

2016 FEBRUARY
vol.07

07

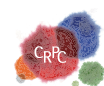
융합

WeeklyTIP

Technology • Industry • Policy

인쇄전자기술 동향

김준혁 | 융합연구정책센터





인쇄전자기술 동향

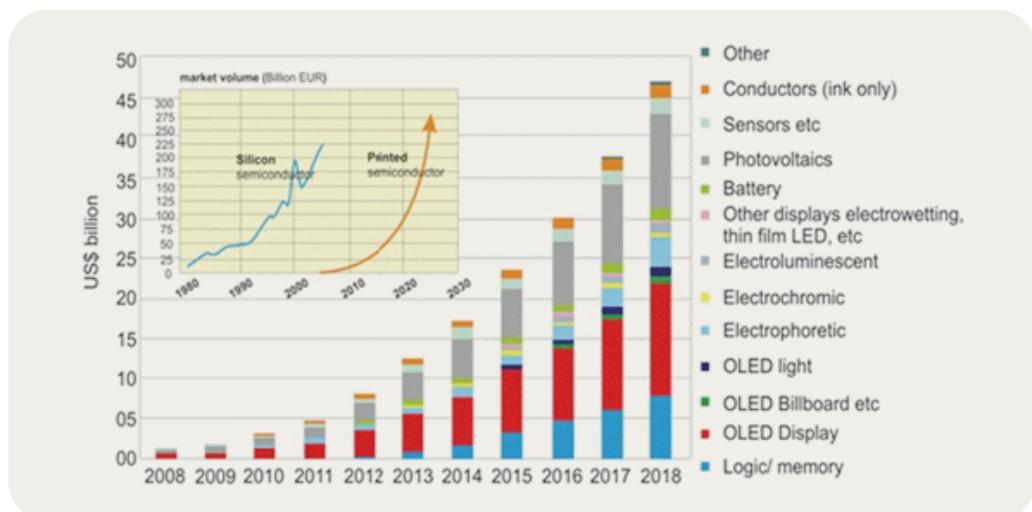
김준혁 | 융합연구정책센터

선정 배경

- 인쇄전자산업은 2016년 300억 달러 규모에 도달할 것으로 예상되는 거대 시장이며, 차세대 태양광과 디스플레이 등에 활용이 가능하여 향후 빠른 성장이 예상됨
- 디스플레이, 전자, 태양광, OLED 등 국내 유망산업과 밀접한 관련과 잠재성을 갖고 있으나, 세계 시장 점유율이 2007년 14.6%에서 2013년에는 9%로 하락하여 차별화된 전략 수립이 필요

개요

- 인쇄전자기술은 인쇄 기법을 통해 전자잉크로 전자소자 및 부품 혹은 모듈을 만들어내는 기술
 - 가격이 낮고 친환경적이며 유연성 있는 소자 제작이 가능하고 대량생산에 유리한 장점이 있으며, 스마트 의류, 플렉시블 디스플레이, RFID, 태양광 패널 등에 광범위하게 활용 가능
 - 효율적 인쇄 기술과 인쇄용 잉크 개발을 위해 활발한 연구 진행 중



