



# 인쇄전자기술 기반의 스마트 패키징

## Smart Packaging Based on Printed Electroics

노진수 / 구미전자정보기술원 선임연구원

### 1. 서론

인쇄·유연전자 기술이 적용 시에 세계 신 시장 선도가 가능한 산업 분야는 크게 [표 1] 에서와 같이 포장, 스마트폰, 디스플레이로 예측되고 있다.

하지만 세계 시장규모를 보게 되면 스마트 패키징 시장이 가장 큰 시장임을 확인 할 수 있다.

즉, 기존의 포장 산업은 인쇄전자 기술과의 융합을 통해 새롭게 그 성능/기능을 개선하

여 약 8200억불 규모의 새로운 스마트 패키징 시장을 형성할 것으로 예측된다. 이러한 거대 스마트 패키징 시장의 초기 시장 선점을 위해서 인쇄·유연전자 기술 기반의 스마트 패키징에 대한 산·학·연 관계자들의 관심 및 많은 연구 개발이 진행되어야 할 것으로 생각된다.

이에 따라, 본 기고문에서는 이러한 인쇄전자기술 및 이를 기반으로 연구개발이 진행되고 있는 스마트 패키지에 대해 소개하고자 한다.

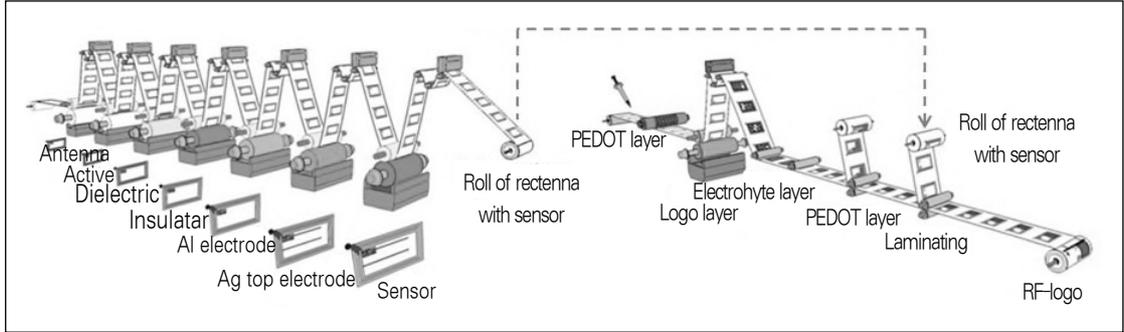
[표 1] 인쇄전자 적용 시에 세계 신 시장 선도가 가능한 산업 분야, KoPEA 2015 TRM

산업분야	세계 시장규모	인쇄전자 신시장 선도 제품
포장	8200억\$ (SMITHERS PIRA)	스마트폰 연동 스마트포장 (센서 + 무선통신 + 사인에이지 + 메모리 + 프로세서)
스마트폰	2293억\$ (KOCCA 2012연구보고서)	스마트폰 연동 센서 U-health 카드
디스플레이	1079억\$ (Display Search 2011)	대면적 스마트 사인에이지
		벽지형 스마트디스플레이 (센서 + OLED조명 + OLED 디스플레이)



# 특징

[그림 1] 연속 인쇄공정을 이용해 포장지에 스마트 패키지 무선 센서 태그 제작 예



## II. 본론

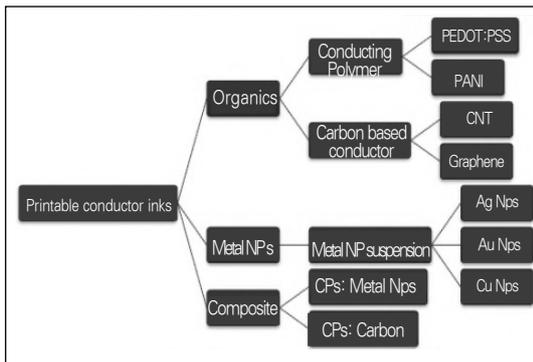
인쇄전자(printed electronics)는 유럽과 미국을 중심으로 “Advanced Manufacturing”이라는 슬로건 하에서 해외로 나갔던 제조 산업을 다시금 자국에 육성하려는 전략으로 기술 개발이 진행되고 있는 신기술이다.

