

인쇄 기반 플렉시블 전자 소자

구재본·추혜용 (한국전자통신연구원)

I. 서론

인쇄 (Printing) 전자 기술은 기존의 반도체 공정인 노광 (Photolithography) 기술을 대체할 수 있는 기술로서 산업용 인쇄기기를 이용하여 기능성 재료(잉크)를 원하는 위치에 형상화 (패터닝) 하여 전자소자를 제작하는 초저가 친환경 기술이다. 인쇄 공정 기술은 저온에서 공정이 가능한 기능성 잉크 소재 (절연체/도체/반도체) 등의 개발을 통해서 유연한 플라스틱 기판에 전자소자를 제작하는 플렉시블 전자소자 기술과 연관되며 이들 공정을 결합하여 향후 연속 공정 (Roll-to-Roll)의 구현이 가능한 전자소자 제작의 패러다임 변화가 가능한 기술이다. 더불어 인쇄전자 기술은 공정 과정의 단순화를 통해 생산성 증가와 노광공정에서 낭비되는 재료비용의 절감을 통해 원가절감으로 제품의 경쟁력 확보가 가능한 청정 생산 기술이다.^[1]

플렉시블 전자 소자를 제작할 수 있는 기판으로는 기존의 유리나 실리콘웨이퍼 기판을 얇게 가공하여 유연성을 부가하는 방법, 알루미늄이나 스테인리스 포일과 같은 얇은 금속 기판을 사용하는 방법, 그리고 궁극적으로 플라스틱 기판을 사용하는 방식으로 다양하게 접근되고 있다. 여러 가지 기판 중에 유연성 플라스틱 기판 위에 TFT (Thin Film Transistor), PV (Photovoltaic), 전자회로 등 다양한 종류의 전자소자를 제작하는 것은 유연성을 넓은 범위에서 확보할 수 있는 기술로 가장 포텐셜이 큰 기술군이나 플라스틱 기판은 일반적으로 표면 거칠기가 심하고 고온 공정이 불가능한 공정 상 많은 문제점들로 인해 기존의 진공기반 증착 및 노광 기술 대비 많은 한계를 안고 있어 additive 친환경 공정인 인쇄공정 기술이 플렉시블 전자 소자 제작을 위한 핵심 공정 기술로 최근 크게 대두되고 있다.

본 기고문에서는 인쇄 공정 기반의 플렉시블 전자소자 기술의 연구 개발 동향에 대해 기술하였다. 인쇄전자/플렉시블 전자 소자의 다양한 응용분야 중 가장 큰 비중을 차지하고 있는 차세대 디스플레이 backplane TFT나 개별 물품 단위 tracking을 위한 플렉시블 RFID (Radio Frequency Identification) 태그 분야에서의 최근 국내외 연구동향을 조사하였고, 향후 시장 전망 및 연구 개발 방향에 대해서 토론하였다.

II. 연구 개발 동향

1. 인쇄 플렉시블 전자 소자 개요

인쇄 기술은 인류가 잉크를 통해 방대한 양의 정보를 종이 위에 표시하면서부터 약 천년 동안 사용되어 왔다. 이러한 인쇄 기술은 최근에 정밀 제어 및 장치 기술 등의 발달과 함께 고해상도 정밀 패터닝이 가능하게 되어 전자 소자 제작에 활용되기 시작하였다. 이제 인쇄 기술은 단순히 문서를 출력하는 수준에서 넘어서 여러 가지 광/전기적 기능성 잉크를 통해 사용자의 욕구에 맞는 다양한 제품 생산을 위한 전자 소자 및 회로 제작에 활용되고 있다.

인쇄전자 기술은 전통적인 전자 산업의 기반이 된 실리콘 반도체를 대체해 값 비싼 대규모의 진공 설비 없이 획기적인 Roll-to-Roll 연속 공정을 통해 비용을 절감하고 생산성을 크게 증대시킬 수 있다. 또한 공정을 유지하는데 사용되는 전기 등 각종 에너지의 소비를 줄여서 환경 친화적인 공정이 가능하며, 원하는 부분에만 선택적으로 전자소자 제작에 필요한 잉크만 소비되므로 불필요한 화학적인 폐기물의 배출을



〈그림 1〉 기존 반도체 공정과 인쇄 공정 기술의 차이

최소화 할 수 있다. 아울러 인쇄 공정 기술은 많은 잉크 소재들이 저온에서 공정이 가능하여 유연한 플라스틱 기판 위에 전자소자를 구현하는 플라스틱 플렉시블 전자 공학 기술과 매우 높은 공정 적합성을 지니고 있어서 향후 플렉시블 전자소자 공정 기술로 사용될 수 있는 높은 가능성을 지니고 있다.

