

인쇄전자 기술 발전 동향과 콘텐츠 산업에의 시사점

Technology trend of printed electronics and its implications on contents industry

정지형, 하영욱, 허필선
한국전자통신연구원 기술전략연구본부

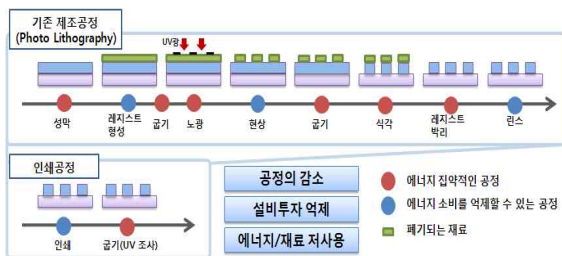
Chung ji-hyong, Ha young-wook, Heo pil-sun
Technology Strategy Research Division,
Electronics and Telecommunications Research
Institute

요약

본 연구에서는 새로운 전자소자 및 부품 제조기술로 각광받고 있는 인쇄전자 기술의 발전 동향을 기반기술과 응용분야별로 살펴보고 이러한 제조기술의 발전이 콘텐츠 산업에 미치는 영향을 살펴본다.

1. 인쇄전자 기술의 정의 및 특징

인쇄전자(Printed Electronics) 기술은 다양한 전기적 특성을 가지는 전자잉크를 이용하여, 인쇄기법을 통해 다양한 전자소자 및 부품을 제조하는 기술을 의미한다. 인쇄전자 기술은 기존에 비하여 저비용, 저온, 고속, 단순, 친환경 공정이 가능하다는 장점이 있어 전자산업의 기존 공정을 대체할 기술로 각광받고 있다.



▶▶ 그림 1. 기존 생산기술과 인쇄전자기술의 비교[1]

인쇄전자 소자의 세계 시장은 2010년 3.7억 달러에서 2020년 370억 달러, 그리고 2030년 3,360억 달러로 연평균 40% 이상의 높은 성장률이 전망되고 있다[2].

표 1. 인쇄전자 소자의 세계 시장 전망

	2010	2013	2015	2020	2030 ²⁾
Logic/Memory	0.01	0.06	0.29	6.30	100
Display	0.12	0.73	2.66	14.16	114
- OLED ¹⁾	0.00	0.05	1.26	8.16	100
- 전자종이 ²⁾	0.12	0.68	1.40	6.00	14
OLED light ²⁾	0.00	0.08	0.27	1.80	30
Photovoltaic ³⁾	0.01	0.23	1.00	11.37	70
Battery	0.02	0.03	0.08	0.70	5
Sensors	0.12	0.25	0.50	1.57	6
Others ⁴⁾	0.09	0.22	0.37	1.27	11
Total Printed	0.37	1.60	5.17	37.17	336

현재는 LCD, 전자종이 등 디스플레이와 센서 등의 분야에서 소규모 시장이 형성되어 있고, 추후에는 디스플레이, 태양광 발전 패널, 로직메모리를 중심으로 시장이 형성될 것으로 예측된다. 수년 전의 전망들이 단기적으로 큰 시장 형성을 예측한 것과는 대조적으로 최근 전망은 인쇄전자 시장 활성화가 다소 지연되고 있음을 보이고 있다.

2. 인쇄전자 기반기술 동향

인쇄전자 기술의 실현을 위하여 필수적인 기반기술은 전자잉크, 인쇄기기, 인쇄기판 등으로 나누어 볼 수 있다. 현 단계에서 인쇄전자 기술 발전에 가장 핵심적인 분야는 전자잉크이며, 다양한 유기, 무기물 재료를 활용한 연구가 진행 중이다. 전자소자 및 부품의 핵심 재료인 반도체 제조를 위한 전자잉크 재료로서는 폴리머, 탄소나노튜브, 그래핀 등의 유기물, ZnO, InGaZnO 등의 산화물, nanoparticles(Si, CdSe, ZnSe), nanoribbons (Si, GaAs) 등의 무기물을 이용한 연구가 진행 중이다. 유기물 기반의 잉크 재료는 인쇄기법의 적용이 용이하고 저온 공정이 가능하다는 장점이 있으나 전하이동도 등의 전기적 특성이 떨어지는 경향이 뚜렷하다. 이를 보완하기 위하여 유기·무기 복합물을 이용한 전자잉크의 개발에 관심이 집중되고 있다[1].

