
인쇄전자 산업시장의 현황과 전망

박정용* · 박재수**

The present status and future aspects of the market for printed electronics

Jung-Yong Park* · Jae-Sue Park**

요 약

인쇄전자는 다양한 기판에 기능적 소자를 프린팅한다. 인쇄방법은 스크린 인쇄, 플렉소그래피, 오프셋 리소그래피와 잉크젯 방식을 통해 적정한 패턴을 만든다. 인쇄기법을 응용하여 활용하기 때문에 전통적인 극소전자공학에 비하여 생산과정이 간단하고 비용 또한 저렴하다. 잉크젯 및 R2R(Roll to Roll)기술이 발전을 거듭해 왔기 때문에 디스플레이에서 태양전지의 제조까지 그 기술이 활용된다. IDTech(2010)에 의하면, 전자인쇄시장은 2010년에 10.99(억달러)에서 2020년 55.10(억달러)로 커질 것이며, 2030년에는 반도체산업의 규모보다 큰 3,000억 달러가 될 것으로 전망하고 있다. 센서, 배터리, 광전지, 메모리, 스마트카드 시장이 확대되는 등 조명에서 디스플레이까지 인쇄전자산업시장은 성장할 것이다.

ABSTRACT

Printed electronics creates electrically functional devices by printing on variety of substrates. Printing typically uses common printing equipment or other low-cost equipment suitable for defining patterns on material, such as screen printing, flexography, gravure, offset lithography and inkjet. Compared to conventional manufacturing of microelectronics, printed electronics is characterized by simpler and more cost-effective fabrication of high and low volume products. Now there is huge effort towards printing many other more functional components, from displays to transistors to photovoltaic cells, using the full range of printing technologies - from inkjet to roll to roll analogue print techniques. The market for printed electronics will rise from \$1.99 billion in 2010 to \$55.10 billion in 2020. In 2030, this industry could be \$300 billion - larger than the silicon semiconductor industry - from lighting to displays[8].

키워드

인쇄전자, 소자, 인쇄기술, 프린트 기법, 시장

Key word

printed electronics, devices, print technology, print technique, market

* 정회원 : 대전지역산업평가단 단장 공학박사/경영학석사

접수일자 : 2012. 11. 23

** 정회원 : 가치혁신연구소 대표 경영학박사(교신저자, pjy3070@djtp.or.kr)

심사완료일자 : 2012. 12. 07

Open Access <http://dx.doi.org/10.6109/jkiice.2013.17.2.263>

©This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License(<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0/>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.
Copyright © The Korea Institute of Information and Communication Engineering.

I. 서 론

인쇄전자(Printed Electronics)란 프린팅 공정기법으로 만들어진 전자소자 혹은 전자제품을 의미하며 저가의 기관 위에서 자동화된 공정으로 프린팅 된다. 1980년대에 실리콘밸리의 Elf Technology사가 표준 잉크젯프린터에 적용 가능한 전도성잉크를 개발한 이후, 1997년에는 Bell Labs이 스크린프린팅 기술을 사용하여, 플라스틱 필름에 트랜지스터를 세계 최초로 제조했다. 스마트카드와 같은 틈새시장에 인쇄전자의 상업적 응용이 시작되었다[1].

한편 기존의 반도체 및 디스플레이제조공정(photo lithography)이 고비용의 진공공정에서 노광 등의 공정을 반복적으로 수행함으로써, 재료의 손실을 가져왔으나, 그 단점을 극복하는 R2R연속공정(회전롤에 감아 인쇄하는 방식) 등이 발전하면서 인쇄전자는 탄력을 받고 있다. 인쇄전자시장은 현재 20억 달러 수준이지만 2020년이면 400억 달러 이상의 규모로 성장할 거라고 한다[2].

인쇄전자분야의 상업화는 기존의 전자, 화학, 인쇄산업분야에서 접근하고 있다. 그리고 인쇄전자는 잉크 및 기관 재료 기술, 인쇄 기술이 융합된 특성을 갖고 있기 때문에 대부분의 기업들이 단독으로 사업을 전개하기 보다는 협력과 경쟁을 같이 한다. 재료, 제조 공정은 물론 제품 디자인 등의 측면에서 국내 기업들은 Upstream인 재료에서 공정, Downstream의 최종제품에 이르기까지 강점 전략을 찾고 있는 중이다.

그럼에도 불구하고 우리나라는 인쇄전자산업 관련 정책 및 기업투자가 장비개발과 생산시설투자에 집중되는 점이 없지 않다. 생산에 필요한 재료의 발전과 인쇄전자 소자시장의 성장속도에 비해 장비수요가 확대되는 것 같지는 않다[2].

