 주로 이용되어 지고 있다. 하지만 기존의 공



〈그림 6〉 Aerosoljet 롤 프린팅 시스템 개념도



Introduction

- Nano Particle Spray System using electrostatic force.
- Nano/Micro Thin Film coating system.
- Micro Patterning System for continuous process

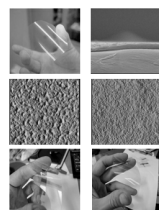
Achievements

- Through ESD, it is possible to pattern small particles without any physical damage.
- The coated film is patterned to nano size thickness.
- High speed coating for the continuous process.

Applications

- Complete manufactured organic thin film solar cell & OLEDs

Fabrication of Conductive Coated Film SEM Image (thickness : 650-700nm)

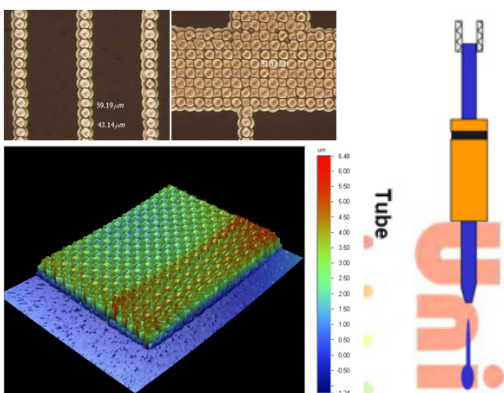


- RMS : 9.0nm, RMS : 4.6nm
- Surface AFM Image of Coated area
- All ESD printed OLED
- Large area transparent conductive film

〈그림 7〉 ESD 나노 박막 코팅 기술

Gravure Printing	Flexographic Printing	Offset Printing
Store Ink in Roll → Printing	Store Ink on Roll → Printing	Feed Ink to Gravure Roll → Transfer to Blanket Roll → Printing
<ul style="list-style-type: none"> High speed, very precision process Suitable for mass production Use high conductivity materials 	<ul style="list-style-type: none"> Low tooling cost Use ink thinner Hard to control ink thickness 	<ul style="list-style-type: none"> High resolution Easy to control ink thickness Need high precision align technology

〈그림 4〉 접착식 롤기반 프린팅 기술



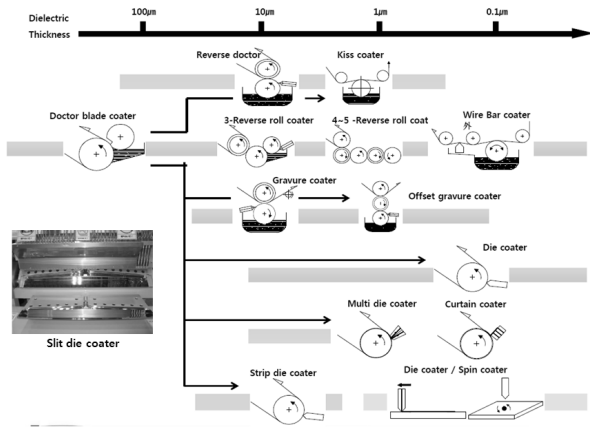
〈그림 5〉 잉크젯 프린팅 기술

압 스프레이 코팅 방식은 코팅 박막의 정밀 두께 제어가 어렵고 좋은 표면 거칠기를 가질 수 없다는 단점으로 최근에서 고전압을 이용한 ESD (Electrostatic Spray Deposition) 박막 코팅 기술이나 Aerosol jet 등과 같은 특수한 스프레이 기술이 인쇄전자 분야에 접목 되고 있다. 이 기술들은 일반적인 공압 스프레이 코팅 기술에 비해 아주 작은 입자의 분사가 가능하여 보다 좋은 그리고 얇은 박막을 구현 할 수 있다는 장점을 가지고 있다. 원리는 ESD는 고전압을 노즐에 가해 유기물 입자를 잘게 쪼개어 분사되는 방식이며 Aerosol jet은 초음파등과 같은 분무 여과기를 거쳐 올라온 작은 입자를 유도 가스를 이용하여 분사하는 기술이다.

