

인쇄전자 (Printed electronics)



데이터분석본부 수도권지원 선임기술원 **조상훈** Tel: 02-3299-6098 e-mail: scho@kisti.re.kr

KEY FINDING

1. 인쇄전자 기술은 신문을 인쇄하듯 전자회로, 센서, 안테나, 배터리 같은 전자소자를 제작하는 기술이며, 공정 단순화, 원재료의 사용량 감소 등에 장점이 있는 저비용, 저탄소의 친환경적인 기술이다.
2. 인쇄전자의 세계 시장 규모는 2021년 기준 약 99억 2,600만 달러이며, 2021년부터 연평균 18.3%로 성장해 2026년 약 229억 9,800만 달러까지 확대될 것으로 전망된다.
3. 인쇄전자 기술은 인쇄 방식에 의해 스크린, 잉크젯, 그라비아, 플렉소 그래픽 인쇄로 구분된다. 스크린 인쇄 방식은 고해상도의 인쇄는 어려우나 공정이 단순해 가장 널리 상용화되어 있으며, 2021년 약 68억 4,400만 달러에서 연평균 16.7%로 성장해 2026년 약 147억 8,500만 달러에 이를 것으로 예상된다.
4. 인쇄전자 기술은 현재 단순한 디스플레이 부품 일부에 상용화되어 있으며, 아시아 태평양 지역이 가장 큰 시장규모를 형성하고 있는 것으로 파악된다. 대기업보다는 소재, 장비 분야의 중소·벤처기업들이 국제적으로 활발하게 사업을 펼치고 있는데, 이는 작은 규모의 조직이 다품종 소량생산으로 최적화된 제품을 신속하게 수요자에게 제공할 수 있기 때문이다.
5. 저온의 공정이 가능한 인쇄전자 기술은 유연 소자 제조가 가능해 향후 전자소자의 폼 팩터 변화에 대응할 수 있는 중요한 기술이며, 저비용, 친환경 기술로 높은 성장이 기대되므로 주요 사업자인 중소·벤처 기업을 중심으로 한 지속적인 투자와 인력의 양성이 필요하다.

1) 시장의 개요

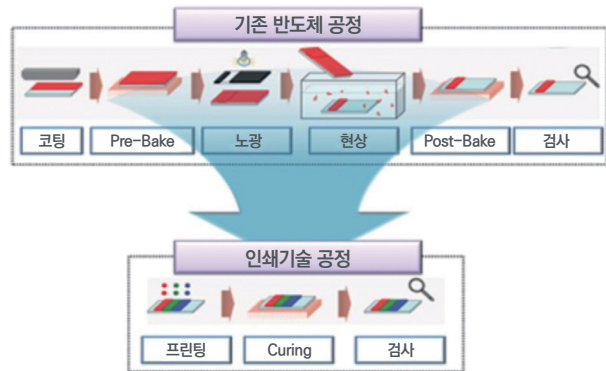
인쇄전자 (Printed electronics) 기술은 고유한 전자적 특성을 가

지는 전자잉크와 절연재 등을 사용하여 원하는 기판에 신문을 인쇄 하듯 전자회로, 센서, 안테나, 배터리 등의 전자소자를 제작하는 기술 이다. 기존의 전자소자를 형성하는 방법은 <그림 1>과 같이 진공증착

(evaporation), 노광(photolithography), 식각(etching)으로 대표되는 반도체 공정이며, 7~8단계를 거쳐야 원하는 소자를 만들 수 있다. 인쇄전자 기술을 활용하는 경우 목적 기판에 원하는 소재를 도포하고 열처리, 세정 등으로 공정을 단순화할 수 있으며, 화학 물질 사용을 줄일 수 있는 친환경 공정이다. 또한, 저온 공정을 통한 유연 소자 형성 및 고속, 연속 생산이 가능하여 저비용 공정이라는 장점이 있다. 대표적인 적용 사례로 디스플레이 구동용 박막 트랜지스터 공정에 인쇄전자 기술을 적용하면 기존 대비 설비투자 금액을 60% 줄일 수 있고, 공정 수가 50% 줄어드는 등 높은 효율성이 있는 것으로 확인된다.