인쇄전자 기술에서 이용하는 인쇄기기 및 기법은 전통적인 인쇄산업 기술의 연장선상에 있다. 인쇄기법은 인쇄시에 원판의 필요 유무에 따라 아날로그형과 디지털형으로 구분된다. 인쇄전자 기술에서 적용할 수 있는 아날로그형 인쇄기법으로는 그라비아(Gravure), 플렉소(Flexography), 오프셋(Offset) 등이 있다. 이들 기법 중에서 인쇄 시 해상도가 가장 높은 것은 오프셋으로서, 복잡한 집적회로 인쇄에 필요한 다층 인쇄 시 층간 정합도(overlay accuracy) 또한 높다는 장점이 있다. 원판이 필요없는 디지털형 인쇄기법 중에는 잉크젯 기법이 인쇄

전자 기술 분야에서 가장 활발하게 활용되는 중이다. 잉크젯 기법은 미세한 크기의 잉크를 토출시켜 원하는 위치에 안착시키는 기술로서 복잡한 형상의 회로 구현에 적합하다. 현재 잉크젯 기술은 수십 μm 수준의 해상도까지 인쇄가 가능한데 복잡한 전자회로 인쇄를 위해서는 수 μm 수준의 해상도 구현이 필요하여 이에 대한 다양한 연구가 진행되고 있다. 실질적인 인쇄전자 소자 및 부품의 제조에는 여러 종류의 인쇄기기와 기법을 조합하여 활용해야 한다. 각 인쇄기기와 기법은 형성 가능한 패턴의 정밀도와 크기가 다르고 기판, 재료, 생산공정 등의 측면에서 장단점이 있으므로 전자소자의 각 세부 공정에 적합한 기기와 기법의 선택이 필요하다. 인쇄전자에 적용할 인쇄기기의 정밀도와 생산성을 향상시키기 위한 연구가 지속적으로 진행 중에 있으며, 궁극적으로는 연속적인 인쇄공정 즉, Roll-to-Roll 공정의 실현과 최적화가 주요 과제이다.

인쇄전자 기술에 활용되는 기판은 생산물인 전자소자 및 부품의 유연성, 생산 공정의 저온화 등에 영향을 미친다. 생산 제품의 활용도 향상 측면에서 기판의 유연성 확보가 필요한데 전자소자 및 부품 제조 공정에 고온 처리가 포함되는 경우가 많아 유연하면서도 고온을 견딜수 있는 기판 재료의 개발에 관심이 집중되고 있다. 현재 인쇄전자 기술에 활용되는 기판은 PET(Polyethylene Terephthalate), PEN(Polyethylene Naphthalate) 등의 플라스틱 기판이 주류를 이루고 있으나 내열성, 내팽창성 등의 특성에 한계가 있다. 이러한 한계의 극복을 위하여 스텐레스와 같은 금속 호일(foil)을 이용하는 방안이 검토되고 있다. 금속 호일 기판의 경우 투명하지 않고 표면 균일도와 부식 등의 측면에서 문제점이 있다는 한계가 있다[3].

3. 인쇄전자 기술의 응용분야

인쇄전자 기술이 활성화되고 실제 생산 공정에 적용된다면 신소재 활용과 저온 공정이 가능하여 유연한 저렴한 전자소자 및 부품의 생산이 가능해질 것이다. 인쇄전자 기술의 대표적인 응용분야는 디스플레이, 태양광 발전 패널, 로직메모리로 전망된다.

디스플레이의 경우 LCD, 전자종이 제품을 중심으로 실제 생산공정에 인쇄전자 기술이 적용되고 있다. LCD의 경우 컬러필터 제조, 액정배향막 형성 등의 일부 공정이 인쇄화되었다. 전자종이의 경우, 후면에 위치한 TFT-array 형성에 다양한 전자잉크 소재를 이용하는 연구가 활발히 진행 중이다. 전자종이는 타 디스플레이 장치에 비해 단순하고 전자잉크에 요구되는 전가전자적 특성이 낮아 인쇄전자 기술 관련 연구의 주요 대상으로 이용되고 있는 실정이다[4].

