

프린팅 기반의 투명전극 및 배선재료 개발 동향

이종우 · 이요한 · 윤현남

1. 프린팅 기반의 전자 기술(Printable Electronics)

유연한 디스플레이, RFID, 태양전지 등 차세대 전자 제품들은 기존의 실리콘 반도체를 기반으로 하는 전자제품보다 공정 비용이 저렴한 프린팅 공정으로 제조함으로써 대면적, 경량, 저가를 실현할 수 있다. 이러한 프린팅 기반의 전자 제품을 구현하기 위해서는 프린팅 가능한 각종 소재의 개발과 프린팅 방식, 장비의 개발이 선행되어야 한다. 유기투명전극 전반에 대해서는 *고분자 과학과 기술*, 15, 702 (2000)에 자세히 설명한 바가 있어 본 총설에서는 전자 산업에 이용되는 프린팅 기술 가운데 스크린 프린팅 방식을 중심으로 프린팅 가능한 투명전극 및 배선 재료의 개발 동향 및 대표적인 응용분야에 대해 소개하고자 한다.

2. 전자산업용 프린팅 기술 및 특징

프린팅을 위해서는 판을 만들 필요가 있고, 제판 후 잉크를 가지고 기판위에 인쇄하는 것이므로, 제판의 형태에 따라 볼록판, 평판, 오목판, 스크린법의 4가지 방식으로 크게 나눌 수 있다. 볼록판 제판 (relief printing plate)은 잉크가 묻은 화선부가 잉크가 묻지 않은 비화선부 보다 판면이 돌출되어 있는 판으로 플렉소그래피(flexography)가 이 방식에 해당된다. 평판 제판(surface plate)은 화선부와 비화선부가 같은 평면위에 있고, 물과 기름과의 반발력을 이용해서 인쇄를 하는 판으로 오프셋(offset) 방식이 이에 해당된다. 오목판 제판(engraving plate)은 화선부가 비화선부 보다도 판면이

낮아 오목한 부분에 잉크를 부착시켜 피인쇄체에 잉크를 전이시키는 방식으로 그라비아(Gravure)가 대표적이다. 스크린 프린팅은 망목을 가진 스크린 위에 틀을 만들고, 스퀴지기로 스크린의 망목을 통하여 잉크를 밀어내서 피인쇄체에 인쇄하는 방식이다. 잉크젯 프린팅은 노즐이 부착된 작은 통에 잉크가 들어있고, 노즐 앞에 화상의 신호에 따라 작용하는 신호전극이 있어 잉크가 기판에 분사되어 화상을 형성하는 방법이다. 각 프린팅 기술로 형성되는 화상의 두께, 선포 및 사용되는 잉크의 점도와 생산성을 표 1에 정리하여 나타내었다.

2.1 스크린 프린팅

스크린은 금속 스크린외에도 니일론이나 폴리에스터와 같은 플라스틱 재료가 사용되고 있으며, 스크린위에 감광재료를 균일하게 도포한 후 선택적으로 비화소부만을 광경화시키고, 에칭하여 화소부를 형성한다. 스크린 프린팅의 잉크로는 고점도 페이스트가 필요하며, 두꺼운 필름을 형성하게 된다. 그림 1에는 스크린 프린팅으로 원하는 패턴을 형성하는 방법을 도식적으로 나타내었다. 스크린 프린팅은 설비가 간단하고 제판 제작이 쉽기 때문에 값이 싸고 소량의 인쇄에



이요한

1997 한양대학교 섬유공학과(학사)
1999 한국과학기술원 화학공학과(석사)
2003~2006 효성 중앙연구소 선임연구원
2007~ 현재 (주)디피아이솔루션스 기술연구소 선임연구원



이종우

1995 연세대학교 화학공학과(학사)
1997 한국과학기술원 화학공학과(석사)
2001 한국과학기술원 화학공학과(박사)
2001~2002 한국과학기술원 화학공학과(Post-Doc.)
2002~ 현재 (주)디피아이솔루션스 기술연구소 책임연구원