인쇄전자기술은 용액 공정이 가능한 다양한 기능성 잉크 소재와 인쇄 장비/공정을 통해서 다양한 전자소자를 대면적, 고속, 친환경적으로 제작하는 기술로써, 사물인터넷(IoT), 3D

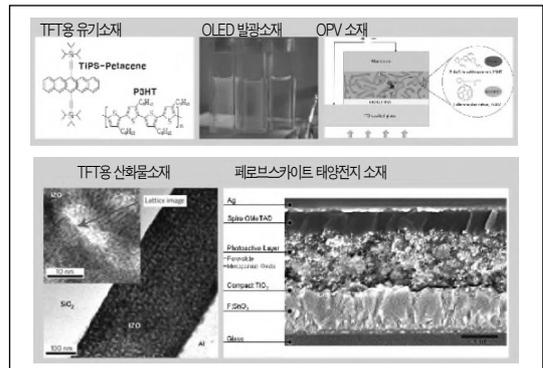
프린팅, 웨어러블 디바이스, 스마트 센서 등 차세대 ICT 기기의 제작에 적합한 전자제품 생산 공정기술이며, 신산업과 기존 전자산업의 융합을 이끌어 낼 수 있는 핵심기술로 관심을 받고 있는 분야로 전자잉크의 성능 향상 및 초미세, 고속 인쇄공정 기술의 개발이 진행됨에 따라 향후 폭넓은 분야에 적용될 것으로 기대된다.

또한, 인쇄기술 기반의 포장 공정에 전자소자를 집적할 수 있는 인쇄전자 공정기술은 기존의 반도체 공정으로는 가격 및 제조 공정

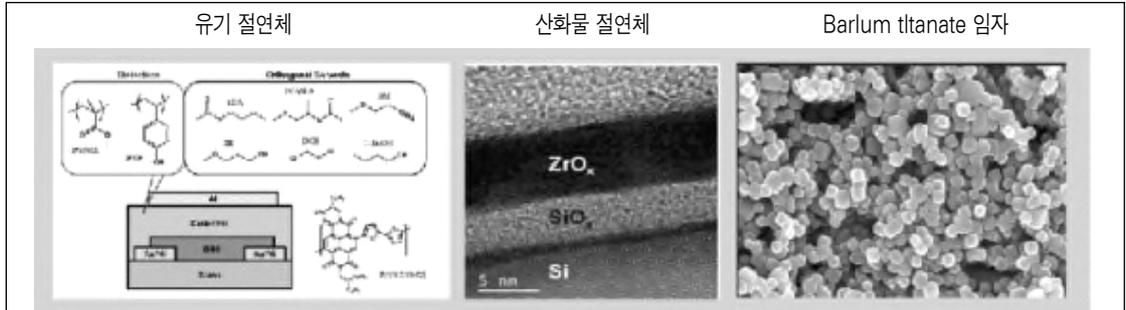
[그림 2] 전도성 잉크의 종류, 디스플레이뱅크 2013



[그림 3] 유기 및 산화물 반도체 소재



[그림 4] 유전체 소재



(유연성, 대면적)의 한계 때문에 시장을 형성하기 어려웠던 몰류 및 유통 분야에 “스마트 패키징”이라는 새로운 산업 분야를 만들어 가고 있다.

### 1. 인쇄전자란?

다양한 컬러잉크를 이용하여 신문, 잡지 및 포장지를 연속 인쇄로 생산하는 것과 유사하게, 도체 잉크, 반도체 잉크 및 부도체 잉크를 이용하여 다양한 전자 제품을 유연한 종이, 플라스틱 및 천 등에 정밀한 인쇄기를 이용하여 인쇄로 저렴하게 생산하는 제조 기술로 전자잉크 및 인쇄 장비·공정 핵심 기술이다.

### 2. 핵심 소재

인쇄전자의 핵심 소재는 크게 전자잉크와 기판으로 나뉘지며 전자잉크는 크게 도체, 반도체, 유전체 잉크로 구분된다.

### 3. 반도체 잉크

은 잉크를 비롯한 전도성 잉크는 인쇄전자의 상용화를 이끌고 있는 가장 성공적인 분야이며, 금속 입자 기반 소재(은, 금, 구리), 유기물 기반 소재(PEDOT, PANI), 탄소기반 소재(CNT, Graphene) 등의 다양한 소재들이 개발 또는 연구 진행 중이다.