그 맥락에서 인쇄전자산업의 특성과 시장을 파악하여 인쇄전자산업의 방향성을 가늠해보고자 한다. 2000년 이후 인쇄전자분야의 연구는 미국, 유럽, 일본을 중심으로 활성화되었던 반면, 한국은 짧은 역사와 주변 인프라의 부족으로 산업형성에 어려움을 겪고 있다. 궁극적으로 우리나라 기업의 대응방향에 대한 시사점을 제시할 것이다.

II. 인쇄전자산업의 이론적 고찰

2.1. 인쇄전자의 개념과 유형

인쇄전자는 RFID 태그, 조명, 디스플레이, 태양전지, 전지(Battery) 등 반도체나 소자, 회로, 고성능집적회로(IC) 등이 쓰이는 거의 모든 제품이 응용된다. 전자산업 뿐 아니라 보안서비스, 포장 및 유통, 환경/에너지, 헬스케어 산업에까지 광범위한 응용이 가능하다[2]. 인쇄전자는 클린룸에서 제조되는 기술이 아닌 저가의 기관위에서 자동화된 공정으로 프린팅되는 소자를 말하며[3], 전도성(Conductive) 또는 기능성잉크를 플라스틱이나 종이, 형질 등 기관(Substrate)에 인쇄하여 원하는 기능의 제품을 만드는 것이다.

인쇄전자 공정에서는 필름과 같은 유연한 재료를 활용하여 회전롤에 감아 인쇄하는 방식(Roll-to-roll, R2R)이 가능하며, 대면적 및 고속 대량생산에 적합하기 때문에 생산비용을 기존공정 대비 1/10 수준까지 줄일 수 있다. 또한 기존 실리콘기반공정에서 쓰고 버리는 재료나 독성물질의 사용량, 에너지 소비 등도 대폭 줄일 수 있어 환경 친화적인 특징도 있다[4][5].

관련 기술수준은 현재 low-end정보처리를 수행할 수 있는 일부 소자/부품의 제작이 가능하다. 특히 인쇄공정 기술은 저온 공정이 가능한 기능성 잉크소재의 개발을 통해서 유연플라스틱기관에 전자소자를 제작하는 플렉시블 전자소자(flexible electronics) 기술과 높은 공정결합성을 지니고 있으며, 향후 연속공정(R2R)의 구현이 가능할 것으로 예상된다. 인쇄공정으로는 실리콘 태양전지의 전면전극인쇄, 터치스크린패널의 Bus전극인쇄, PDP의 백패널 전극인쇄, RFID Tag 인쇄, OLED의 전극인쇄 등이 있고, 코팅 공정으로는 유기태양전지 Layer 코팅, CIGS태양전지 Layer코팅, PDP/LCD의 배향막코팅 등이 있다[1].

인쇄전자소자 시장은 RFID, 메모리, 디스플레이, 전지(태양전지), 조명, 센서, 유기 트랜지스터, Interactive Packaging 등의 새로운 제품군에서 널리 활용될 것으로 전망된다[표 1].

표 1. 인쇄전자 소자기술 및 응용 분야
Table. 1 Printed electronic device technology and applications

제품	기술	시장
디스플레이와 전자종이	OLEDs/전기발광/전기발현/전기이동/전기변색/플라스마화면표시, 콜레스테릭 액정, LCD/MEMS/전기습윤	스마트패키징, 스마트섬유/스마트카드 및 스마트카드 및 셀폰/PDAs, 스마트패드, 텔레비전
사이니지	디스플레이와 유사	스마트선반/정보 사인/광고 디스플레이
조명	OLEDs/ 전기발광	장남감, 섬유, 포장 등/1회용/디스플레이백라이트/운송수단 조명, 무드 조명/일반 조명
오디오	다양함	장남감, 섬유, 포장 등/1회용
RFIDs	유기 RFIDs/무기 RFIDs	안테나, 태그
태양광	실리콘/유기	모바일 장치와 배터리 충전기/스마트섬유/RFIDs와 스마트포장/1회용품/건축기자재
멤브레인 키보드	다양함	셀폰, PDAs, GPS장치 등/ATMs과 키오스크/장남감 및 신제품 등
센서	다양함	스마트패키징과 섬유/의료바이오 응용/대규모 안보/수질검사/기술보호
배터리	리튬화학/아연화학 등	RFIDs와 스마트포장/스마트섬유/센서/소규모 소비제품/모바일커뮤니케이션과 컴퓨터
메모리	유기/실리콘	플래시 대체/RFIDs 등
로직및 프로세서	유기/실리콘	스마트카드

2.2. 인쇄전자산업의 구조와 특징

인쇄전자기술은 유연기판(특수필름)과 전자잉크 같은 원재료(materials), R2R방식 등의 인쇄기기 또는 시스템(process), 그리고 안테나, 배터리, 직접회로, OLEDs와 같은 디바이스(devices)와 RFID, 태양전지, e-book, 디스플레이 같은 응용제품(applications)으로 구성되어 있다 [그림 1].