윤현남

1968 서울대학교 화학공학과(학사)
1975 Rutgers Univ. 고분자공학과(박사)
1975~1977 McGill Univ.(Post-Doc.)
1977~1998 Hoechst Celanese Research Fellow
2000~ 현재 (주)디피아이솔루션스 대표이사

Development of Printable Transparent Electrode and Line Electrode Materials

(주)디피아이솔루션스 (Jong Woo Lee, Yo Han Lee, and Hyun Nam Yoon, DPI Solutions Inc. R & D Center, #1601, Hanwha Chemical R&D Center, 6 Shinsung-dong, Yuseong-gu, Daejeon 305-345, Korea) e-mail: jwlee@dpi-solutions.net

표 1. 각종 프린팅 기술의 특징

프린팅 방식	두께 (μm)	선폭 (μm)	점도 (mPas)	Throughput (m ² s ⁻¹)
오프셋	0.5~1.5	10~50	40,000~100,000	5~30
스크린	30~100	20~100	500~50,000	2~3
잉크젯	<0.5	20~50	1~30	0.01~0.5
그라비아	0.8~8	75	50~200	60
플렉소그래피	0.8~2.5	80	50~500	10

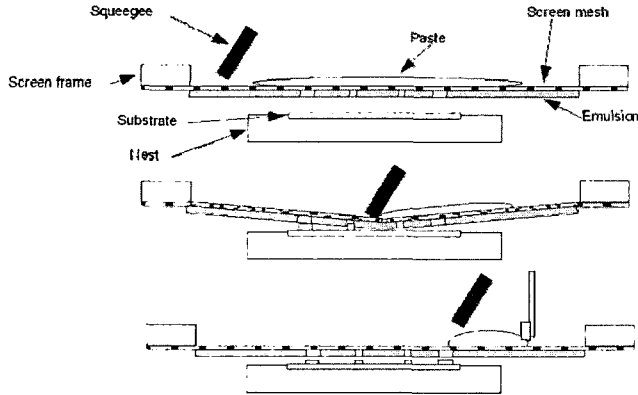


그림 1. 스크린 프린팅.

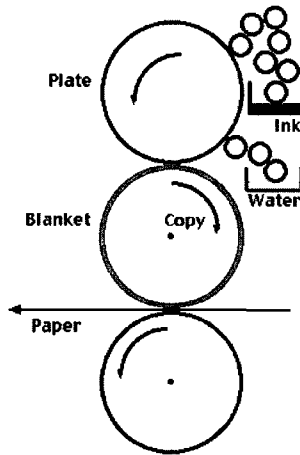


그림 2. 오프셋 프린팅.

적합하며, 페이스트만 적절하게 선택하면 다양한 기판에 인쇄가 가능하며 판의 유연성이 좋아 곡면인쇄가 가능하다. 해상도는 메쉬의 사이즈에 의해 결정되어지며, 키보드나 멤브레인 스위치 등의 전자 제품에 널리 사용되고 있다.

2.2 오프셋 프린팅

오프셋 프린팅은 알루미늄, 아연 등의 평판상에 유성 잉크와 물의 반발력을 이용하여 프린팅하는 방식으로 프린팅된 회로는 라인이 대단히 유연하고 부드러우나 잉크의 전이가 약한 단점이 있으며 그림 2에 도식적으로 나타내었다. 제판비가 저렴하여 달력 포스터 등 각종 인쇄물 제작에 사용되고 있으며, 전자제품의 제작에 사용된 예는 아직 드물다.

2.3 그라비아 프린팅

그라비아는 평평한 비화선부에 묻어 있는 잉크를 닥터블레이드로 제거하고 예칭되어 오목한 화선부에 묻어 있는 잉크만을 기판에 전이시켜 프린팅하는 방식으로 제판 비용은 비교적 비싸지만 셀의

깊이와 면적비를 조절함으로써 패턴의 농담을 자유롭게 연속적으로 재현시킬 수 있으며, 비교적 두꺼운 피막형성이 가능하다.