[그림 5] 기판 소재





## 특 집

(그림 6) 컨셉제품 및 시제품 제작을 위해 사용되고 있는 국내 인쇄장비



### 4. 반도체 잉크

반도체 잉크는 대표적으로 TFT의 활성층에 사용되며, 또한 OLED의 발광층, 태양전지의 광흡수층 등의 다양한 용도로 활용된다.

반도체 잉크는 크게 무기물 기반 소재와 유기물 기반 소재로 구분되며, 무기물 기반 소재는 금속 산화물 소재, 칼코지나이드 소재, 실리콘 입자 소재 등이 있으며, 유기물 기반 소재는 고분자 소재, 저분자 소재 및 탄소 기반 소재로 나뉜다.

### 5. 유전체 잉크

유전체 잉크 소재는 주로 TFT 소자의 게이트 절연막으로 활용되거나, MLCC와 같은 집전체의 유전막으로 활용되고 있다.

- TFT 소자의 게이트 절연막으로는 산화물 소재, 또는 유기물 소재가 쓰이고 있다. 산화물 소재로는 Barium titanate(BTO)를 많이 쓰고 있으며, 그 외  $ZrO_2$ ,  $HfO_2$ ,  $SiO_2$  등을 개발하는 연구가 진행되고 있으며, 유기물과 하이브리드 형태로 제작하는 방식도 있다. 유기물 소재로는 poly(4-vinylphenol) (PVP) 또는 PMMA가 많이 쓰여 지고 있다. 최근 ion gel을 활용하는 예도 보고되고 있다.

- 휴대폰과 같은 적은 공간에 주로 사용되는 집전체인 MLCC에 주로 사용되는 유전체 잉크는 Barium titanate이다. Barium titanate는 입자로 잉크에 섞여서 스크린 프린팅 또는 roll-to-roll 방식으로 다층 구조로 코팅된다.

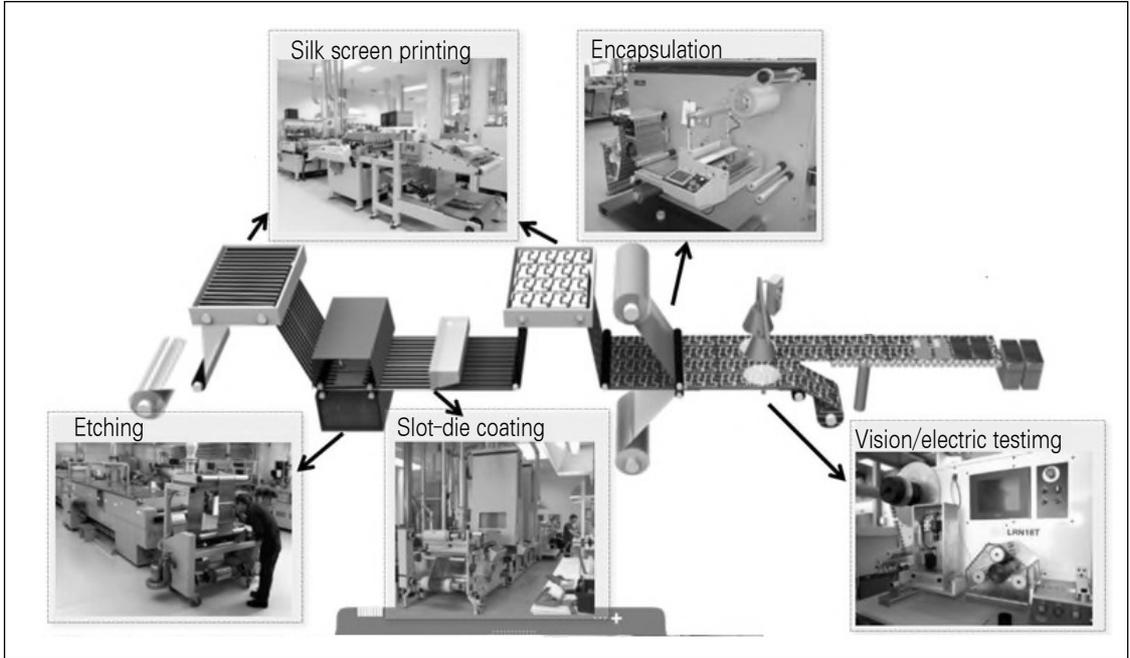
### 6. 기판

기판은 인쇄형태로 형성된 구조체에 기계적 지지대 역할을 제공하는 유연 또는 비유연 층을 말한다. 재료로서는 종이, 유리, 플라스틱, 금속포일, 섬유 등이 있다.