인쇄 기반 플렉시블 전자소자 및 회로 기술의 주요 시장은 디스플레이, 태양전지, Logic과 메모리 분야이다. 여러 가지 시장조사 기관들은 이들 분야에서 밝은 미래를 내다보는 자료를 발표하고 있으며, 향후 10년 내 큰 시장을 형성할 것으로 예측하고 있다. 하지만 이러한 긍정적인 전망은 현재 인쇄 기반 플렉시블 전자소자가 시장에 진입하기에 걸림돌이 되고 있는 여러 가지 기술적인 문제들이 해결된다는 가정 하에 성립된다. 따라서 앞선 예측들이 현실화 될 수 있도록 소재를 비롯한 소자 및 공정의 기술적 진보가 선행되어야 한다. 다행히 최근에 이러한 문제들이 해결되어 가고 있어 시장 진입 시기가 빨라지고, 그 규모 또한 예상보다 커질 가능성이 있으며, 전형적인 인쇄 전자 소자 응용 산업 이외에도 바이오 기계, 광학 같은 다양한 분야들도 시장 형성 가능성이 매우 높다.

인쇄전자 기술은 인쇄방법에 따라 접촉식 프린팅과 비접촉식 프린팅 기술로 나뉘며, 접촉식 프린팅 방식에는 오프셋

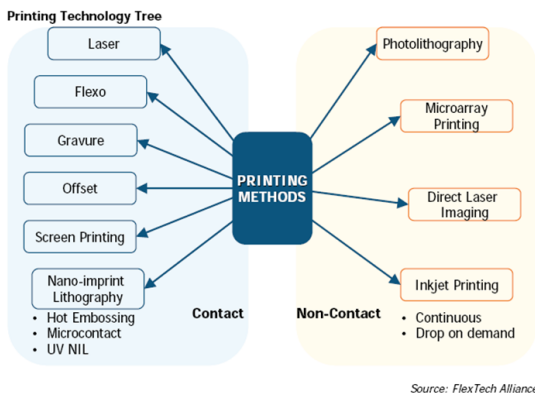
(Offset) 프린팅, 플렉소(Flexo) 프린팅, 그라비아(Gravure) 프린팅 등이 있고 비접촉식 프린팅 방식에는 잉크젯 프린팅, 에어로젤(Aerosol), 직접 나노리소그래피(Direct Nanolithography) 기술 등이 있다.

인쇄전자 기술은 소재/장비/소자로 크게 분류할 수 있는데, 잉크 소재의 경우 전기전도도 및 투과도 특성에 의해, 반도체, 절연체, 도체, 투명 전도막 잉크로 나뉠 수 있고, 장비의 경우 기판 이송 방식에 따라 롤투롤 (Roll-to-Roll)과 롤투플레이트 (Roll-to-Plate) 그리고 플레이트투플레이트 (Plate-to-Plater) 타입 등으로 구분 가능하다. 소자의 경우 인쇄 기술이 활용되는 분야에 따라 에너지, 조명, 디스플레이, 스마트IT 소자로 구별할 수 있다.