▲ 그림 1. 인쇄전자기술 제품별 세계 시장 전망

● OLED와 광전소자가 각각 약 30%, 20%를 차지하는 주요 제품군

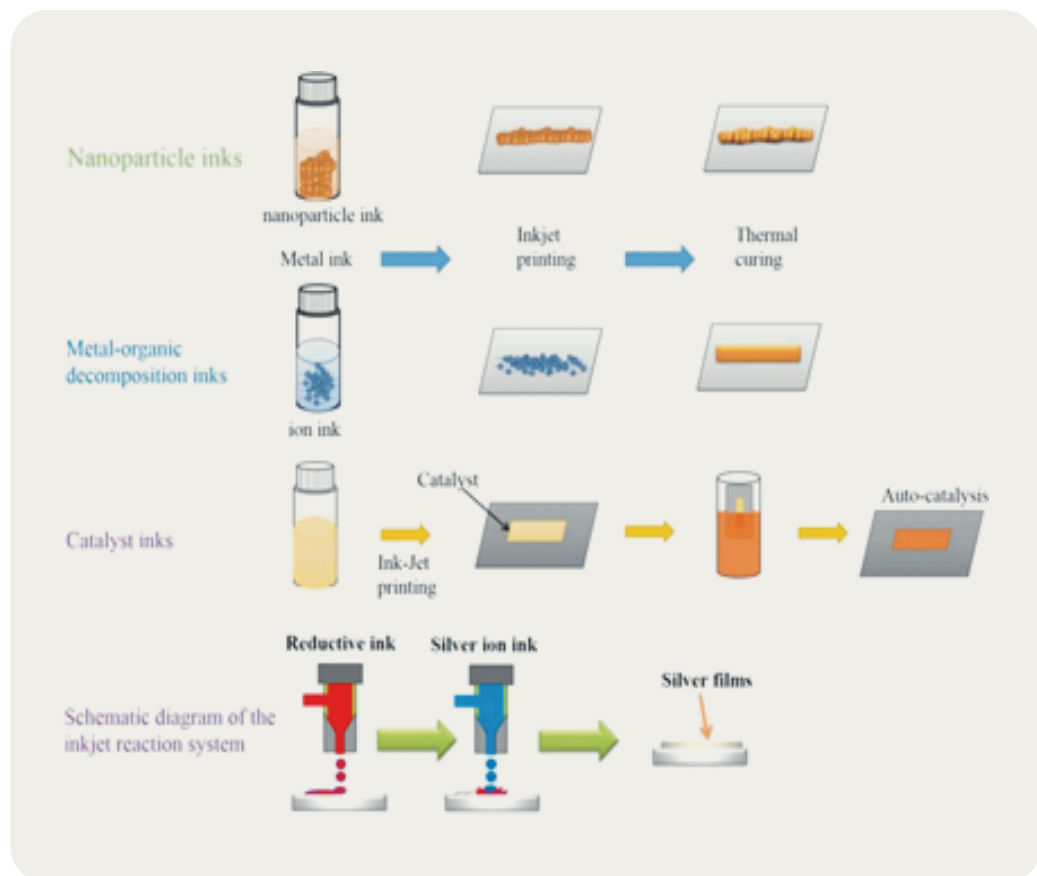
- OLED는 빛을 내는 층이 유기 화합물로 이루어진 박막 발광 다이오드이며 직접 빛을 내기 때문에 빛의 표현 범위가 다른 소재보다 더 넓으며 백라이트가 필요 없어 얇은 디스플레이를 구현할 수 있는 장점이 있다.

- 광전소자(Photovoltaics)는 광자의 에너지를 직류 전원으로 발전시켜 전력을 얻는 반도체 소자를 의미하며, 태양광 발전을 통칭하는 말로도 사용

● 인쇄전자용 잉크는 재료에 따라 크게 나노입자, 유기금속분해액, 촉매액, 잉크젯 반응 시스템(reaction inkjet system)으로 분류

● 잉크의 질은 인쇄 회로의 성능을 결정하는 주요 문제이며 효율적인 인쇄전자기술을 위한 잉크소자 개량 활발

- 점성과 안정성이 뛰어난 잉크소재, 웨어러블 기기 등에 활용 가능한 신축성 있는 잉크, 전자기판을 보호할 수 있는 보호용 잉크(encapsulant), 고온에서 불안정한 플라스틱 기판에 활용 가능한 특수 잉크 등