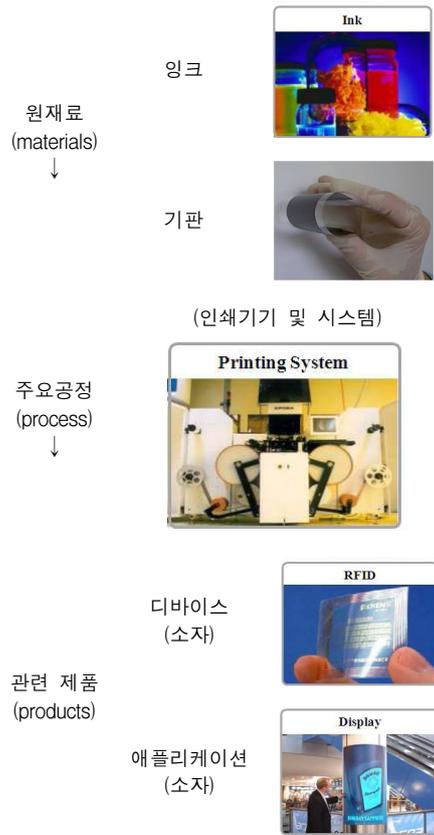


그림 1. 인쇄전자의 부가가치사슬
Fig. 1 The value-added chain of printed electronics

이러한 분야의 발전은 지금의 기판, 케이스, 키보드, 디스플레이 관련 부품시장과 업체들을 사라지게 할 것이다[3].

인쇄전자 산업은 기존의 반도체 공정 대체, 고속 대량 생산이 가능한 롤투롤 연속인쇄공정을 이용해 유연기판(저온에서의 생산)을 초저가로 대량생산할 수 있다.

Rigid 타입의 전자소자에서 flexible 타입의 전자 소자로 많은 전자 디바이스가 변화할 것이기 때문에 전자소자 생산기업들의 변화를 요구한다. 초기투자비용이 낮아 중소기업 중심의 다양한 응용제품의 생산이 가능해 질 것이다.

두 번째로는 이러한 flexible 타입의 전자 소자를 생산하기 위해 대면적 R2R 생산시스템이 포함된 용액기반의 인쇄전자공정이 개발 되면, 제조비용을 절감할 수 있는 것도 하나의 이유이다. 유연한 플라스틱기판을 활용한 R2R 공정에 의한 초저가/대량생산 가능하며, 기존 방식에 비해 공정 수가 약 70% 감소하고, 생산비용의 90%를 절감한다.

인쇄전자산업의 특징은 저가, 친환경, 유연성, 대면적 대량생산, 단순공정 등으로 요약되는데, 미래지향적인 융합형 산업으로 손색이 없다.

III. 인쇄전자산업의 기술적 이슈

3.1. 주요 요소기술분야

재료기술로서 전자잉크 분야는 인쇄전자산업 활성화의 주요 병목으로서 개선연구가 진행 중이다. 전자잉크는 전기적 특성에 따라서는 도체, 반도체, 절연체로 나눌 수 있으며, 재료의 물성에 따라서는 유기잉크 및 무기잉크로 크게 구분할 수 있다. 가장 핵심적인 응용소자인 반도체 소자의 재료로 사용될 전자잉크는 유/무기 복합소재일 것으로 전망되고 있는데, 주로 무기성분을 기본 매트릭스로 하고 분산성 확보를 위해 유기성분을 이용하는 형태이다.

인쇄기판은 한편 단단한 유리, 부드러운 섬유 등도 활용될 수 있지만, 대량의 인쇄를 위해서는 유연한 종이, 금속 호일, 플라스틱 등의 유연기판이 사용될 수 있다.

이 중에서 PET(Polyethylene Terephthalate)와 PEN(Polyethylene Naphthalate)의 사용이 일반적이지만, PEN은 가격이 저렴한 반면 장력 및 열팽창이 안정적이지 못하고, PET는 장력 및 열팽창 특성이 우수하지만, 고가라는 장단점을 지니고 있다. 저온공정 적용이 가능한 차세대 소재(주로 유기물) 혹은 신공정을 개발하거나, 플라스틱 기판의 내열성을 향상시켜 최대 허용공정 온도를 높이고자 노력을 하고 있으나 수요업체의 요구 수준에

는 미치지 못하고 있다.

그리고 전자인쇄 공정은 접촉식(아날로그)의 스크린프린팅, R2R(그라비아 프린팅, 플렉소그래픽 프린팅, 오프셋 프린팅), 비접촉식(디지털)의 잉크젯프린팅, 에어로졸젯분사, 나노임프린팅리소그래피 등으로 구분할 수 있다. 접촉식인쇄술은 생산성이 좋은 반면 미세패턴 형성이 쉽지 않고, 비접촉식 인쇄술, 특히 잉크젯방식은 헤드로부터 미세한 잉크방울을 토출시키려는 위치에 패터닝하는 기술이며, 작은 체적에 복잡한 형상을 구현하기에 적합하지만, 패턴을 순서대로 형성하기 때문에 인쇄 속도가 느린 단점이 있다[표 2참조].