### 7. 인쇄장비

인쇄전자에 적용되어 컨셉제품 및 시제품 제작에 사용되고 있는 인쇄장비는 스크린, 잉크젯, 그라비아 등 여러 가지 종류의 인쇄장비가 사용되고 있으나 스마트 패키징과 같이 연속 공정에 적용하기에는 롤투롤(roll-to-roll) 그라비아 인쇄방법이 가장 적합한 인쇄방법으로 고려되고 있다.

[그림 7] 하이브리드 연속 생산 공정 기반으로 제작되는 광 센서



롤투롤 인쇄장비의 미세선폭 구현 및 초정밀 중첩 인쇄 기술 개발이 인쇄전자 소자 산업화에 핵심 요소기술로 부상하고 있다. 미세선폭의 경우 롤투롤 그라비아로 수  $\mu\text{m}$  패턴까지 인쇄한 샘플이 보고되고 있으나, 적층 인쇄 및 양산 수율을 고려했을 때 현재로서는 수십  $\mu\text{m}$  패턴이 한계로 여겨지고 있다.

롤투롤 그라비아 장비의 중점정밀도 제어에는 대부분 서보메카니즘(Servomechanism)이 사용되고 있으며 CCD 카메라와 제판과 웹에 있는 레지스터 마크를 이용해서 이뤄지고 있다.

[그림 7]은 연속 생산 공정을 적용하여 광 센서를 제조하는 공정을 보여주고 있다. 에칭, 스크린 프린팅, 슬롯 다이 코팅, 패시베이션,

레이저 커팅, 비전/성능검사장비 등의 하이브리드 공정을 사용하여 광 센서를 제작하고 있으나, 에칭 및 인쇄 공정을 롤투롤 그라비아 연속 공정으로 대체하기 위한 연구가 활발하게 진행되고 있으며, 연속 공정이 아닌 각각의 공정은 100% 배치타입 인쇄로 데모 샘플을 제작하였다. 이러한 연구를 통해 최종적으로 100% 롤투롤 그라비아 인쇄방식이 적용된 초저가의 스마트 패키징 센서태그 제조가 가능할 것으로 전망된다.

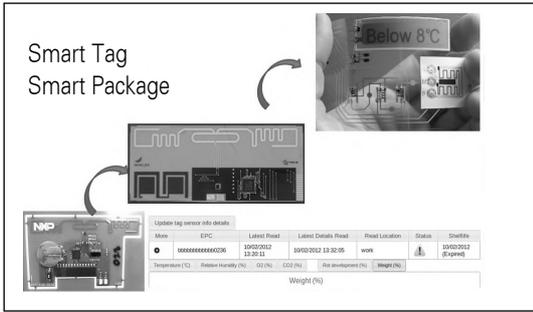
## 8. 스마트 패키징

시장 진화에 따라 제품 포장 및 라벨이 점점 지능화 되어 가고 있으며, 이에 따라 유해 환

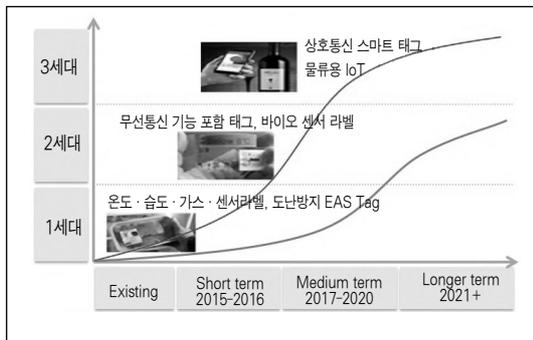


# 특징

[그림 8] PASTEUR 프로젝트 및 Thin film에서 제작 중인 스마트 패키징 태그



[그림 9] 스마트 패키징 센서태그 로드맵, KoPEA 2015 TRM



경의 인지 또는 식품의 신선도 등을 소비자가 직접 확인할 수 있는 스마트 패키지에 대한 요구가 점점 커지고 있다.