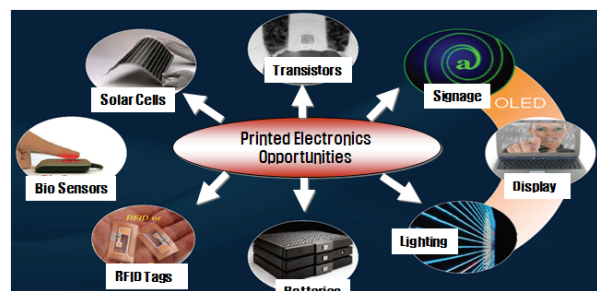
2. 인쇄기반 플렉시블 전자소자 응용 분야

인쇄전자 기술은 친환경 에너지원인 태양전지(Solar Cell), 디스플레이 정보표시소자, 지능형 센서, RFID (Radio Frequency Identification) 등의 생산에 필요한 요소기술로서 전자 부품 등의 저가화를 위한 노력에서 다양한 응용 분야를 찾을 수 있다. 이러한 응용에서는 유비쿼터스 시대의 요구에 맞춰 가볍고 깨지지 않으며 휴대하기 간편하거나, 디자인 자유도를 부여 하기 위해 플렉시블 하거나, 더 나아가서는 접거나 말 수 있는 기능을 요구하고 있다. 인쇄전자 기술의 가장 큰 적용분야는 플렉시블 디스플레이의 백플레인 TFT와 저가형 플렉시블 프린티드 RFID 이다. 이 두 분야는 인쇄전자 기술의 특징인 저가격/대면적의 장점을 가장 잘 살릴 수 있는 분야이다.^[2]

인쇄 전자 기술은 전기저항 · 캐패시터 · 인덕터 등과 같은 단순 수동 부품은 상용화 단계에 와 있고, 트랜지스터 및 디스플레이 등 각종 능동 부품은 연구 중으로 차세대 공정 기술로 큰 관심이 집중되고 있으며 이미 선진국에서는 많은 연구 개발로 원천기술이 확보되었다.



〈그림 2〉 인쇄 방식에 따른 접촉식과 비접촉식 분류



〈그림 3〉 인쇄 기반 플렉시블 전자소자 기술의 다양한 응용 분야

3. 국내 외 동향

가. 플렉시블 디스플레이 구동 회로 분야^[3]

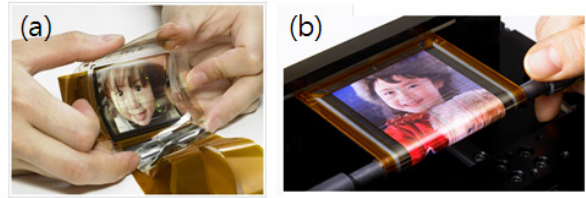
인쇄 기술이 가장 활발히 응용되고 있는 분야 중 하나가 디스플레이 제조 공정이다. Seiko-Epson은 이미 LCD용 칼라필터의 제조공정을 인쇄 기술을 통해서 대체하는 공정의 개발을 완료하여 실제 공정에 적용하였다. 최근에는 전자종이(E-paper), AMLCD (Active Matrix Liquid Crystal Display) 나 AMOLED (Active Matrix Organic Light Emitting Diode) 등의 화소(Pixel)에 트랜지스터를 하나씩 포함하는 능동형(Active Matrix) 평판 디스플레이의 TFT를 인쇄 공정을 통해서 제작하는 연구가 활발히 진행되고 있다.

플렉시블 전자종이의 구동소자를 인쇄공정으로 제작하는 기술은 이미 많은 부분이 완료되어, 영국의 Plastic Logics나 네덜란드 Polymer Vision, 대만의 ITRI 등에서 시제품을 선보인 바 있다. 국내에서는 ETRI, KETI를 비롯하여 삼성전자, 삼성SMD, LG디스플레이, LG화학, KIMM, 경희대, 동아대 등에서 활발히 연구하고 있다.

인쇄 기술을 능동형 디스플레이의 백플레인(Backplane) 제조에 응용하기 위해서는, 우선 직접 인쇄법을 통해 제작된 TFT의 특성이 만족되어야 한다. 일례로 240~480Hz 이상의 빠른 응답속도를 갖는 대면적 LCD를 구현하기 위해서는 3 cm²/Vs 이상의 높은 전하이동도, 5V 이하의 낮은 문턱전압, 10⁷ 이상의 높은 전류 점멸비, 1 pA 이하의 낮은 누설전류 등이 필요하다. 또한 이러한 특성의 TFT는 300° C 이하의 낮은 공정온도에서 높은 균일도와 신뢰성, 안정성을 갖도록 구현되어야 한다. 현재 AMOLED의 백플레인(Backplane)에 적용하기 위해 필요한 반도체의 이동은 대략 5 cm²/Vs 이상으로 여겨지며, 따라서 상대적으로 낮은 이동도를 갖는 유기 반도체 재료 기반 인쇄공정은 고성능 평판디스플레이에 적용되기 어려울 것으로 보인다. 대신 전자종이나 실내외 광고판 등과 같은 낮은 이동도 하에서도 요건을 충족시켜줄 수 있는 응용 분야에 한정적으로 적용 될 것으로 기대하고 있다.