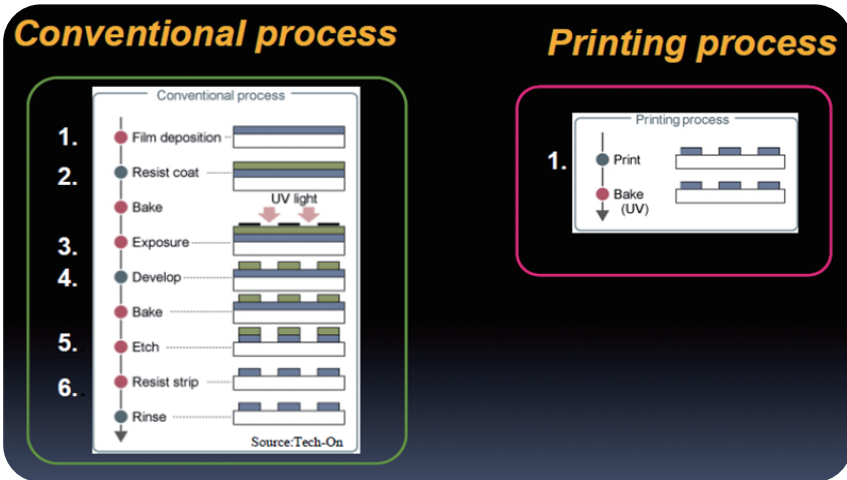


▲ 그림 2. 잉크젯 프린팅에 사용되는 4가지 인쇄전자용 잉크

활용 분야

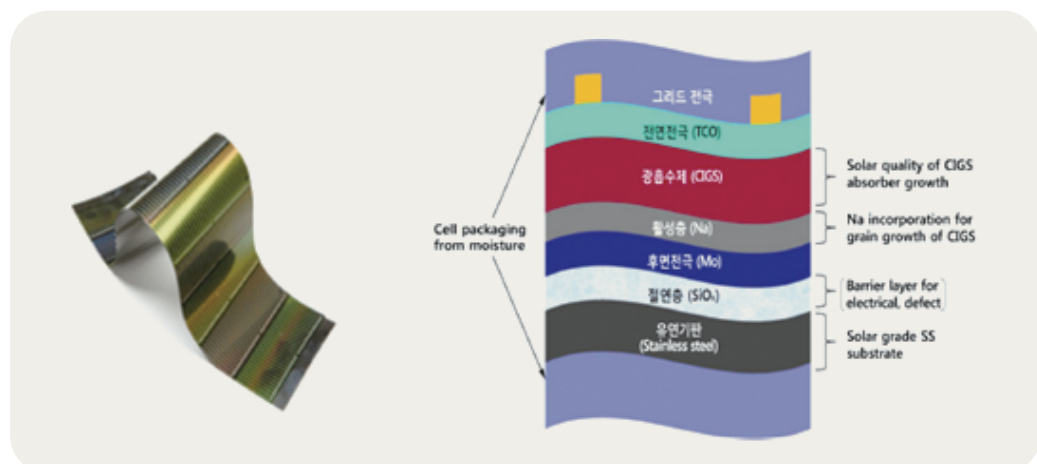


- 폴리아미드, 폴리에스테르 등의 투명하고 휘어지는 소재에 회로를 인쇄하여 투명 플렉시블 디스플레이 구현 가능
 - 플렉시블 디스플레이의 구현으로 디스플레이의 휴대성을 크게 높일 수 있으며, 곡률 문제로 디스플레이를 배치하기 어려웠던 곳에도 배치 가능
 - 스마트폰, 스마트워치, 웨어러블 디바이스, 태블릿 등에 모두 적용 가능
- 현재 반도체나 디스플레이의 복잡한 제작공정을 단축하여 원가 절감 가능
 - 기존의 복잡한 증착 과정은 높은 온도와 진공을 필요로 하지만, 인쇄전자 기술은 비교적 절차가 간단하고 온도 조건이 완화됨



▲ 그림 3. 인쇄전자기술 기반 태양광패널 제작(오른쪽)은 일반적 제작(왼쪽)보다 간단

- PET(polyethylene terephthalate) 등의 플라스틱 기질을 태양광 패널에 활용하면, 기존의 패널기판(웨이퍼, 글라스 등)보다 원가를 크게 절감 가능하며, 신축성 확보를 통해 휴대용 태양광 패널도 구현 가능



▲ 그림 4. 플렉시블 CIGS 태양전지 셀 사진 및 모듈 구조도

핵심 기술



- 전자인쇄기술은 인쇄방식에 따라 크게 평판 위에 찍는 시트 기반 (sheet-based) 방식, 라미네이션 기법을 적용한 롤투롤(roll-to-roll) 방식으로 분류 가능
- 시트 기반 방식(잉크젯 프린팅, 스크린 프린팅 등)은 정밀도가 높지만 다량을 인쇄하기에는 비효율적
 - 잉크의 점성이 높으면 효율적으로 분사되지 않아 비교적 점성이 낮은 유기 반도체 기반 제품 (유기 태양광 패널, OLED) 제작에 주로 활용
- 롤투롤 방식은 큰 면적의 장치를 생산하는 경우에 주로 활용되며 크게 세 가지 기법으로 분류
 - 그라비어(gravure) 인쇄 : 음각 판에 전자인쇄 잉크를 채우고, 압동(impression roller)과의 사이에 기질을 끼워 압력을 가해 인쇄하는 방법으로 증착이 용이하다는 장점이 있어 정밀한 반도체 제작에 활용
 - 플렉소(flexographic) 인쇄 : 유연한 판재료에 잉크를 묻힌 다음 기질에 인쇄하는 방식으로 대면적 인쇄와 도체 잉크, 유기 유전체 잉크 인쇄에 주로 활용
 - 오프셋(offset) 인쇄 : 금속판에 칠해진 잉크가 고무 롤러를 통해서 기질에 묻어가는 방식으로 무기 도체와 유기 도체, 유전체 잉크의 경우에 활용

연구 현황



- (케임브리지 대학) 그래핀을 활용하여 전자인쇄용 도체 잉크의 투명도와 전기전도도 개선
 - 특수 용액에 담근 그래핀 입자를 도체 잉크에 첨가, 특수 용액의 조성에 따라 다른 도체 잉크의 성질 변화를 연구하여 '17년~'19년 사이 상용화 예정
- (버밍햄턴 대학) 그래핀 산화물의 전기적 특성을 개선할 수 있는 생체 친화적 공정 개발
 - 인쇄 잉크에 첨가할 4나노미터 크기의 그래핀 구조물의 전기전도도를 크게 개선했으며 '20년 상용화 예상
- (PolyIC GmbH&Co) 저렴한 인쇄전자용 투명한 도체 필름 개발
 - 폴리에스터 필름의 사용과 롤투롤 방식을 도입하여 원가를 절감하고 도체 필름의 유연성을 개선하였으며, 상용화 단계에 접어들
- (Nano Dimensions) 전도성 은나노잉크 개발
 - 은나노잉크를 활용하여 3D 인쇄회로기판(PCB)에 잉크젯 방식으로 인쇄전자제품을 제작했으며, 3D 프린팅 기술과 결합하여 제품 생산에 활용 가능
 - 은나노잉크는 기존의 구리나노잉크보다 전도도가 더 뛰어나서 복잡한 회로제작이 가능하며 개발이 완료되어 올해 상용화 예정