따라서 인쇄전자 소자의 제조시, 여러 종류의 인쇄법과 인쇄기기의 장단점과 패턴 해상도에 따라 선택, 조합하여 활용하는 것이 일반적인 이슈이다.

표 2. 인쇄방법의 아날로그와 디지털
Table. 2 Analog and digital printing methods

아날로그			디지털	
스크린	플렉소	오프셋 /리소	잉크젯	정전기
페이스트 잉크	수용성 잉크	페이스트 잉크	수용성 잉크	파우더 /토너
느린 속도	빠른 속도	빠른 속도	보통 속도	보통 속도
두꺼운 층	중간품질	고품질	중간 품질	중간 품질
두꺼운 층만 활용	대량, 안정적인 인쇄에 최적		인쇄전자소자에 우월	제한적인 소자에 적용

인쇄기기의 정밀도 및 생산성 확보를 위한 연구가 진행 중에 있으며, 효율적이고 경제적인 소자 생산을 위해 R2R 공정의 최적화는 주요 과제가 될 것이다[6].

3.2. 주요 응용분야기술

인쇄전자기술의 주요한 응용 소자/부품분야는 Logic/Memory(논리회로/기억소자), Display, Photovoltaic(태양광발전) 등으로 볼 수 있다. Logic/Memory 분야는 인쇄전자 기술 적용측면에서 고난도 분야로 단기적으로는 low-end 소자/부품생산에 인쇄전자기술을 적용하고, 중장기적으로 high-end 제품으로 확대될 것이다.

Display분야는 컬러필터와 같은 특정부품제조에 인쇄전자기술을 활용하고 있으며 궁극적으로 전 공정 및 부품의 인쇄화가 기대된다. Photovoltaic 분야는 전통적인 방식으로 제조되는 전자소자로서 경제성은 낮지만 인쇄전자기술을 통해 저가생산이 가능한 편이다 [표 3참조].

표 3. 인쇄전자 소자의 장단점
Table. 3 Pros and cons of printed electronic devices

구분	설명	장점	기술 장벽
로직/메모리	트랜지스터와 메모리 회로는 실리콘 칩과 전통적인 실리콘 메모리의 대안임	더 저렴한 비용, 유연성, 제조 용이성-공정 단순화, 속도/메모리의 고밀도 집적화 및 제조원가 절감	작동 빈도 少 / 생산 및 기타 공정과의 조화, 기타 생산 기술 등의 적용 / 기존 초소형 실리콘칩 및 트랜지스터와의 경쟁
OLED 디스플레이	유기체 폴리머 적용시 기존 LCD제품의 성능에 대비해 우수한 파워와 광도 향상이 가능함	저렴한 비용 (대량 생산시) 적용범위 확대/유연성 증가/ 광도향상 및 높은 대비 비율	장수명/ 생산량/ 낮은 비용의 전통적인 LCD 디스플레이 판넬과의 경쟁
OLED 조명	OLED 조명은 백열등과 형광등에 비교해서 경쟁력 갖추 수명의 한계성이 있고, 제조단가가 비쌈	저렴한 비용/ 적용범위 확대/유연성 증가	장수명/ 수익 / 낮은 비용의 전통적인 LCD 디스플레이 판넬과의 경쟁
전기 영동	전하를 띤 분자화합물에 일정한 전압을 걸어 물리화학적 성장의 차이에 따라 분자 분리하는 방법으로 이 기술분야 대체 가능	저렴한 비용, 햇빛에서 조차도, 인쇄된/잠재적으로 인쇄된 로직 드라이버 회로에 적용 가능함/유연성 증가	좋은 색상 기술

구분	설명	장점	기술 장벽
전기 변색	전압을 가하거나 전류를 통합해 변색하는 물질을 사용한 표시장치	저렴한 비용/ 낮은 전력소모	한정된 색상 선택 폭 /반응 속도가 느림
전기 발광	방사성 디스플레이는 현재 통용되고 있는 교류(AC)에 의해 주도되고 있다. 이 이미지는 디스플레이를 만드는 포인트에 고정하여	적용 범위가 넓고 적용이 용이함/일률적 빛 발산을 인쇄전자 기술로 대체 가능함	디스플레이의 휘도수명 특성인 EL재료, 제조 프로세스 등의 기술보강이 필요
배터리	환경 친화적으로 인쇄한 Battery 제품 생산 가능 재충전이 가능하고 우수한 성능의 리튬전지를 인쇄전자 기술로 대체	얇은 판으로 구성되 소형화 가능/유연성이 있어 적용범위가 넓으며, 환경친화적인 제품 생산이 가능	제품 적용 확대를 위해 내구성 향상/기존 배터리 성능향상 및 제조단가 저감 노력
태양 전지	a-Si, c-Si, CIGS, DSSC와 CdTe, OPV 등의 태양전지 적용 가능성 확인	기존 제조공정에 비해 저렴한 제조비용/무기물 태양전지와 기존 태양전지와의 성능 비교가 가능함	무기물의 태양전지의 유해소재 사용 저감 기술/유기물 태양전지는 생산량과 능력면에서 우수하지만 수명이 짧음
센서 등	온도, 습도, 전도성 등을 측정/ 가장 큰 응용은 2008년에 일 년에 한 번 사용된 25억 원의 포도당 센서 포함	제조단가 저렴/유연성이 확보됨	생산량 향상