무기 반도체 잉크나 탄소 기반 반도체 잉크의 개발은 궁극적으로 유기 반도체 잉크보다 더 높은 이동도와 수명, 신뢰성 확보가 용이하여 AMLCD나 AMOLED에서 활용될 것으로 기대되어 최근에는 무기반도체 기반 인쇄기술에 대한 관심이 매우 높다.

〈그림 4〉는 플라스틱 기판 위에 플렉시블 유기 반도체 TFT를 제작하여 AMOLED를 구동한 Sony의 시제품 결과를 보여주고 있다. 2006년에는 2.5인치 플렉시블 유기 반도체 구동 AMOLED 디스플레이를 선보인 바있고, 2010년에는 4.1인치 플렉시블 유기 반도체 구동 AMOLED 디스플레이를 발표하



(a) 플라스틱 2.5인치 Flexible OTFT 구동 AMOLED 디스플레이 (2006년)
 (b) 플라스틱 4.1인치 Rollable OTFT 구동 AMOLED 디스플레이 (2010년)
 자료 : SID, Sony 시제품 발표, 2006년/2010년

〈그림 4〉 Sony에서 발표한 유기반도체 기반 AMOLED 디스플레이 시제품

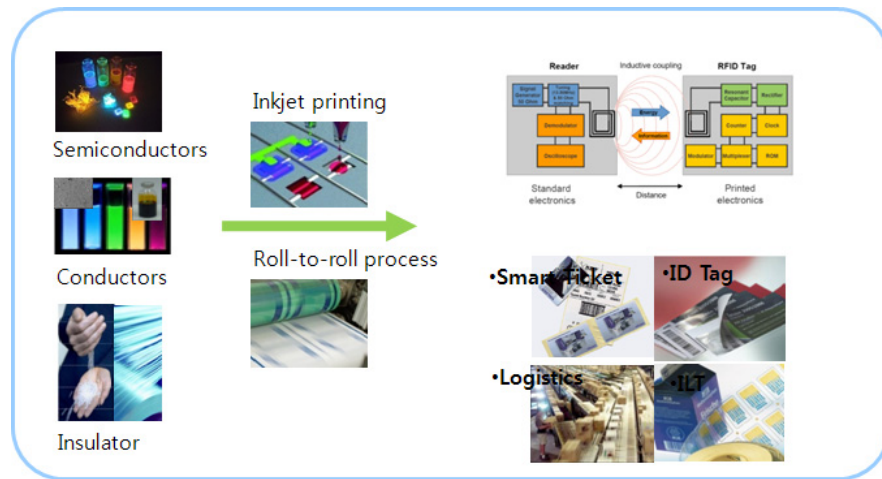
였다. 특히 2010년 발표에서는 Rollable 디스플레이를 구현하였으며, 플렉시블 전자 소자를 가지고 gate driver IC까지 내장시킨 진일보한 결과를 보고하였다.

나. 인쇄 기반 플렉시블 RFID Tag 분야^[4]

기존의 Si 기반 RFID에 비해 인쇄공정을 통한 RFID는 태그 제조 단가를 획기적으로 낮출 수 있을 것으로 기대되기 때문에 많은 사람들이 활발히 연구를 진행하고 있다. 현재 시장에서 가장 값싼 Si 기반 RFID 태그는 약 20센트 정도인데, 5센트 이하로는 개발이 불가능하다고 여겨진다. 개별물품 단위에 폭넓게 RFID가 적용되어 물류혁명을 가져오기 위해서는 태그 하나당 단가가 1센트 혹은 더 낮은 가격으로 달성되어야 한다. Roll-to-Roll 연속 공정을 통한 전 공정 인쇄 기반 RFID 만이 1센트의 가격을 만족시킬 수 있다고 판단된다.