향후 전망



- 기술의 적용 범위가 차세대 조명, 디스플레이, 태양광기판 등 많은 산업 분야를 포괄하고 있어 적용 과정에서 여러 공학 분야와 산업의 협업이 필수적인 융합 기술
- 초기 단계의 플렉시블 디스플레이를 활용한 제품들(LG G플렉스, Curved TV, 삼성 갤럭시 엣지 등)이 현재 시판됨
 - 최종적으로는 디스플레이를 두루마리처럼 말거나 종이처럼 접을 수 있는 수준에 도달할 것으로 예측되며, 관련 시장은 향후 수십 년간 큰 성장세를 보일 것으로 전망됨
- 플렉시블 솔라패널 등도 이미 시판 중이며 꾸준한 품질 향상 추세
- 인쇄전자 제품의 내구성과 인쇄전자 물질의 불안정성을 극복해야 함
- 회로 소자의 크기를 최소화하고 해상도와 화질의 향상 필요

결론 및 시사점



- 인쇄전자기술에 대한 수요는 플렉시블 디스플레이 시장의 확대에 따라 꾸준히 성장할 것으로 예상되며, 배터리, 태양광발전 등 다른 유망 산업들 또한 인쇄전자기술을 활용하고 있어 전망이 밝음
- 다양한 요소 기술 포트폴리오가 필요한 분야의 특성상 후발 주자가 단기간에 부상하기 어려움
 - 국내에는 핵심 요소기술을 확보하고 있는 전자산업 대기업들이 있고 협력업체간 네트워크가 구축되어 있어 관련 기술 확보에 유리한 상황
 - 삼성전자, 캐논, 후지-제록스 등 한국과 일본의 기업들이 인쇄전자 관련 특허를 다량 보유
- 시장의 성장에 따른 제품의 다각화에 적극적으로 대응해 나갈 필요가 있으며, 국내의 선도 역량을 적극적으로 활용하여 부리기업을 육성할 필요
- 국제표준과 세계적 학문 수월성을 확보하여 선도국으로서의 리더십을 제고 가능
- 인쇄전자기술의 발전으로 플렉시블 장치산업이 크게 성장한다면 폐기물 문제가 발생
 - 스마트 의류나 웨어러블 산업에서 많은 전자폐기물이 발생 가능하며 친환경 소재 사용과 설계 단계에서의 환경 고려 필요

참고문헌 및 사이트 주소



1. Roll printed electronics: Development and saling of gravure printing techniques. Alejandro De la Fuente Vornbrock. Technical report No. UCB/EECS-2009-191 (Doctoral dissertation), 2009
2. Printed electronics: Technologies, Challenges and Applications. Jurgen Daniel. International Workshop on Flexible and Printed Electronics, 2010
3. Inkjet printed conductive tracks for printed electronics. 2015. ECS Journal of Solid State Science and Technology. 4(4) 3026-3033, S.-P. Chen, H.-L. Chiu, P.-H. Wang and Y.-C. Liao.
4. Ring oscillator fabricated completely by means of mass-printing technologies. 2007. Organic Electronics. 8(5) 480-486. A.C. Huebler, F. Doetz, H. Kempaa, H.E. Katzc, M. Bartscha, N. Brandta, I. Hennigb, U. Fuegmanna, S. Vaidyanathand, J. Granstromd, S. Liud, A. Sydorenkod, T. Zillgere, G. Schmidta, K. Preisslera, E. Reichmanisd, P. Eckerleb, F. Richterb, T. Fischera, U. Hahna.
5. Manufacturing and commercialization issues in organic electronics. 2004. Journal of Materials Research. 19(7) 1974-1989. J. R. Sheats.
6. 플렉시블 태양전지 기술 동향. 2014. 녹색기술동향보고서. 글로벌 미래동향 지식 시스템. 정용덕.
7. Printing processes and their potential for RFID printing. 2005. Joint sOc-EUSAI conference, 20-27. A Blayo and B Pineaux.
8. The market for printed electronics 2009-2019. IDTechEx. P Harrop.
9. <http://www.npl.co.uk/news/recyclable-printed-circuit-boards>
10. Microelectronics techvision opportunity engine : Advancements in printed electronics technologies. 2015. FROST&SULLIVAN