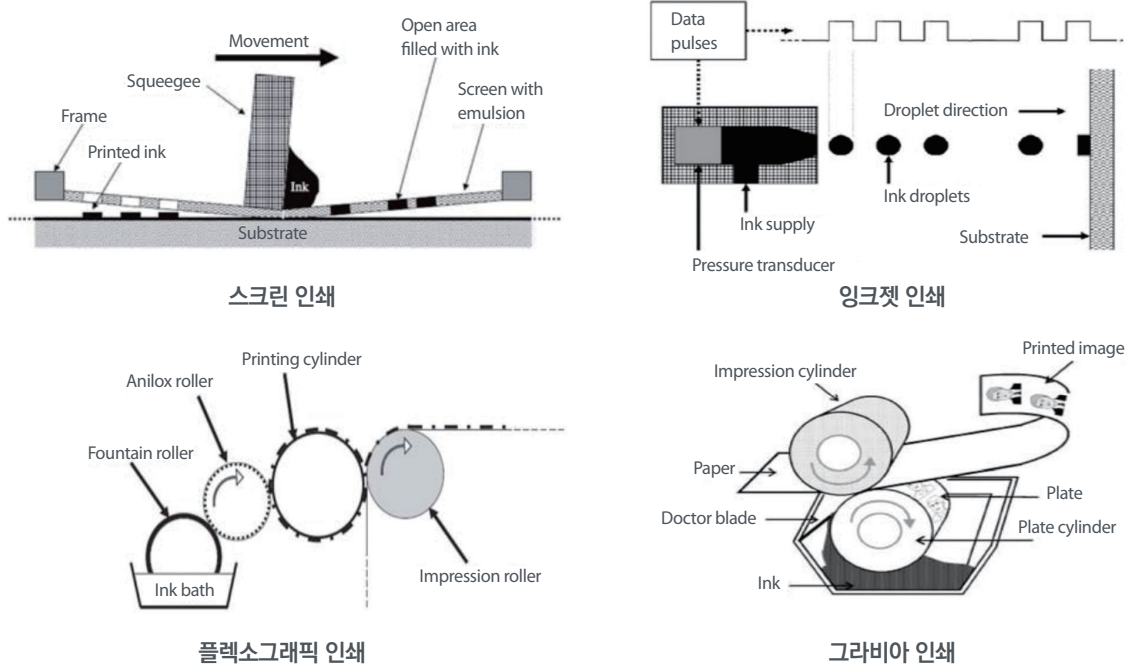
이러한 인쇄전자 기술은 인쇄 방식에 따라서 분류할 수 있는데, <그림 2>와 같이 스크린, 잉크젯, 플렉소 그래픽, 그라비아 인쇄로 분류되며, 이외에도 나노임프린팅, 오프셋, 에어로졸 등 다양한 방식이 있다.

그림 1 기존 전자소자 공정과 인쇄 기술 적용 공정의 비교



출처 : 한국재료연구소, 소재기술백서, 2012

그림 2 기존 전자소자 공정과 인쇄 기술 적용 공정의 비교



출처 : NEWS & INFORMATION FOR CHEMICAL ENGINEERS, 제 27권 제 6호, 2009, 인쇄전자기술, 윤현식

스크린 인쇄는 대표적인 인쇄 방법으로 개구부가 있는 매쉬에 페이스트(잉크)를 올리고 평판이나 롤 형태의 스크린이 회전하면서 압력을 가해 페이스트가 기판으로 전사되는 방법이다. 로터리 방식으로 적용하면 연속 생산이 가능하다는 장점이 있으나, 중점도 이상의 페이스트가 필요해 박막 제품에 활용하기 어렵다는 단점이 있다. 잉