인쇄 기반 RFID는 가격 경쟁력에 대한 장점이 있지만 기술 개발 속도나 현재의 기술 수준을 고려하면 부정적인 측면도 많이 있다. 우선 인쇄 기반 RFID의 긍정적인 측면을 살펴보면 안테나와 IC가 동시에 제작된다는 사실, 제품 패키징(Packaging)에 대한 직접 인쇄 가능성, 싼 가격과 다양한 기판 사용 가능성 등을 들 수 있다. 한편 부정적인 측면에서는 현재의 기술 개발 속도와 수준을 들 수 있다. 동시에 많은 라벨들을 읽어 들일 수 없다는 사실, 수명이 한 달도 안 된다는 사실, 최대 인식 거리가 수 cm 라는 사실 등이 큰 문제점으로 지적 될 수 있다.

인쇄 공정을 활용한 RFID 분야에서 현재 가장 앞선 기술력을 보유한 곳은 독일의 PolyIC이며 현재 세계에서 가장 활발하게 유기물 플라스틱 RFID를 연구 개발 중에 있다. 그들은 2005년에 13.56MHz를 시연하였고 이를 바탕으로 2008년에는 간단한 메모리를 부착하여 ID 태그로 응용된 PolyID 등의 간단한 응용제품을 발표하였다. 단기적으로 Electronic Product Code (EPC)를 제품화하는 계획을 가지고 있다. 그 외에도 국외에서는 Organic ID, IMEC, Holst Center가 인쇄 기술로 RFID를 연구 개발하고 있고 국내의 경우는 순천대,



〈그림 5〉 프린팅 플렉시블 RFID 기술 소개도

(주)파루, ETRI 등에서 관련 연구를 진행 중에 있다.^[5]

인쇄전자 기술을 활용하여 RFID Tag를 개발할 때 가장 큰 기술적 이슈는 인쇄공정으로 제작한 회로의 속도가 13.56MHz HF급을 만족시키지 못하고 있다는 것이다. 회로의 속도 향상을 위해서는 소자의 이동도를 높이고 소자의 크기를 작게 하는 것이 필요한데 최근에는 유기 반도체 잉크에 집중하던 초기의 연구에서 탈피하여 무기 반도체 잉크를 적용하는 시도와 소자의 집적도를 높이기 위해 고해상도 인쇄기법에 대한 연구 개발이 활발히 진행 중이다.

다. 유기반도체 기반 플렉시블 센서 분야^[3]

유기 반도체를 활용하여 플라스틱 기판 위에 플렉시블 센서를 제작하는 연구 개발이 수년 전부터 시작되었다. 대기나 수중에 존재하는 화학적 성분을 탐지할 수 있는 기술은 이미 존재하고 있지만 Si 반도체를 이용한 경우 가격이 너무 비싼 단점이 있어 일반적으로 사용되지 못하고 있다. 이를 극복하기 위해 새로 연구되고 있는 유기 반도체 기반 센서는 다양한 종류의 유기 반도체를 이용해서 대기 중이나 수중에 존재할 수 있는 독성 물질을 탐지 할 수 있다. 유기 트랜지스터는 대기나 수분 또는 화학적 성분에 노출될 경우 그 기능이 점차적으로 저하된다. 성능의 저하는 기능을 상실하는 단점이지만, 이와 같은 특성을 이용해서 화학적 센서를 만들 수 있다. 각각의 센서는 다양한 화학적 물질에 고유하게 반응한다. 이 기술들 발전시켜 단백질/DNA 센서로의 응용도 가능하다.

신시네티 대학에서는 임상 진단 Lab on Chip 기술에도 저가용 plastic-based disposable smart 기술을 도입하기 위한 연구를 시작하였고, 뉴욕 주립대에서는 electronic nose라는 개념을 도입하여 유기 반도체를 변형 수정 하여 바이오 물질과 반응시키는 연구를 시작하였다. 바이오 칩이나 센서 분야에서는 기존의 고기능 소자 뿐만 아니라 저가격의 일회

용 제품에 대한 요구가 발생하고 있고, 이를 충족시키기 위한 연구가 국내는 전무한 상태이지만, 미국 등 선진국에서는 연구가 시작된 상태이다. 유럽에서는 이탈리아의 TIRES, 독일의 IMEC, 프랑스의 ESPCI, 스웨덴의 ITN 등에서 유기반도체를 이용한 chemical sensor에 대한 기초 연구를 시작하였고, 미국의 Bell lab.과 Cornell university에서 유기 반도체를 이용한 gas sensor 소자에 대한 결과를 발표한 바 있다.