전자회로 및 소자의 기본을 이루는 로직메모리 분야에 대한 인쇄전자 기술 적용은 향후 전자산업에 일대 변혁을 가져올 부문이다. 하지만 아직까지는 인쇄전자 기술로 실현가능한 집적도와 전자전기적 특성이 낮아 상용화에 이르기까지는 긴 시일이 소요될 것으로 보인다. 로직메모리 분야에 인쇄전자 기술이 우선 적용될 분야로는 RFID 부문이 손꼽히고 있으나 현재로서는 64bits 수준의 정보처리가 가능한 단순한 회로정도가 개발된 상태이다. 이는 인쇄전자 기술로 구현가능한 회로의 전하이동

도, 기억소자 용량, 소자 내구성 등에 한계가 있기 때문이다. 향후 전자잉크 재료와 인쇄기기의 발전이 이루어지면 저가의 RFID가 고속, 대량 생산되면서 생활 전반에 걸친 RFID 활용이 본격화될 것으로 전망하고 있다.

태양광 발전패널 부문 또한 주요한 인쇄전자 기술의 응용처인데 현재로서는 인쇄가능한 패널의 발전효율을 향상시키는 것이 주요 과제이다. 실리콘, CIGS, CdTe, DSSC, OPV 등 다양한 유기무기 재료에 기반한 태양광 발전 패널의 Roll-to-Roll 대면적 인쇄가 가능해지면 건물, 전자기기, 자동차, 의류 등에 적용이 가능할 것으로 보인다.

4. 콘텐츠 산업 측면에서의 시사점

인쇄전자 기술의 발전은 전자소자 및 제품의 사용처, 디자인 자유도를 대폭 확장시킬 것으로 예견된다. 유연한 대면적 디스플레이 장치가 건물 외벽, 유리창, 도로변, 의류에 부착될 수 있다. 이러한 디스플레이에는 인쇄전자 기술로 제작된 정보처리 및 통신회로가 내장될 것이다. 각종 사물과 건물에는 값싸게 제작된 RFID와 센서가 내장되고 이러한 장치들은 주변에 설치된 태양광 발전패널로부터 필요한 에너지를 공급받을 수 있다. PC, 태블릿PC, 스마트폰 등의 고성능 컴퓨팅 디바이스에 다양한 기능이 집중되어 있는 현재의 IT 환경은 저렴한 디스플레이, 센서, RFID, CPU, 기억소자가 주변에 흩뿌려진 상황으로 변모할 것이다. 이러한 미래의 IT 하드웨어들은 개인과 대중이 공유하는 형태로 소비될 것이고 이들 중 상당부분은 저가의 1회용 소자기기들이 될 것으로 전망된다.

인쇄전자 기술이 가져올 미래의 IT, 미디어 환경에서는 새로운 콘텐츠와 비즈니스 모델의 개발이 필요하다. 우선 전자상거래, 게임에 관련된 콘텐츠 부문에서 변화가 필요하다. 확장된 디스플레이와 RFID, 센서는 전자상거래 이용 기회를 확대하고 이용 행태를 변화시킬 것이다. 오프라인 매장 혹은 멀티미디어 광고판에서 발생하는 전자상거래를 예상할 수 있다. 개인용 PC와 초고속인터넷망 기반의 게임들은 실제 거리와 공공장소에서 사용자간 직접적인 상호교류, 환경과의 상호교류를 통해 즐기는 게임으로 확장될 수 있을 것이다.

인쇄전자 기술로 가능해질 미래 IT 환경은 소위 말하는 ubiquitous, network of everything에 보다 가까워질 것이다. 인쇄전자 기술의 발전은 이러한 환경에서의 콘텐츠 산업의 미래에 대한 준비를 촉구하고 있다.

■ 참고 문헌 ■

- [1] 하영욱, 정지형, 허필선, “전자산업의 미래, 인쇄전자 소자”, ETRI 전자통신동향분석, 2011. 4.
- [2] IDTechEx, “Printed, Organic & Flexible Electronics Forecasts, Players & Opportunities 2010-2020”, 2010.
- [3] 이진호, 추혜용, 서경수, 강광용, “플렉시블 디스플레이”, ETRI 전자통신동향분석, 2005.12.
- [4] 유인규, 구재본, 노용영, 유병곤, “인쇄전자 기술동향”, ETRI 전자통신동향분석, 2009. 12.