크젯 프린팅은 프린팅을 원하는 부분에 노즐을 위치시키고 물질을 토출시켜 패턴링 하는 것으로 원재료의 낭비가 적고 저점도 잉크를 다룰 수 있어 박막을 형성할 수 있다는 장점이 있으나, 잉크 건조로 발생하는 커피링 효과 때문에 균일성을 확보하기 어려운 단점이 있다. 플렉소 그래픽은 고무도장과 같이 연성 재료의 탄성체의 불룩한

부분에 기능성 소재를 묻힌 후 원하는 기판으로 인쇄하는 방법으로 탄성체에 압력이 가해져 변형이 일어나기 때문에 높은 정밀도를 요구하는 인쇄 방식에는 사용하기 어려운 단점이 있다. 그라비아 인쇄는 이와 반대로 오목한 부분에 기능성 소재를 채우고 기판으로 전사하는 방식이다. 여기에 오프셋 방식을 결합한 그라비아 오프셋 인쇄 방식이 활발하게 연구되고 있으며, 이는 오목한 부분의 기능성 소재를 채운 이후 블랭킷으로 1차 전사, 원하는 기판으로 2차 전사하는 방법으로 기판 재질 선택의 폭이 넓은 장점이 있다.

인쇄전자 기술은 저온 공정이 가능하여 제조 품팩터의 다양성이 있고, 공정 단순화가 가능하며 원재료 물질의 낭비가 거의 없어 친환경 경성이 높다는 것이 특징으로 기술의 핵심은 기판 재료, 잉크 소재, 공정 장비의 개발로 나눌 수 있다. 기판 재료는 유연하면서도 친환경적인 기판 재료에 관한 연구, 잉크 소재는 다양한 소자에 적용할 수 있으면서 기능성이 높으며 인쇄가 가능한 소재, 공정 장비는 저온 공정이 가능하면서 연속 생산이 가능한 장비 등으로 기술 개발이 이루어지고 있다. 다양한 기술의 발전에 따라 최근에는 웨어러블 의료, 센서, IoT 기기 등으로 사용 범위가 확대되고 있어 높은 성장이 기대되는 시장이다.

2) 정책 및 규제 현황

인쇄전자는 기존 전자제품을 생산할 때 발생하는 복잡한 공정을 단순화할 수 있으며, 재료의 낭비를 최소화할 수 있어 제조공정에 혁신을 가져올 수 있는 기술로 기존의 전자산업이 발달한 국가를 중심으로 연구개발을 지속하고 있으며, 지원정책도 확대되고 있다.

인쇄전자 소자나 제품에 관한 연구들은 미국, 유럽, 일본을 중심으로 연구 및 상업화 중이며, 정부의 지원과 기업의 개발 역량을 중심으로 기술의 발전이 이루어지고 있다. 미국은 DARPA(Defense Advanced Research Projects Agency)와 NIST(National Institute of Standards and Technology)의 첨단 기술 프로그램(Advanced Technology Program, ATP)를 통하여 인쇄전자 제품과 생산장비에 관한 연구를 수행하고 있으며, 다양한 소재, 장비 업체들이 관련 장비를 개발하여 판매하고 있다.

일본은 디스플레이 산업 위주로 잉크젯과 기타 인쇄 기술을 적용하고 있으나, 소수의 기업이나 연구소가 이를 진행하고 있으며 정부 측면에서는 퓨처비전이라는 국책 프로그램을 통해 산·학·연·정이 협력할 수 있도록 종합적으로 지원하고 있다.

과거부터 높은 수준의 인쇄 기술을 보유한 유럽의 경우 기존 인쇄 산업을 선도하던 기업들이 혁신적인 인쇄 시스템에 관한 연구를 할

발하게 진행하고 있고, 장비, 재료, 공정 업체들이 컨소시엄을 만들어 연구를 진행하면서 시너지 효과를 극대화하고 있다.