4. 기술 개발 주요 이슈

가. 인쇄 플렉시블 전자 소자의 특성 향상

인쇄 전자 회로의 동작 속도는 전하이동도, 인가되는 전압, 채널길이 등에 의해 좌우된다. 높은 주파수에서 구동하는 인쇄 전자 회로를 얻기 위해서는 고이동도의 인쇄 공정용 반도체 재료 개발, 인쇄 공정을 통한 서브 마이크론(Sub-micron) 사이즈의 짧은 채널 길이 구현이 우선적으로 필요하다. 또한 중첩기생 충전 용량 (Overlap Parasitic Capacitance)를 최소화시키기 위한 자기 정렬 인쇄(Self-align Printing) 법 등이 요구된다. 특히 플렉시블 전자 소자 구현을 위한 플라스틱 기판의 경우 공정 중 열이나 화학물질에 의해 치수 변화가 심하여 미세한 전자 소자 제작이 어렵다. 이로 인해 소자의 동작 속도에 한계가 있다. 또한 인쇄 플렉시블 전자 소자의 경우 수명과 신뢰성이 낮아 이에 대한 추가 연구 개발이 필요하다.

나. 인쇄 소재 및 플렉시블 기판 개발 필요

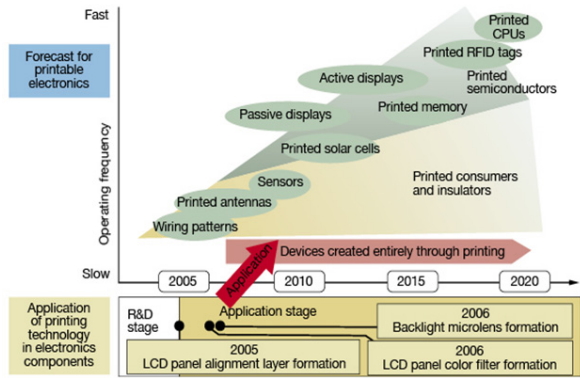
인쇄 전자 소자의 주요 반도체 소재는 저분자 혹은 고분자 기반의 유기 반도체 잉크소재를 주로 활용하였는데, 연구 개발 속도가 느리고 이동도 향상이 포화되어 최근에는 산화물 기반의 용액 공정을 인쇄 전자에 활용하기 위한 소재 개발이 필요하고, 인쇄 전자 기술에서 가장 먼저 상용화 될 분야인

금속 배선 전극, 투명 전극 에서도 더욱 우수한 특성의 잉크 소재 확보가 시급하다. 그리고 플렉시블 전자 소자 구현을 위해서는 평판도가 우수하고 산소 및 수분 투과도가 적어 소자를 보호 할 수 있는 기판 소재가 필수적으로 요구되나, 아직 까지도 많은 공정 상의 문제를 안고 있고 활발히 개발 중이다. 특히 AMOLED 디스플레이의 경우는 산소 및 수분에 대한 패시베이션 층이 증착된 고성능 플라스틱 기판을 요구하고 있다.

5. 시장 규모 및 전망

닛케이 일렉트로닉스에서 2007년 보고한 인쇄 전자소자의 기술 개발 로드맵 <그림 6>을 보면 이동도 및 주파수 특성이 크게 향상되는 2020년 이후에는 인쇄 전자 회로를 바탕으로 한 플라스틱 CPU가 대부분의 Si 기반 전자 소자를 대체할 것으로 예측하고 있다. 이 시점에는 Wearable 컴퓨터나 두루마리 컴퓨터의 실제 구현이 가능할 것으로 예상하고 있다.^[6]