구분	설명	장점	기술 장벽
전도체	얇은 금속 잉크로 적용가능한 레지스터, 키보드 회선, 발 열 유리, RFID 태그 안테나 등에 대해 사용됨	기존 제조공정 보다 인쇄전자로 제조 용이성 증가	제조비용 저감 /인크 전도성 향상

인쇄전자산업을 통해 대량생산, 원가절감, 대면적화, 공정단순화 등이 효과적으로 발전한다면, 프린팅공정 기술 및 관련소자, Flexible기판 전자소자, 유기화합물 전자소자, 고분자화합물 전자소자 등의 응용은 더욱 확대될 것으로 사료된다.

IV. 인쇄전자 산업시장 전망

4.1. 인쇄전자산업의 Player

인쇄전자 산업에는 전 세계 약 3,000개 이상의 기관이 참여 중이다. 재료/기관과 전력(Photovoltaic, Battery) 분야에 50%(2015년)~60%(2020년) 정도의 시장비중이 형성될 것이다[6]. 실제로는 잉크생산기업이 여러 응용분야에 중복 참여하는 경우가 많다[표 4참조].

표 4. 인쇄전자 관련 주요기업/기관
Table. 4 Printed electronics-related companies / organizations

응용	세분분야	주요기업/기관
로직/메모리	RFID태그 (유기/무기)	PolyIC(독일), OrganicID(미국), Kovio(미국), 파루, ETRI(한국) 등
	메모리	Thin Film Electronics(노르웨이), AMD(미국) 등
디스플레이	LCD	LGD, 삼성전자, Sharp/Sony 등
	백플레인 (구동부)	DNP(일본), PolymerVision(네덜란드), PlasticLogic(영국), HP 등

응용	세분분야	주요기업/기관
태양전지	유기	Konarka, NanoSolar(미국), VTT(네덜란드), DNP 등
	무기	NREL(미국), 태양금속(한국) 등
요소기술	세부 분야	주요기업
기관	PET,PEN, PE 등	DuPont Teijin Films, 3M, DowCorning 등
잉크	도전성 무기(은)	Cabot, Advanced Nanotech(미국), Ciba(스위스) 등
	도전성 유기	DuPont, Merck, 신일철 화학 등
인쇄기술	잉크젯	Xerox, HP, Seiko Epson 등
	그래비아	DNP, Toppan(일본) 등
기타		3M, 쇼와전공 등

잉크재료의 대부분은 은(silver)잉크와 고분자잉크로[3], 은 잉크시장이 좀 더 성숙되어 있다. 이는 RFID 안테나 혹은 디스플레이 백플레인의 초기상품화에 적용되고 있기 때문이다. 대표적인 실버잉크회사는 캐벗이고, 그 외에 어드밴스트나노프로덕트, 시마나노테크, 아체슨, 크리에이티브 매터리얼스, 다우코닝, 듀폰 메텍, 하리마케미컬, 파라텍, 프레시시아, 엑스잉크, 미쓰비시, 페로 등이 있다. 고분자잉크분야는 합성화학 분야의 발전과 더불어 성능이 대폭 향상될 것으로 기대된다. 프린팅전자소자 분야의 대표적인 유기물잉크 공급업체로는 머크, 듀폰, H.C스타, 플렉스트로닉스, BASF, 다우코닝, 사토머, 선케미컬, 스미토모, T-ink, 제록스 등이다. 그러나 은 잉크 분야의 캐벗처럼 시장을 지배하고 있는 유기 잉크회사는 아직 등장하지 않고 있는데, 시장이 성숙되어 있지 않다는 반증으로도 보고 있다.

한편 플라스틱기관소재로 적용이 검토되고 있는 PES, Colorless PI, PC, PEN, COC는 일본기업의 경쟁력이 높은 편이다. PEN은 DuPont Teijin Film이, PC는 Teijin, Colorless PI는 Mitsubishi Gas가 공급을 하고 있으며, PES는 Sumitomo Bakelite사가 수지의 원료 생산에서부터 투명전극 코팅까지 일괄 생산체계를 구축하고 있다. 국내의 경우, 코오롱, LG화학, 제일모직 등 기존 대기업을 중

심으로 사업성 검토를 하고 있거나 실험실수준의 R&D 연구수준이다.