국내에서는 2014년 산업통상자원부가 인쇄전자 산업 육성을 위한 청사진을 제시하면서 인쇄전자 산업을 적극적으로 육성해왔다. 국내의 경우 디스플레이 산업을 중심으로 인쇄전자 산업의 육성이 진행되고 있으며, 기술경쟁력을 선진국 대비 90%로 끌어올려 웨어러블 디스플레이, 스마트 디바이스, 사물인터넷 등의 제품에 응용하고 부가 가치 창출로 연계하는 방안을 제시했다. 또한, 국제전기기술위원회(International Electrotechnical Commission, IEC)에서 인쇄전자 세계 표준을 정립하기 위한 인쇄전자 TC(Technical Committees) 조직 운영의 간사국으로 지정되어 인쇄전자의 기술 표준 제정을 위해 노력하고 있다. 종합적으로 분석해 보면 국제적 기업과 국내의 다수 기업이 각각의 인쇄 소재, 장비, 소자 제작 기술을 활발히 연구 중이며 산업화와 양산을 준비하고 있으나, 각 수요처에서 요구하는 사양이 서로 판이해 정책적인 방향성과 표준 제시가 필요한 것으로 판단되며, 산업화 단계의 인쇄전자 기술을 적극적으로 지원하여 인쇄전자 산업을 육성할 필요가 있다.

3) 시장동향

| 시장 규모 및 전망

인쇄전자의 세계시장 규모는 2017년 53억 4,700만 달러에서 2020년 89억 200만 달러로 연평균 18.5%의 높은 성장세를 지속해 왔으며, 2021년 99억 2,600만 달러에서 2026년 229억 9,800만 달러로 성장이 예상된다. 앞서 언급한 바와 같이 인쇄 기술은 스크린, 잉크젯, 플렉소 그래픽, 그라비아 인쇄 등으로 분류할 수 있으며, 스크린 인쇄의 시장점유율이 68%로 인쇄전자 시장의 가장 많은 부분을 차지하고 있다. 이는 스크린 인쇄가 스마트폰, 노트북 등의 디스플레이 제조에 활용될 수 있기 때문이다. 또한, 스크린 인쇄는 일반적인 평면 시스템과 롤투롤(Roll-to-Roll) 공정으로 연속 생산할 수 있어 공정 단순화와 고속 공정 적용으로 생산 단가의 절감이 가능한 장점이 있다. 이에 시장은 2021년 68억 4,400만 달러에서 연평균성장률 16.7%로 성장해 2026년 147억 8,500만 달러로 규모가 확대될 것으로 전망된다.

두 번째로 큰 규모의 시장인 잉크젯 인쇄 기술은 전도성, 반도체, 절연체 잉크와 같이 다양한 잉크의 적용이 가능하고 디스플레이용 회로 기판, 컬러필터, 유기 박막 트랜지스터, 인쇄된 OLED 조명 패널, 태양전지 등에 활용이 가능하다. 잉크젯 인쇄는 인쇄를 위한 원재료

물질이 노즐에 담겨있어 환경오염이 적고, 인쇄 과정에서 버려지는 물질이 거의 없어 효율성이 높은 인쇄 기술로 빠른 시장 확대가 예상되는데, 시장규모는 2021년 12억 800만 달러에서 2026년에는 35

억 400만 달러까지 증가, 연평균 성장률(CAGR 기준) 23.7%로 인쇄 전자 기술 중 가장 높은 성장률을 기록할 것으로 전망된다.

표 1 인쇄전자 시장의 기술별 세계 시장 규모 및 전망(2021~2026)

(단위: 백만 달러)

종 류	2021	2022	2023	2024	2025	2026	CAGR(%) (2021~2026)
잉크젯 인쇄	1,208	1,608	2,034	2,493	2,988	3,504	23.7
스크린 인쇄	6,844	8,535	10,185	11,782	13,333	14,785	16.7
그래비아 인쇄	420	544	673	811	957	1,107	21.4
플렉소 그래픽 인쇄	520	671	827	992	1,163	1,338	20.8
기타 인쇄 기술	934	1,198	1,467	1,739	2,004	2,264	19.4
계	9,926	12,556	15,186	17,816	20,446	22,998	18.3