이와 같은 박막 스프레이 공정이외에도 다이렉트로 메탈을 녹여 패터닝하는 메탈젯 기술과 고전압 ESD기술을 활용하여 잉크젯과 같이 드랍으로 토출이 가능한 EHD (Electro Hydro Dynamic) 패터닝 기술도 있다.

2. 나노박막 코팅 장비 기술

인쇄 전자 기술은 유기 재료의 다중 적층 방식으로 구현되는 경우가 많다. 대표적으로 박막형 태양전지나 OLED등이 있으며 이러한 적층 방식은 주로 나노 두께의 유기물층을 코팅하는 다중 중첩 방식이다. 기존 반도체 공정의 스피너코팅 및



〈그림 8〉 박막 코팅 기술의 분류

증착 장비를 대체하는 기술로 기존에는 주로 독립 방식의 공정 요소였으나 인쇄 전자 시스템에서는 연속 공정의 나노 박막 코팅이 가능한 롤 프린터 형태로 구현이 가능하다.

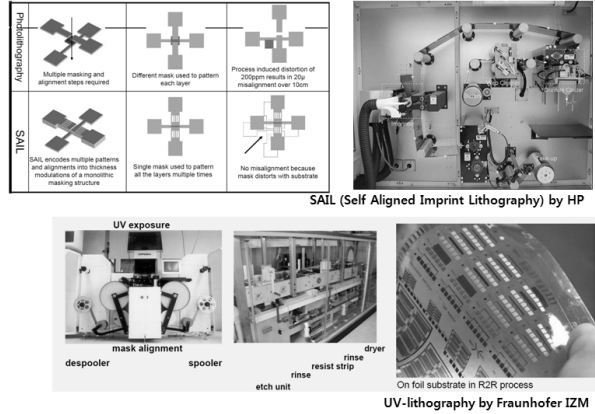
기존의 스프인 코팅 및 증착 공정은 공정 속도가 느린 반면 대면적화에 한계를 가지고 있었으며 진공등을 이용할 경우 생산단가가 크게 상승하는 공정 기술로 여겨졌다. 점차적으로 대형화되는 LCD/LED TV와 같은 분야에서는 50인치, 60인치 등으로 날이 갈수록 증가하는 면적에 대한 새로운 공정 기술은 반드시 필요로 하다.

롤 프린팅 기술을 활용한 나노 박막 코팅 장비 기술은 닥터블레이드, 그라비어, 그라비어 옴셋, 슬롯 다이등의 코팅 기술로 구현이 되고 있으나 각각의 여러 공정이 가지는 최소한의 박막 두께나 편차에 따라 적용 소자에 구현이 가능한 형태로 구성이 가능하다.

3. 저온/상압 롤기반 고집적 패터닝 장비 기술

롤 기반의 고집적 패터닝 장비 기술은 반도체 공정 기술을 대체하기 위한 핵심 기술중의 하나이다. 오늘날의 전자 소자들은 그 집적도가 날이 갈수록 높아지고 있으며 이는 보다 미세한 선폭을 정밀하게 구현함으로써 통해 이루어진다고 볼 수 있다. 따라서 롤 기반의 패터닝 장비 기술 역시 이와 다르진 않다. 인쇄 기술에서의 패터닝 선폭은 곧, 생산 소자의 집적도와 높은 상관관계를 가지고 있으며 현재 일반적인 롤 기반의 공정 기술에서의 한계는 약 10µm 급으로 여겨지고 있다. 하지만, 이 또한 랩 수준에서의 결과이며 대체적으로 신뢰성이 있는 생산 장비로써의 최소 선폭은 약 20µm 내외 수준으로 평가 하고 있다.

최근 한국기계연구원에서는 이러한 롤 프린터의 미세 선폭 패터닝 기술로 크게 이슈화가 되었다. 그것은 기존 20µm 내외 수준의 미세선폭을 약 7µm급의 선폭을 인쇄함으로써



〈그림 9〉 롤기반 패터닝 기술의 예

세계적인 수준의 인쇄 장비를 개발 하였으며, 현재 다양한 소자에 적용이 가능한 기술로 발전을 시키고 있는 실정이다.