인쇄 플렉시블 전자 산업은 아래의 IDTechEx 사의 예측 자료에 (<표 1> 참조) 의하면 2007년부터 시장이 형성되어 점진적인 성장을 이루다가 기술이 성숙될 2014년에는 84억달러, 2020년에는 550억달러로 급격한 시장 성장이 예측되고 있다. 또 다른 시장 예측 자료인 iSuppli 사와 Nanomarkets 사에 의하면 플렉시블 인쇄 디스플레이 시장 규모는 2012년 약 300억달러에 달하고 인쇄 RFID가 45억달러, 전원장치 17억달러, 센서 12억달러, 조명분야 6억 달러, 기타인쇄부품 10억달러가 예측되고 있으나, 시장 형성은 당초 예상보다 수년 이상 늦어 지고 있다.^[7]



<그림 6> 플렉시블 인쇄전자 소자의 기술 개발 로드맵^[6]

III. 향후 연구 방향 및 결론

인쇄 전자 분야는 향후에 Si 전자 산업 분야를 대체할 차세대 소재/소자 기술로 전 세계적으로 활발히 연구되고 있다. 첫 번째 상용화는 LCD 컬러 필터 공정 등 여러 산업분야에서 이미 일어 나고 있으며, 조만간 유기 반도체 TFT 구동 소자를 채택한 플렉시블 전자종이가 시장에 선보일 것으로 예측되며 향후 수년 내에 인쇄 기술을 통해 제조된 플렉시블 디스플레이의 출현도 예상된다. 프린트드 RFID의 경우 유기 반도체를 이용하여 PolyIC 에서 간단한 형태의 RFID를 이미 시현 하였으며 향후 생산가격의 저하를 좌우할 roll-to-roll 공정에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다. 선진국들은 인쇄 전자 분야에 대한 원천 기술 확보를 위해 정부 주도 연구 개발을 현재 활발히 수행 중이다. 미국의 경우 인쇄 기술을 이용한 플렉시블 디스플레이가 2000년 대 초 MIT 공대 10 대 유망 기술로

<표 1> 인쇄전자기술의 국내외 시장 규모^[7]

| 구분 | 2010 | 2011 | 2012 | 2014 | 2016 | 2018 | 2020 |
|--|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Logic/Memory | 0.01 | 0.02 | 0.04 | 0.15 | 1 | 3 | 7 |
| OLED Display* | 0.8 | 0.9 | 1.1 | 2.2 | 6 | 9.1 | 17 |
| OLED light# | 0.01 | 0.03 | 0.08 | 0.28 | 0.67 | 1.4 | 2 |
| Electrophoretic# | 0.12 | 0.18 | 0.4 | 1 | 2 | 4 | 6 |
| Electrochromic# | 0.002 | 0.002 | 0.003 | 0.006 | 0.02 | 0.045 | 0.1 |
| Other Display# (Electrowetting, Thin Film LED, Flexible LCD etc.) | 0.015 | 0.02 | 0.06 | 0.12 | 0.35 | 0.6 | 1 |
| Battery | 0.015 | 0.015 | 0.02 | 0.05 | 0.13 | 0.34 | 0.7 |
| Photovoltaics& | 0.4 | 0.707 | 1.211 | 3.03 | 6.31 | 11.29 | 17 |
| Sensors | 0.12 | 0.15 | 0.2 | 0.35 | 0.9 | 1.3 | 1.6 |
| Conductors (ink Only)^ | 0.4 | 0.42 | 0.48 | 0.9 | 1.2 | 1.6 | 2 |
| Other | 0.01 | 0.01 | 0.03 | 0.08 | 0.18 | 0.24 | 0.3 |
| Total (\$ Billion) | 1.99 | 2.56 | 3.78 | 8.41 | 19.06 | 33.32 | 65.10 |

* 유기물, 산화물, 그리고 복합소재 포함하여 인쇄되거나 인쇄가능성이 있는 OLED 모듈 전체 포함 (Includes Thin Film Transistor TFT drive circuit and OLED front plane)
 # 상부 발광부만 포함
 & 모든 박막 태양전지 포함 (Excludes CdTe and conventional crystalline silicon types)
 ^ 전도성 잉크의 경우 ESD/RF Shielding 분야 시장은 제외

선정된 이후 국방성의 지원 하에 플라스틱 전자 소자 상용화 센터를 운영하며 체계적으로 플렉시블 디스플레이 및 인쇄 전자 소자 원천 기술 확보에 주력하고 있다. EU의 경우 인쇄 전자 소자 클러스터를 형성하여 유기 전자 소재/소자 관련 원천 기술 확보 중이며 일본의 경우 2005년 유기 반도체 소자의 기술적 발전 방안을 제안하고 NEDO 프로젝트 수행을 통해 유기 반도체 전자 소자 상용화 전략을 수립한 바 있다.^[8]