출처 : Marketandmarket, Printed electronics, 2021

인쇄전자 시장의 중요한 요인은 해상도(resolution)로, 인쇄되는 회로의 집적도, 성능뿐만 아니라 생산가격, 효율성에도 직접적인 영향을 미친다. 인쇄 해상도는 잉크의 두께, 습윤성, 점착성, 용해도 등 재료의 특성과 인쇄 조건에 따라 달라지는 특성이 있으며, 해상도는 100 lines/cm 이하, 100~200 lines/cm, 200 lines/cm 이상으로 구분된다. 100 lines/cm 이하의 해상도는 스크린 인쇄, 플렉소 그래픽 인쇄로 구현되는 저해상도로 단순성과 비용 효율성이 높아 큰 시장점유율을 차지하고 있으며, 유기 태양전지, 유기물 FET(Organic

Field-Effect Transistors)를 제조하는 데 활용되고 있고 2021년 79억 4,200만 달러에서 2026년 173억 9,200만 달러로 시장이 성장할 것으로 분석된다. 100~200 lines/cm 수준의 해상도는 그래비아, 잉크젯 및 오프셋 인쇄 기술로 구현하고 있으며, RFID 태그, 박막형 트랜지스터 등에 적용이 이뤄지고 있다. 200 lines/cm 이상의 해상도는 잉크젯 인쇄 기술과 나노임프린팅 기술을 활용하여 구현할 수 있으며, 아직은 높은 해상도를 구현하기 어려워 작은 시장 규모를 보이고 있으나, 기술의 발전에 따라 높은 성장률을 보일 것으로 분석된다.

표 2 인쇄전자 시장의 해상도별 세계 시장 규모 및 전망(2021~2026)

(단위: 백만 달러)

종 류	2021	2022	2023	2024	2025	2026	CAGR(%) (2021~2026)
100 lines/cm 이하	7,942	9,935	11,887	13,789	15,645	17,392	17.0
100~200 lines/cm	1,245	1,610	1,986	2,377	2,780	3,184	20.7
200 lines/cm 이상	739	1,010	1,313	1,650	2,022	2,423	26.8
계	9,926	12,556	15,186	17,816	20,446	22,998	18.3

출처 : Marketandmarket, Printed electronics, 2021

인쇄전자 시장을 지역별로 살펴보면 아시아 태평양이 가장 규모가 큰 시장이면서 동시에 높은 성장률이 기대되는 시장이다. 2021년 51억 3,600만 달러에서 연평균 20.8%로 가장 빠르게 성장하여 2026년 132억 1,200만 달러 규모를 형성할 것으로 예상된다. 이는

인쇄전자를 활용하는 세계 주요 업체들이 중국, 한국 등에 존재하여 성장을 주도하고 있기 때문으로 분석되며, 국내시장은 2021년 7억 9,500만 달러에서 2026년 19억 9,200만 달러로 지속적인 성장세가 예상된다. 북미지역은 두 번째로 큰 시장으로 자동차, 운송, 소비자

가전 산업 부품에 대한 수요 증가가 많은 지역이며, 풍부한 소비력을 바탕으로 인쇄전자 시장에서 높은 잠재력을 보유하고 있어, 시장 규

모는 2021년 25억 1,600만 달러에서 2026년 48억 5,900만 달러 규모로 두 배 가까운 성장을 보일 것으로 전망된다.

표 3 인쇄전자 시장의 지역별 규모와 전망(2021~2026)

(단위: 백만 달러)

지역	2021	2022	2023	2024	2025	2026	CAGR(%) (2021~2026)
북미	2,516	3,077	3,593	4,065	4,491	4,859	14.1
유럽	2,125	2,655	3,171	3,672	4,159	4,613	16.8
아시아태평양(APAC)	5,136	6,638	8,200	9,821	11,508	13,212	20.8
한국	795	1,022	1,256	1,496	1,744	1,992	20.2
기타	150	187	223	258	288	315	16.0
계	9,926	12,556	15,186	17,816	20,446	22,998	18.3