스마트 패키지는 일회성 제품으로 인쇄전자 기술로 만드는 것이 적합하다.

- ⇒ 소비자에게 상품 선택 시 직접적 정보 제공
- ⇒ 개인화된 상품정보 제공
- ⇒ 구매시점(Point of Purchase)에 구매결정에 크게 영향

1) '14년 스웨덴 패키징 마켓은 60조원에 이르며, 전체 종사자는 약 2만명 수준으로 고부가가치 산업에 속해 있으며, 매년 3백 50억

[그림 10] 인쇄 스마트 패키지 센서태그 데모 제품



원 규모의 R&D 자금이 지원되고 있으며, 현재 스마트 패키징 개발에 매진하고 있음.

2) 유럽 물류의 중심인 네델란드의 NVC(Netherlands Packaging Centre)를 중심으로 Cold chain에 적용할 수 있는 인쇄형 무선 센서태그 연구 진행.

3) '14년 한·중 식료품 무역이 100조를 넘어가고 있으나, 내용물 상태 미확인으로 약 20%정도가 버려지고 있음. 스마트 패키징 적용을 통해 감소 가능.

스마트 패키징은 유연인쇄회로, 센서, 디스플레이/지시계 등으로 구성되어 있으며, 유럽 물류의 중심인 네델란드의 NVC(Netherlands Packaging Centre), 스웨덴의 Acreo, 영국의 CPI 등을 중심으로 공급망 관리(SCM: Supply Chain Management)에 적용할 수 있는 인쇄형 스마트 패키지 무선 센서태그의 연구가 수년째 활발하게 진행되고 있다.

현재 전 세계적으로 인쇄 스마트 패키지 센서태그에 대한 연구가 활발하게 진행되고 있음

며 그 중심에는 스마트 패키징에 적용할 수 있는 저가의 응용 제품을 생산하고자 하는 열의가 담겨있다. 시제품 형태로 많은 스마트 패키지 센서태그가 제작되고 있으며 이를 통해 인쇄전자 기술 기반의 스마트 패키지 센서태그가 초저가에 제작 될 수 있는 가능성을 보여주고 있다.

- 스마트 패키징의 핵심 기능인 스마트 센서, 표시장치, 무선통신 등은 약 1000개 이하의 인쇄 트랜지스터로 제작될 수 있다. 인쇄전자 기반의 스마트 패키징은 기존 포토리소그라피 및 증착기반의 반도체 제조 공정에 비해 친환경적이면서 저가로 제작할 수 있다.

- 종이나, 플라스틱 필름 등 유연한 기판위에 인쇄되는 롤투롤 그라비어 인쇄형 무선센서태그는 사이니지(signage), 센서(sensor), 아날

로그/디지털 변환기(ADC), 마이크로컨트롤유닛(MCU), 근거리 통신 시스템(NFC) 등이 집적되어 무선 리더기, 스마트 폰 등을 통해 데이터를 주고받을 수 있다.

기존 실리콘 반도체 칩 기반의 스마트 패키지는 NFC 안테나 위에 NFC 모듈, 센서, ADC, MCU 등이 기판위에 본딩으로 실장된 후 라벨링 및 태깅 공정을 통해 제작된다. 그러므로, 근본적으로 기존 공정을 이용한 스마트 패키징 센서태그의 경우 칩 본딩, 라벨링, 태깅 등의 공정이 적용되므로 가격을 낮추는데 명확한 한계가 존재한다.

인쇄전자의 경우 칩 본딩 공정 없이 모든 공정이 롤투롤 그라비어 인쇄 공정 내부에서 잉크 적층형태로 진행되므로 초저가로 스마트 패키징 태그를 제작할 수 있다. [K]

## 사단법인 한국포장협회 회원가입 안내

물의 흐름이 자연스러운 것은 물길에 나아있기 때문입니다.

포장산업이 강건하려면 미래를 내다보는 안목이 필요합니다.

포장업계의 발전이 기업을 성장시킵니다.

더 나은 앞날을 위해 본 협회에 가입하여 친목도모는 물론 애로사항을 협의하여

새로운 기술과 정보를 제공받아야 합니다.

포장업계에서 성장하기 원하시면 (사)한국포장협회로 오십시오.

**(사)한국포장협회**

TEL. (02)2026-8655~9

E-mail : kopac@chollian.net