IV. 국내외 기술 동향

1. 국내 기술 동향

현재 국내의 인쇄전자 기술 수준은 국외 대비 약 80% 수준에 머무른다고 볼 수 있다. 대체적으로 국내의 경우 소자, 재료, 장비의 각각의 분야에서는 높은 경쟁력을 가지고 있으나 인쇄전자 기술은 소자, 재료, 장비가 통합된 형태로 구현되기 때문에 이러한 측면에서는 국외의 수준에 비해 기술 구현성이 낮은 편이다. 미국이나 유럽의 경우 학계와 업계가 연계되어 우수한 연구 개발자의 주도하에 업체를 설립하고 직접 태양전지나 OLED등을 생산하는 시스템을 구축하고 있다. 대표적으로 미국의 Konarka가 Heeger 교수의 연구를 바탕으로 설립되어 현재 유기 박막 태양전지를 롤 프린팅 방식으로 대량 생산하는 시스템을 구축하고 향후 1~2년내에 본격적인 생산을 시작할 것으로 예측하고 있다. 국내는 이러한 측면에서 아직까지는 대기업 주도의 산업방식에서 인쇄전자가 가지는 시장성이 현재는 없다는 판단하에 직접 참여를 하고 있지 않으나 연구소 및 학교를 중심으로 지속적인 연구 교류는 유지하고 있다. 따라서 현재 인쇄전자가 본격적으로 꽃을 피울 것으로 예상되는 약 3~5년 후에는 국내에서도 다양한 기업에서 롤 프린팅 방식을 이용한 소자 생산 시스템을 적극 구축 할 것으로 예상된다.

2. 국외 기술 동향

국외에서의 인쇄전자 기술은 그 기술 경쟁이 상당히 치열하다. 과거 미디어 인쇄 기반과 롤 프린팅 장비에서 우위를 점하고 있던 독일을 비롯한 유럽 국가는 물론 미국 및 일본도

더욱 연구에 박차를 가하고 있다.

국외는 듀폰, 머크등의 재료 기반의 업체와 VTT, Man Roland등의 장비기반의 업체 그리고 연구소등의 컨소시엄 구성을 수년전부터 지속적인 정부투자를 바탕으로 연구를 진행하고 있다. 그리고 최근 국외 인쇄 전자 기술의 동향은 본격적으로 생산 소자에 대한 생산 장비가 구축되고 있으며 향후 2~3년 이내에는 시장 진입을 목표로 하고 있다고 볼 수 있다. 표 1에서와 같이 국내 기술이 소자, 재료, 장비등 각 분야 기술로 독자적인 연구 개발을 수행하는 것과는 많이 차이가 있다.

국내외 인쇄전자 관련 업체 현황을 보면 현재는 재료나 장비보다 소자측면에서 많은 업체가 연계되어 있다. 이는 현 시점이 아직까지는 시장이 활성화가 되지 않았다는 점을 보여주고 있으나 기술의 전반적인 주도가 미국, 유럽, 일본등의 극 선진국 위주로 형성되고 있다는 측면에서 향후 미래 산업의 가치를 높게 평가 할 수 있다. 인쇄전자 기술은 장비나 재료에 치중하지 않고 생산 소자를 기반으로 그에 맞는 장비와 재료가 최적화되어 구성된다는 점에서 기술의 완성도와 노하수가 상당히 높다는 특징을 가진다. 따라서 이러한 기술

〈표 2〉 국외 기업의 기술 개발 수준

기업명	개발 수준
Xennia	잉크젯 인쇄 (50um 선포)장비 개발
Xaar	메모리 소자 인쇄응용 개발
Dimatix Fuji	잉크젯 인쇄(1pl 헤드 정밀도) 프리팅 장비 개발
Cintelliq	RFID용 TAG용 Organic Semiconductor 장비기술 개발
KOMORY	롤투롤 인쇄장비 미디어 인쇄장비 개발
VTT	교환가능한 4도 인쇄 장비 개발
Man Roland	혼합 R2R 저급의 수동 / 능동 소자 개발
Deguss	플렉소, 그라비라 도체잉크 개발
Merck	P3HT Polythieno thiophere기술의 반도체 잉크 개발
Dupont	Polyimide 계열 잉크 개발

적 구성은 단기간에 형성되기는 힘들 뿐만 아니라 연구 개발을 함에 있어서 하나의 방향으로 치중되어서도 안된다. 국내 인쇄전자 기술의 경우 그간 여러 세부 기술들이 기업, 학교, 연구소 등에서 독자적으로 연구 개발이 진행된 측면이 많았지만 향후 본 기술의 가치와 곧 형성될 인쇄 전자 시장의 국외 경쟁력 확보를 위해서는 많은 컨소시엄 구성과 정부의 적극적인 투자 진행이 급선무라고 볼 수 있다.