2.4 플렉소그래피

양각되어 있는 부분에 잉크를 묻혀서 이를 프린트하는 방식으로 원판으로부터 쉽게 판을 만들 수 있으며, 패턴의 주변부에 묻은 잉크가 강한 압력으로 밀려나와 윤곽이 한층 진하게 인쇄되는 경향이 있으며, 명함, 신문, 서적 등의 인쇄에 많이 사용되고 있다.

2.5 잉크젯 프린팅

잉크젯 프린팅은 매우 작은 잉크방울이 기판에 충돌하여 화상이 형성되는 비접촉인쇄(non impact printing) 방식으로 패턴 형성은 규칙적으로 배열하는 점으로 표현된다. 잉크젯은 잉크 노즐이 막히기 쉽고 패턴의 농도가 낮으며, throughput이 낮아 생산성을 개선해야 하는 단점이 있다.

3. 스크린 프린팅용 전도성 페이스트

현대전자 등의 전자부품 중 회로패턴은 일반적으로 도금이 사용되고 있으나 패턴 형성과정에서 금속 에칭을 위한 폐액이 발생하는 등의 문제가 있기 때문에 전도성 페이스트를 적용하는 방식이 제안되고 있다. 또한 플라스틱 기판상에 투명전극 및 배선전극, 유기트랜지스터용 각종 전극을 형성하기 위해서도 프린팅 가능한 전도성 잉크의 개발이 필요한 시점이다.

현재 전자제품의 전극 패턴 형성에 주로 적용되고 있는 프린팅 방식은 스크린 프린팅 방식으로 사용되는 페이스트는 잉크젯용 잉크와는 달리 다량의 전도성 성분을 고분자 바인더 내에 분산시키고 프린팅하여 건조 및 경화시켜 전극을 형성하고 있다.

일반적으로 전도성 성분으로는 금속성분이 많이 사용되고 있는데, 종래에는 금속입자의 분산을 위한 첨가제가 각각의 금속입자의 접촉을 방해하여 저항이 증가하고 입자의 소성온도가 높아 플라스틱 기판에 적용하기 어려운 문제점이 있었다. 최근들어 은이나 동을 나노입자로 제조하여 소성온도를 낮춘 도전성 페이스트가 개발되어 각종 전자제품에 적용되어지고 있다.

전도성 페이스트의 전도성 입자로는 금속입자외에도 금속산화물, 카본블랙, 그라파이트, 탄소나노튜브 등의 탄소소재, 전도성 고분자 등이 적용되고 있다.

3.1 전도성 페이스트의 요구사항

전도성 페이스트는 응용분야에 따라 서로 다른 물성이 요구되어지는데, 우수한 전기적 특성뿐만 아니라 균일한 인쇄특성, 기판에 대한 접착력, 외부 마찰에 대한 내마모성, 내후성(내열성, 내습성), 각종 유기용제에 대한 내화학성이 필요하다. 또한 실장배선용 페이스트의 경우에는 접착강도의 열화특성이 중요하며, 저항값의 재현성 등이 확보되어야 한다.

기판에 대한 접착력, 내마모성, 내후성, 내화학성 등은 바인더 및 용제에 의해 조절되는 경우가 많으며, 전기적인 특성 및 균일한 인쇄특성, 저항값의 재현성 등은 전도성 입자의 종류에 의해 결정되어진다.

3.2 금속나노 페이스트

금속재료는 공기중에서 안정한 금, 은, 백금 등의 귀금속류가 주로 사용되어 왔으나 최근에는 저가격화를 위해 동, 니켈 등의 금속미

립자도 사용되고 있다. 금속페이스트는 주로 하이브리드 IC, 반도체 IC의 실장이나 각종 콘덴서, 전극 등의 후막재료로 쓰이고 있다

은은 높은 전도성과 신뢰성으로 전도성 페이스트에 가장 많이 사용되고 있으나 이온마이그레이션으로 프린트 배선에 적용할 경우 고전류에 의해 단선이 되는 문제를 야기시키기도 한다. 이온 마이그레이션에 의한 전기적 단락이나 납땜의 침식현상등의 결점은 은을 팔라듐이나 백금과 조합하여 사용함으로써 방지하고 있다.