인쇄전자 공정기술 분야는 현재 여러 프린팅 기술을 활용해 소자를 제작하는 연구들이 진행되고 있다. Ink-jet 분야는 Xerox, HP, Seiko Epson, JSR, SIJ Technology 등 다수의 업체가 진입하고 있으며, 정밀도 향상을 위한 연구에 초점을 맞추고 있다. Gravure 분야는 DNP, Toppan Printing 등 일본 업체들이 두각을 나타내고 있다. 국내에서는 한국기계연구원이 최하 7 μ m 수준의 미세한 선을 연속적으로 대량인쇄할 수 있는 ‘그라비아-옵셋 인쇄공정 기술’을 개발하였다. 나래나노텍이 옵셋기법을 이용하여 TFT-LCD mask를 인쇄하는 등 관련기술개발을 발전시키고 있다.

그리고 인쇄전자 주요응용분야의 상황은 다음과 같다. Display 중 LCD 분야의 삼성전자와 LGD 등은 액정배향막, 컬러필터 등에 인쇄기법을 도입했으며, 용액형반도체 기반 TFT형성을 연구 중이다. 아시아에서는 소니, 도시바, 미쓰비시, 마쯔시타, 캐논, 리코, 아사히, 카세이, 파이오니아, 삼성, 스미토모 등의 회사들이 있다. Logic/Memory 분야 중 PolyIC가 2007년에 유기기반 64bits RFID 태그 개발에 성공하였다. 다만 성능 등의 이유로 아직 본격적인 상용화는 하지 않고 있다. 플라스틱 필름 위에 프린팅 TFT(Thin Film Transister Circuit)를 구현하는 기술은 코비오, 소니, 마쯔시타, 캐논, 토판 프린팅, 다이니폰 프린팅, 필립스, 플라스틱 로직, 엡슨, 제록스, IBM, 폴리IC, 오르가닉ID, 3M 등이 대표적인 회사이다.

태양전지분야는 미국의 Konarka가 2004년 고분자 OPV 전지로 당시 최고의 기술(3~5%)을 가진 Siemens의 Brabec 팀을 인수하여, OPV 전지분야로 그 포트폴리오를 넓혀갔다. 유기 폴리머 태양전지를 R2R 공정을 포함한 다양한 프린팅 기법을 사용하여 플라스틱 시트에 코팅하여 만들고 있으며 2008년에는 잉크젯인쇄를 이용하여 매우 낮은 비용으로 제조할 수 있는 유기 태양전지를 시연한 바 있다. 핀란드의 VTT는 프린팅기법을 이용하여 4.6%의 효율을 나타내는 고분자 태양전지 제작하고 있다.

우리나라는 현재 GIST, 한국화학연구원 등에서 세계 최고 수준의 OPV 제작기술을 보유하고 있으며 Cell 구조의 변화, 새로운 층의 도입을 통해 효율향상에 관한 연구를 진행 중이다. 부산대를 포함하여 서울대,

KAIST, 포항공대, 전북대 등의 대학으로 OPV에 대한 연구가 확대되고 있으며, 최근 몇 년 사이에 그 효율과 기술적 가능성이 향상되면서 관련분야기업의 참여가 기대된다[1].

이외에 사이니지, 배터리, 센서 등의 응용분야에서도 삼성전자, AT&T, NTT 등이 참여하고 있다.

4.2. 인쇄전자 시장의 전망

인쇄전자시장은 재료 및 공정기술의 발전과 더불어 수요가 현실화될 것으로 보인다. 시장조사기관인 IDTechEx(2010)는 인쇄전자, 유기전자, 유연전자 등의 시장규모가 2011년 22억 달러에서 급성장하여, 2021년 440억 달러를 상회할 것이라 한다. 물론 연간 약 3,000억 달러 이상에 이르는 반도체칩 시장에는 못 미치는 수준이다. 하지만 전자제품에 대한 소비자의 니즈가 고도화되면서 인쇄전자에 대한 수요는 확대될 것으로 예상된다[8].

지역별로 보면 북미지역이 2010년 4억 달러에서 2030년 816억 달러로 가장 빠른 30%의 성장세를 기록할 것으로 사료된다. 유럽 지역의 인쇄전자 소자시장 규모는 2010년 5억 달러에서 2030년 816억 달러를 기록하며 연평균 29% 상승할 것이다. 독일을 중심으로 화학분야 업체들과 프린팅 설비업체들이 연구개발 인프라를 확충, 시장기반을 마련했으며, 영국·네덜란드·스위스·핀란드 등도 유기전자소자에 대한 기술개발을 활발히 진행, 인쇄전자시장 확대에 주력하고 있다. 아시아·태평양 지역의 인쇄전자 소자시장은 2010년 11억 달러에서 2030년 1734억 달러로 연평균 29% 상승할 전망이다. 중국·한국·일본 및 대만을 포함한 아시아·태평양 시장규모는 2030년 전체시장의 50% 이상을 차지할 것으로 예상된다. 이는 인쇄전자를 이용해 생산한 OLED·RFID가 최대 시장인 아시아 지역에서 생산·소비되기 때문이다[7].