출처: Marketandmarket, Printed electronics, 2021

경쟁 현황

인쇄전자 시장은 상용화 초기 단계이며, 국내 기업의 경우 삼성디스플레이(주), LG디스플레이(주)가 디스플레이 분야에 주로 활용하고 있으며, 해외 기업들은 센서, 메모리칩 등 다양한 분야에서 인쇄전자 기술을 상업화하고 있다. 대규모의 점유율을 차지하고 있는 기업은 없는 것으로 분석되며, 75~80% 정도의 시장점유율을 작은 규모의 기업들이 분할하고 있으며, 소재, 장비 등을 특화하여 사업화하는 회사가 대부분인 것으로 파악된다. 대표적인 기업으로는 인쇄회로 기판 어셈블리 및 LED 주요 인쇄전자 장치와 관련된 서비스를 제공하는 Molex, LLC(미국)가 있으며, 디지털 가공 및 PCB 제조를 위한 소재를 공급하는 Agfa-Gevaert Group(벨기에)이 있다. 제조 품팩터

의 변화에 따라 유연 인쇄 분야에도 많은 기업이 사업화에 나서고 있는데 박막 배터리, 신체 부착형 무선 온도 센서 등을 개발하는 Blue Spark Technology(미국), 제조 파운드리 서비스로 터치스크린과 바이오센서 등을 생산하는 Eastprint Incorporated(미국)이 있으며, 잉크젯, 에어로졸젯, 3D 프린터 장비 설비를 생산하는 Ceradrop(프랑스)와 스마트 라벨을 생산하는 ID Label(싱가포르) 등이 있다.

〈표 4〉에서 분류한 바와 같이 국내 기업으로는 (주)잉크테크, (주)나노신소재 등이 잉크 및 페이스트 소재를 제조하고 있으며, 인쇄 장비는 (주)피엔티, (주)에스에프에이, (주)나래나노텍 등이 생산하고 있다. (주)이그잭스, (주)파루 등은 RFID/NFC 안테나, 투명전극을 만들고 있으며, 삼성전기(주), 대주전자재료(주)에서 MLCC(Multi-layer ceramic capacitor)를 사업화하여 매출을 발생시키고 있다.

표 4 유연인쇄전자 관련 국내 기업 현황

분야	국내 대표 기업	매출 성과
잉크 및 페이스트 소재 (전극, 절연, 반도체 재료)	잉크테크, 제일모직, 나노신소재 등	약 4,000억 규모 (세계시장 5조 원)
인쇄 장비	피엔티, SFA, 나래나노텍 등	약 2,000억 규모 (세계시장 5조 원)
롤투롤 전극(RFID/NFC 안테나 등)	이그잭스, 파루 등	약 1,000억 규모 (세계시장 8조 원)
캐패시터(MLCC)	삼성전기, 대주전자재료 등	약 1조 규모 (세계시장 8조 원)
디스플레이 (터치, 배향막, OLED 봉지막 등)	LG디스플레이, 삼성디스플레이 등	약 5천억 규모

출처: 한국플렉시블일렉트로닉스산업협회, TC 동향보고서(인쇄전자)

4) 애널리스트 인사이트

인쇄전자 기술은 고유한 특성을 가진 잉크를 신문을 인쇄하듯이 기판에 적층하여 전자회로, 센서, 안테나, 배터리 등 전자소자를 효율적으로 제조하는 기술로, 생산 단계가 획기적으로 줄어들고 낭비되는 원재료가 거의 없으며, 저온에서 공정이 가능해 유연한 기판에 패턴이 가능한 장점이 있다. 또한, Roll-to-Roll 공정으로 대표되는 연속공정이 가능하여 저비용 공정으로도 주목받고 있다. 현재는 디스플레이의 박막 트랜지스터 공정 등에 대표적으로 활용되고 있으며, 향후 차량용 부품, 의료용 소자, 구부릴 수 있는 센서 등에 적용이 가능할 것으로 예상되는 기술이다.