특히 인쇄 전자회로 기술은 플렉시블한 광/전자기기를 구동시키기 위한 핵심 요소기술로서 인쇄전자 전자 소자의 단부품 연구를 벗어나 이들 기술을 융합한 IT 부품에 대한 연구가 태동되고 있다. 플라스틱 유비쿼터스-IT 융합 부품 기술로는 초기 단계의 스마트카드가 1998년 Siemens와 Covion 사에 의해 시연된 이래로, 2005년 Philips에 의하여 디스플레이, 메모리/Logic, 전지가 집적된 Visual Smart Card가 시연되었다. 그리고 최근에는 일본에서는 플렉시블 플라스틱 IT 융합 부품에 대한 concept generation을 시도하고 있다.

플렉시블 전자 소자 기술은 전기, 전자, 반도체, 자동차, 항공 우주, 기계(정밀 부품) 등 다양한 산업에 혁신적 변화를 초래하여 국가 산업 발전 및 고부가가치화의 열쇠가 될 미래 유망 기술이다. 향후 고도 산업화될 미래 사회에서 인간 친화적인 특성을 바탕으로 사회적 문화적 패러다임의 변화가 기대된다.

본문에서 논하였듯이 인쇄 기술은 플렉시블 전자 소자를 구현을 위한 가장 유력한 공정 기술로 인정 받고 있으나 인쇄 기술의 해상도 한계 혹은 이 기술로 제작된 소자의 특성 및 수명의 한계로 인해 아직도 극복해야 할 문제들이 많아 추가적인 연구 개발이 필요하다. 이를 극복하고 플렉시블 전자 소자의 상용화를 이루기 위해서는 플렉시블 전자 소자 및 인쇄 전자 소자 관련 원천 기술 확보 및 핵심 부품 소재의 상용화에 대한 정부 주도의 체계적인 지원과 관심이 절실히 필요하다.

참고문헌

- [1] 구재본 외, 소재기술백서, “인쇄전자”, 한국재료연구원, 2011.
- [2] M.A.M. Leenen, V. Arning, H. Thiem, J. Steiger, R. Anselmann, “Printable Electronics: flexibility for the future” Phys. Status Solidi A, 2009.
- [3] 구재본 외, 전자통신동향분석, “플라스틱 일렉트로닉스 기술 동향”, 제 22권 제5호 2007년 10월.
- [4] 유인규 외, 전자통신동향분석, “Printed RFID 기술”, 제 22권 제 5호 2007년 10월.
- [5] 조규진 외 “초저가 플라스틱 RFID Tag 제조를 위한 플라스틱 IC 인쇄 기술” 고분자과학과 기술, 제 17권 1호 2006.

- [6] Nikkei Electronics, Flexible Electronics Roadmap, 2007, 3.
- [7] IDTechEx, Printed Organic & Flexible Electronics Forecasts, Players & Opportunities 2010-2020, 2010.
- [8] 백강준 외, 전자통신동향분석, “인쇄전자회로 기술 및 동향”, 제 24권 2010년 10월.



구재본

1994년 2월 고려대 재료공학과 (학사).
 1996년 2월 KAIST 재료공학과 (석사).
 2000년 8월 KAIST 재료공학과 (박사).
 2000년 9월~2005년 4월 삼성SMD 중앙연구소 책임연구원.
 2005년 4월~현재 한국전자통신연구원 융합부품 소재연구부 차세대디스플레이연구단.
 <관심분야> 인쇄공정, 플렉시블 전자 소자, 차세대디스플레이, 유기반도체 TFT 등



추혜용

1987년 2월 경희대 물리학과 (학사).
 1989년 8월 경희대 물리학과 (석사).
 2008년 8월 경희대 정보디스플레이학과 (박사).
 1989년 8월~현재 한국전자통신연구원 융합부품 소재연구부 차세대디스플레이연구단 단장
 <관심분야> 차세대 디스플레이, OLED 조명, 인쇄공정 기술 등