원재료, 인쇄기기 및 시스템, 그리고 인쇄전자소자로 구분하여 보면, 우선 재료시장은 2010년 전체 인쇄전자시장의 약 30%인 6억 달러에서 연평균 49% 성장하여 2020년 330억 달러 규모에 이를 것으로 전망된다. 전체 인쇄전자의 연평균 성장률 39%보다 높은 성장률이다 [표 5 참조].

표 5. 인쇄전자재료 세계시장[8]
Table. 5 World printed electronics materials market
(단위: 백만달러)

구분	2010	2012	2014	2016
원재료	600	1,630	4,120	9,530
기타	1,390	2,160	4,290	9,530
전체	1,990	3,790	8,410	19,060
구분	2018	2020	CAGR	
원재료	17,990	33,060	49%	
기타	15,320	22,040	32%	
전체	33,310	55,100	39%	

전자잉크시장의 경우, 전도성잉크시장이 가장 큰 재료시장을 차지할 것으로 예측되며, 디스플레이와 조명 시장을 겨냥한 OLED 반도체잉크는 2015년에 3억천만 달러의 시장에 달할 것으로 보인다. 태양전지 등에 사용되는 프린팅 광전자소자는 2015년경 4억 달러의 반도체 잉크재료를 소비할 것이다. 전자산업에 이용되는 절연체에도 2015년에 7억 달러의 프린팅잉크의 소비가 예상된다.

이러한 흐름을 볼 때, 인쇄전자산업은 원재료시장의 성장에 의존하고 있으며, 프린팅설비는 부차적인 성장 원인으로 보인다. 프린팅기기는 실제생산에 활용되기 보다는 아직까지 연구 및 실험용으로 활용되는 비율이 높은 편이다[8].

한편, 인쇄전자소자시장 중 R2R의 적용이 가능한 유연인쇄전자소자시장은 연평균 50%성장하여 2020년에는 320억 달러가 될 것이다 현재는 Display(LCD, 전자종이)와 Sensor 등의 분야에서 소규모시장이 형성되어 있는 상황이나, 단기적으로는 Display(OLED, 전자종이)와 태양광 분야가 큰 시장을 형성하고, 장기적으로는 기술 성숙에 따라 로직/메모리 분야가 크게 부각될 전망이다[표 6참조].

그리고 센서, 배터리, 광전지(PV), 메모리, 스마트카드 등의 시장도 확대될 것으로 사료된다.

표 6. 인쇄전자소자 세계시장[8]
Table. 6 World printed electronics devices market
(단위: 백만달러)

구분	2010	2012	2014	2016	2018	2020	CAGR
로직/메모리	10	30	120	840	2,580	6,300	94%
OLED dis'	0	20	150	840	1,820	4,250	75%
OLED 조명	0	20	170	470	1,120	1,800	48%
전기영동소자	10	40	300	800	2,000	4,200	55%
전기변색소자	0	0	10	20	40	90	44%
전기발광소자	80	150	230	300	400	400	10%
기타 디스플레이	0	20	50	210	420	750	57%
배터리	20	20	50	130	340	700	55%
태양광전지	30	190	910	2,610	6,300	11,240	52%
센서	10	60	140	450	780	1,120	41%
전도체(잉크)	240	340	680	980	1,360	1,700	16%
기타	0	10	40	110	170	230	34%
유연소자전체	400	900	2,850	7,760	17,320	32,780	50%

주: CAGR은 2014~2020

4.3. 국내 기업에 대한 시사점

전문가들은 인쇄전자가 전자산업뿐 아니라 보안서비스, 포장 및 유통, 환경/에너지, 헬스케어 산업에까지 광범위한 응용이 가능할 것으로 전망한다. 과거 가능성에 머물렀던 분야(Printable Electronics)가 이제는 'Printed Electronics'로 현실화되어가고 있다. 국내 기업도 인쇄전자산업의 가치사슬 생태계에서 뒤지지 않기 위해 강점 발휘에 고심하고 있으며, 전략적 고민도 깊다. 일례로, 부품소재전문업체인 (주)잉크테크는 인쇄전자분야의 폭발적인 매출증가세에 힘입어 2012년 3분기 창사이래 최대의 실적을 달성했다. 스마트폰, 태블릿PC 등 터치스크린 시장이 확대되고, 윈도우8이 출시되면서 TSP(터치스크린패널) 전극용 잉크매출이 확대될 것으로 기대하고 있다.

최근 ITO(투명전극재료) 대체재인 메탈메시(metal mesh)방식의 터치패널용 투명전도성 필름에도 (주)잉크테크가 유일하게 공급한다.