〈표 1〉 국내 기업의 기술 개발 수준

기업명	개발 수준
LG 디스플레이	잉크젯, 리버스옵셋 프린팅을 이용한 LCD용 컬러필터 제작
삼성전자	잉크젯, 그라비아옵셋 프린팅을 이용한 트랜지스터, LCD용 컬러필터 개발
LG화학	그라비아옵셋 프린팅 이용 PDP용 EMI 필터 개발, 리버스 옵셋 프린팅 공정 및 컬러필터 잉크, BM용 잉크, Ag 잉크, 블랙킷 등 소재 기술 개발
삼성전기	그라비아 프린팅, 슬롯다이 코팅을 이용한 MLCC 양산, 롤투롤 그라비아/슬롯다이 장비 개발, 산업용 잉크젯 솔루션 기술 개발 및 LCD 컬러필터, PCB 시양산
LG이노텍	리버스옵셋 프린팅을 이용한 PDP 전극 개발
SFA	그라비아 옵셋 프린팅 장비 개발, 리버스 옵셋 프린팅 장비 개발
나래나노텍	그라비아 옵셋 프린팅 장비 개발, 박막용 슬릿다이 코팅 장비 개발
유니젯	롤투롤 잉크젯 프린팅 장비 개발
디바이스 이엔지	그라비아 옵셋 프린팅 및 ESD 코팅을 이용한 투명전극 개발
제일모직	디스플레이, 태양전지 용 배선전극 잉크 개발
동우화인켐	LCD 컬러필터 위한 잉크젯/롤프린팅용 잉크 개발
동진세미켐	태양전지전극용 Ag 잉크, AI 잉크, PolySi 잉크 개발
잉크테크	롤투롤 인쇄공정용 Ag 잉크 개발
대주 전자재료	PDP 패널 전극용 Ag 잉크 개발
나노신소재(ANP)	반도체, 디스플레이, 태양전지 전극용 Ag 나노잉크 개발

V. 인쇄전자 기술의 가치와 시장

인쇄전자 기술은 여러 소자에 대한 시장 창출이 가능하다. 하지만 그 중 가장 주목 받는 분야는 태양전지, E-paper, OLED display, Logic/Memory 분야 이다. 이 분야들은 향후 몇 년이내에 가장 큰 시장을 창출할 것으로 예측되는 미래 핵심 기술들이며 이러한 소자에 초저가와 유연(flexible)한 특성을 부여 할 수 있는 초정밀 인쇄전자 생산 시스템은 그 가치

Device Manufacturers		Material Suppliers	Equipment Suppliers
Philips (네덜란드)	eMagin (미국)	Bayer (독일)	Aktron (독일)
Infinison (미국)	IBM (미국)	CDT (영국)	H.W.Sands (미국)
RITEK (대만)	Nippon Seiki (일본)	Covion (독일)	Kurt Lesker (미국)
Luxel (캐나다)	Kodak (미국)	Dow Chemical (미국)	Tokki (일본)
Acer (대만)	Lite Array (미국)	DuPont (미국)	ULVAC (미국)
Chi Mei (대만)	Rohm (미국)	Kodak (미국)	Shimadzu (일본)
Hilachi (일본)	TECO (대만)	Opsys (영국)	EDC (미국)
Hyundai (한국)	Sanyo (일본)	PPG (미국)	Enercon (미국)
LG (한국)	Sharp (일본)	Dow Material (미국)	Dalux (미국)
Matsushita (일본)	TDK (일본)	Toyo Ink (일본)	Darkfield (미국)
Picvue (대만)	Tohoku Pioneer(일본)	Daejoo(한국)	V Tech (미국)
Stanley Electric (일본)	Lighttronk (대만)	Ink-Tac(한국)	Integral Vision (미국)
Sony (일본)	CDT (영국)	Paru(한국)	CHA Industries (미국)
Samsung/NEC (한국)	Seiko Epson (일본)	NPK(한국)	Ulvac (미국)
Fujitsu (일본)	Delta Opto (대만)		Preco (미국)
Toshiba (일본)	Dow Material (미국)		Applied Film (미국)
Optotech (대만)	Philips (네덜란드)		Northfield (미국)
DuPont (미국)	UDC (미국)		Ushio (일본)
NOKIA (핀란드)	Rochester (미국)		Toray (일본)
Eumin8 (영국)	DRAPA (미국)		Schmid (독일)
CYPAP (스웨덴)	NIST (미국)		Systronic (독일)
Pinpino (핀란드)	M Real (핀란드)		Von Ardenne (독일)
Cintelliq (영국)	HP (미국)		
Plastic Logic (영국)	ACREO (스웨덴)		
kodak (미국)	MAN Roland (독일)		
Xennia Technology (영국)	Fraunhofer IZM (독일)		