인쇄전자 기술은 그 인쇄 방식에 따라 스크린, 잉크젯, 플렉소 그래픽, 그라비아 인쇄로 크게 나뉘며, 각 기술에 따른 구현 해상도, 활용할 수 있는 잉크 특성 등 장단점이 있다. 현재는 구현이 가능한 해상도가 제한적이기 때문에 접근이 쉬운 스크린 인쇄 방식이 주로 활용되고 있으나, 그라비아 오프셋이나 잉크젯, 나노임프린팅 인쇄 등으로 기술이 발전해 보다 미세한 인쇄가 가능할 것으로 기대된다. 다만, 미세 인쇄 기술 구현을 위해서는 인쇄에 적합한 물질의 개발, 인쇄 후 건조 조건 최적화, 연속 인쇄를 위한 잉크 물성 조절 등 다양한 기술적 난제를 해결해야 할 것으로 보인다.

인쇄전자 기술을 사업화하는 기업을 분석해 보면, 대부분 중소·벤처 기업으로 소재, 소자, 장비로 분야를 나누어 사업을 펼치고 있는데, 이는 산업의 특성상 큰 규모의 기업보다 소비자의 요구에 최적화된 제품을 신속히 제조해 제공할 수 있는 기업이 필요하기 때문이다.

국내의 경우 잉크, 페이스트 소재 개발업체, 인쇄장비 업체와 완성품인 커패시터, 디스플레이 관련 업체가 주요한 시장의 참여자로 분석된다. 정책적으로는 선진국이 주로 인쇄전자 활성화를 위해 지원하고 있으며, 국내의 경우 2014년 산업통상자원부가 인쇄전자 산업 육성을 위한 청사진을 제시한 바 있고, 인쇄전자 표준 정립 조직 운영 간사국이 되는 등 정부의 적극적인 정책과 관심이 있는 것으로 보인다.


인쇄전자 시장의 상용화는 디스플레이 관련 시장을 중심으로 진행되어 왔으며, 유연 소자와 같이 혁신적인 제품의 적용을 통해 다양한 소자에 확장하는 추세인 것으로 보인다. 또한, 아시아 태평양 시장이 가장 규모가 큰 시장이며, 연평균 성장률도 높을 것으로 예상되므로 시장 분석, 전략 수립 및 기술 개발을 통해 한국, 중국, 일본 등 아시아 시장을 교두보 삼아 세계시장에 진출하는 전략이 유효할 것으로 생각된다. 



그림 3 인쇄전자 시장의 신사업 기회 분석

Policy

중소벤처형 고부가가치 사업에 대한 지원

- 모듈형 소규모 생산기술로 중소벤처 중심의 산업
- 빠른 피드백과 협력 가능한 네트워크 구축 필요

Market

미래 전자 소자 수요 증가

- 유연, 스트레처블 등 제조 폼팩터의 변화 유발
- 의료, 차량, 지능형 가전 등으로 시장확대

Society

공정 단순화로 저탄소, 친환경 기술

- 전자산업의 제조 공정 단순화 기여
- 낭비되는 자원의 최소화 가능

Technology

소재, 부품 산업의 혁신 주도

- 연속생산으로 생산 효율성이 높은 기술
- 인쇄전자에 적합한 소재, 부품, 장비 구축 필요

참고문헌

- [1] 한국재료연구소, 소재기술백서, 2012
- [2] Marketandmarket, Printed electornics, 2021
- [3] 중소벤처기업부, 중소기업 기술로드맵 디스플레이, 2018-2021
- [4] 한국플렉시블일렉트로닉스산업협회, TC 동향보고서(인쇄전자), 2021
- [5] NEWS & INFORMATION FOR CHEMICAL ENGINEERS, 제 27권 제 6호, 2009, 인쇄전자기술, 윤현식
- [6] 한국표준협회, 인쇄전자 로드맵 및 프레임 워크, 2022
- [7] 산업통산자원부 보도자료, 정부, 인쇄전자 산업 육성을 위한 청사진 제시, 2014
- [8] LG Business Insight, 인쇄전자가 찍어낼 전자산업의 미래, 2011