원재료 부분이 인쇄전자산업을 리딩할 것이라고 말한 바와 같이 태양광같은 활용도가 많은 인쇄전자소자를 제외하면 인쇄전자디바이스를 생산하기 위한 재료 시장의 확대는 점점 확대될 것으로 사료된다.

따라서 현실적으로 인쇄전자산업의 발전을 주도하는 재료분야의 성장을 우선하는 국가적인 전략이 나를 필요하다. 보통 생산시설이나 장비개발이 인쇄전자산업을 대변하는 듯한 우리나라의 분위기를 전환시킬 필요가 있다.

IV. 결 론

산업생태계는 어느 한 분야의 독자적인 성장만으로 형성되지 않는다. 인쇄전자산업도 잉크 및 기판 등의 재료, R2R 장비 및 시설, 인쇄전자소자, 그리고 국가적인 관심 등이 동반성장될 때 생태계를 구축할 수 있게 된다.

정책적으로 볼 때, 우리나라는 인쇄전자, 투명 디스플레이, 해양플랜트 등 3가지 사업을 미래 먹거리 산업으로 선정해서 추진하고 있다. 이중 인쇄전자산업은 2025년 기준으로 매출 77조원, 수출 450억 달러, 고용창출 6만4000명, 투자유발 17조 4000억 원의 성과를 낼 것으로 내다보고 있다[9]. 더구나 우리나라는 2011년 국제표준화기구 '인쇄전자기술위' 설립을 주도하여 표준화 세계 시장의 주도권을 확보하여 인쇄전자 전반을 선도할 수 있게 되었다.

물론 인쇄전자의 막대한 잠재력을 주시하는 글로벌의 기업이 연구개발과 상업화를 활발히 추진하고 있기 때문에 '인쇄전자기술위'가 주도권을 대변하지는 않는다. 3M, DuPont, GE 등을 위시하여 전자, 화학, 인쇄 기업, 나노재료에 특화된 기업, IT기업들도 참여하여 요소기술의 전방위적 통합으로 경쟁력을 확보해 가고 있다.

현재까지는 유럽, 미국과 일본의 기업들이 인쇄전자 영역에서 가장 활발한 모습을 보이고 있지만 국내에서도 디스플레이기업중심으로 LCD공정에 인쇄기술을 도입한다든지, E-paper 시제품을 선보이는 등 생태계를 만들어 가고 있는 바, 시장의 주도권을 잡기 위한 국내기업의 이 협력이 기대된다.

따라서 인쇄전자 소자이나 원재료 시장에 이미 진출한 기업이 다각적인 클러스터를 형성하여 인쇄전자산업을 주도할 가능성이 높은 것이지, 생산장비시장에 진출하는 기업이 시장을 선도할 가능성은 높지 않다.

따라서 나노기술, 소재기술 등 관련기술이 발전하면서 전자소자 및 부품의 제조에서 새로운 활로를 찾으려는 수요가 증가하고 있기 때문에 인쇄전자도 장비보다는 원재료와 소자에 집중하는 것이 긍정적인 성장을 기대할 수 있을 것이다.

참고문헌

- [1] 하영욱 외 2인, 전자산업의 미래, 인쇄전자소자, 전자통신동향분석. 제26권 제2호 4. pp.111-125, 2011.
- [2] Klaus Hecker, Organic and Printed Electronics 3th, Organic Electronics Association(OE-A). 2009.
- [3] 김성한, 인쇄전자의 최신기술 및 시장동향, Technical Series_KOSEN Reports ⑨, 2007.
- [4] 김경연, 인쇄전자가 찍어낼 전자산업의 미래, LG Business Insight 9. pp.2-14, 2011.
- [5] 지식경제부 보도자료, 9.3. 2011.
- [6] 김동수, 전자부품 제조의 대량, 고속화를 이끄는 인쇄전자기술, 월간표면실장기술, pp.2-9, 2012.
- [7] 전자신문, [화요기획]인쇄전자 세계 시장 규모 2030년 3800억달러 형성, 07.18. 2011.
- [8] IDTechEx, Printed, Organic & Flexible Electronics Forecasts, Players & Opportunities 2010-2020, 2010.
- [9] 아시아경제, 한국인쇄전자산업협 컨소시엄, 미래산업 과제 선정, 12. 2011

저자소개



박정용(Jung-Yong Park)

2002년 경북대학교 대학원
전자공학과(공학박사)
2006년 충남대경영대학원
마케팅전공(경영학석사)

2003년 ~ 현재 충청지역사업평가원 대전지역산업
평가단 단장

※ 관심분야: 지역산업정책기획, 창업컨설팅, R&D
과제기획 및 평가, 사업계획서 작성 교육



박재수(Jae-Sue Park)

2004년 한남대학교 대학원
경영학과(경영학박사)
2005년~현재 대전TP 지역산업
평가단 위원

※ 관심분야: 산업정책, 클러스터, 기업가정신