〈그림 10〉 인쇄전자 관련 국내외 업체 현황

가 더욱 높다고 할 수 있다.

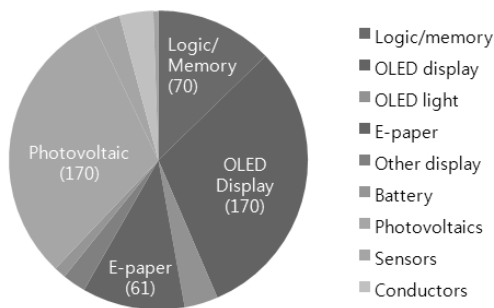
2010년도에 IDtechEX에서 예측한 2020년 인쇄전자 시장은 약 551억 달러를 예측하고 있으며 2030년에는 약 3400억 달러의 시장을 예측하고 있다. 그리고 그 중심에는 크게 에너지소자, 디스플레이 소자, 스마트 소자로 양분되어 있으며 그 외에는 조명 분야 등 기타 시장이 존재 할 것으로 예측하고 있다. 이러한 소자들은 현재는 대부분 무기 재료들이 주도를 하고 있으며 따라서 공정 역시 반도체 공정이 중심이 되어 있지만 향후 유기 재료들의 본격적인 대체가 이루어짐과 동시에 인쇄전자 장비 기술은 보다 큰 발전을 이룰 것으로 예측하고 있다. 이러한 장비를 바탕으로 한 공정 기술도 코팅, 패터닝으로 크게 발전 할 것이다. 현재의 많은 연구자들은 전자 소자의 발전 방향이 점차적으로 유연, 스마트 소자로 나아가갈 것을 예측하고 있으며 그 중심에는 이러한 인쇄전자 기술이 뒷받침 되어야 한다. 과거 국내 산업은 반도체 기술을 바탕으로 최근까지도 높은 세계 경쟁력과 우수한 기술성과를 창출하였다. 이는 지속적으로 제기되어온 반도체 공정 기술의 한계를 오늘날까지도 많은 연구와 개발을 통해 극복을 하여온 결과라고 볼 수 있다. 고집적 및 고품질의 소자를 양산 할 수 있는 반도체 공정의 장점은 여전히 현 기술의 중심에 있고 향후 발전 가능성도 있다. 하지만 이제는 소자의 집적도는 물론 유연과 스마트로서의 기술적 가치가 점차 부각되고 있는 실정에서 반도체 공정 기술의 한계를 뛰어넘는 것만으로는 대처 방

안이 될 수 없다. 유연 기판을 이용한 소자는 재료 및 소재, 공정의 개념이 확연히 달라지고 이러한 점은 현재 국내 반도체 기술의 우수성에 안주해서는 절대 안 된다 것이다.

인쇄전자 기술은 현재 미래 핵심기술과 미래 시장 창출에 큰 기대를 하고 있는 기술 중의 하나이며 최근 정부에서도 이에 대해 인지하고 적극적인 투자를 유도하고 있다. 하지만 여전히 수년전부터 컨소시엄을 구성하여 연구 개발을 진행해온 선진국들에 비해서는 턱 없이 부족한 편이며, 당장 1~2년내에 시장 형성을 목표로하는 국외 기업들과의 경쟁에서 과연 국내 기업들이 얼마만큼의 경쟁력을 확보할 지도 의문이 생긴다. 최근 애플의 전자기기들은 그들의 아름다운 디자인과 사용의 편리함, 그리고 스마트한 정보관리등을 통해 단순히 하드웨어적인 요소로써가 아니라 인간의 생활 환경을 바꿀 수 있는 기기로서의 가치가 높게 평가 되어 소비자로부터 높은 지지를 받고 있다.

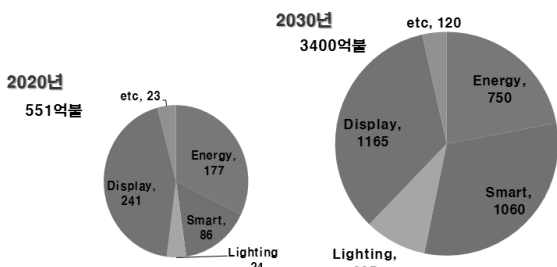
인쇄전자 기술은 하나의 기술적 가치는 물론 인간의 생활 환경을 변화 시킬 수 있는 기술이다. 생산 시스템은 과거의 어떤 기술에 비해 청정한 친환경적인 요소를 갖추고 있으며 낮은 가격에 다양한 유연 소자를 생산 할 수 있다는 점이 그 기술의 가치를 대변하고 있다.

최근 SF 영화에서 많이 보여지는 다양한 우리 인간의 미래 생활 모습들이 과연 어떤 기술로 어떻게 구현이 될지에 대해서는 연구자들외에는 큰 관심을 가지지 않는다. 하지만 이러한 연구는 현재도 진행되고 있으며 초정밀 인쇄전자 생산 시스템과 같은 기술 발전이 그와 같은 환경을 제공해 줄 수 있는 하나의 핵심 기술이다. 일회용 전화기를 인쇄하듯이 자판기에서 뽑아서 쓸 수 있으며 유연 디스플레이를 주머니에서 꺼내어 즐겁게 영화를 볼 수 있으며 나아가서는 우리가 쓰고 있는 다양한 전자 기기들이 휴대용 태양전지나 인쇄 배터리등을 통해 충전 걱정 없이 청정의 에너지를 무한정으로 사용 가능한 그날이 올 것을 기대하며 인쇄전자 생산 기술이 이를 구현 해 줄 하나의 핵심 기술이 될 것으로 판단된다.



출처 : IDtechEX 2010(단위: 억달러)

〈그림 11〉 2020년 인쇄전자시장 구성전망



* 출처 : IDtechEX 2010(단위: 억달러)

〈그림 12〉 소자그룹별 인쇄전자시장 전망

참고문헌

- [1] White Paper: "OE-A Roadmap Roadmap for Organic and Printed Electronics", May 2008, Organic Electronics Association.
- [2] Third Edition "OE-A Roadmap for Organic and Printed Electronics", in "Organic and Printed Electronics", 3rd edition, June 2009, VDMA-Verlag.
- [3] Printed Electronics World -. IDTechEx Brand enhancement by electronics in packaging, September 2009.
- [4] White Paper "Organic Electronics"- Recommendations

- for the Advancement of Organic Electronics on a National and International Level, updated version February 2008, Organic Electronics Association.
- [5] Printed Electronics- technologies and applications, Frost & Sullivan, 2009.
- [6] White Paper "Organic Electronics, Recommendations for the advancement of Organic Electronics on a national and international level", February 2008, <http://www.vdma.org/oe-a>
- [7] "Plastic Electronics and the FMCG Consumer", A Materials Knowledge Transfer Network Report, 2009, www.faraday-knowledge.com



김 동 수

2000년 2월 영남대학교 기계공학 박사.
1991년 2월 영남대학교 기계공학 석사.
1988년 2월 영남대학교 기계공학 학사.
1991년 1월~현재 한국기계연구원 (그룹장, 팀장, 본부장 역임), (현)선임연구본부장.
2011년 3월~현재 서울대학교 기계공학부 겸임교수.
2010년 12월~현재 국가과학기술위원회 위원(지방과학기술진흥협의회 위원).
2003년 5월~2003년 8월 UCLA Visiting Scholar.
(관심 분야) 인쇄전자, 롤투롤 생산장비, 태양전지, 유기 전자 소자