금도 은과 비슷하게 화학적으로 안정하기 때문에 반도체의 접합을 위한 실장배선으로 상용화되어 있으며 현재는 50 μm 정도의 후막으로 사용되고 있다. 프린팅 방식을 개선함으로써 이를 5 μm 정도의 박막으로 두께를 제어하게 되면 유연성이 부여되기 때문에 유연한 모듈을 형성할 수 있게 된다.

동은 전도성이 은 다음으로 양호하고 가격도 저렴하여 프린트 배선 재료로 많은 기대를 모으고 있지만 쉽게 산화되기 때문에 공기 중에서 미립자의 표면에 전기저항이 높은 산화물인 CuO, Cu₂O를 형성하는 문제가 있다. 니켈도 유사한 문제를 가지고 있으며 이러한 금속입자 사용시에는 입자 표면처리와 바인더 선택이 매우 중요하다. 소성온도가 은이나 금보다 높은 것(250~300 °C)인 것도 적용 분야를 넓히는데 걸림돌이 되고 있다.

1~5 μm 크기의 금속 분말을 이용한 페이스트의 경우에는 200 °C 이하의 낮은 온도에서는 소성이 불가능하기 때문에 플라스틱 기판에 적용될 수 있도록 저온에서 소성이 가능한 금속나노 페이스트가 개발되어 이용되고 있다. 그러나 전도성 입자로 금속나노입자를 이용하는 경우, 금속나노입자의 표면에너지가 높아 바인더 내에서 쉽게 응집되기 때문에 금속나노 페이스트의 장점을 잃어버리게 된다. 따라서 금속나노 페이스트는 페이스트 내에서의 금속나노입자의 응집을 방지하기 위하여 특수한 표면처리를 한 보호층을 설계하여 사용하고 있으며, 이때 사용되는 바인더 수지는 전도성 입자를 기판상에 부착시키는 역할과 함께 전극의 기계적 물성, 내후성 등을 높이기 위하여 에폭시, 페놀, 폴리우레탄 등의 열경화성 수지가 주로 사용되고 있다.

전도성 페이스트로부터 전극을 형성하는 것은 페이스트 도포후 건조 경화하는 과정에서 액체 상태의 페이스트가 고체로 변화되는 과정을 포함하며, 이때 분산된 전도성 입자가 3차원적으로 연결되어 전자가 이동할 수 있는 path를 형성하게 된다.

최근에는 금속분말과 금속나노입자의 하이브리드 형태의 복합체 페이스트가 개발되었으며, 200 °C 정도의 낮은 소성온도로도 벌크와 유사한 수준의 저항을 나타내고 있다. 하이브리드 은 페이스트의 대표적인 물성을 표 2에 나타내었다.

3.3 금속산화물 페이스트

표 2. 하이브리드 은 페이스트의 대표적 물성

항목	대표값	
제품	금속	은분말(평균 3~5 μm) + 은나노입자(평균 5 nm)
	바인더	열경화성 수지
	용제	유기용제
	점도	2~100 Pa · s
	경화조건	180~220 °C
경화물	저항율	6~30 μ Ω · cm
	두께	5~20 μm
	금속 함유율	90~99%

ITO 페이스트의 경우 현재 10³~10⁴ ohm/sq의 면저항을 나타내는 수준으로 기존의 스퍼터링에 의해 형성된 ITO 투명전극과 비교하면 2~3 order 저항이 클 뿐만아니라, 유연성도 플라스틱기판에 적합한 수준이 못되기 때문에 전자제품에 적용되지 못하고 있으나, ITO 나노입자를 이용하여 프린팅 가능한 투명전극을 구현하려는 연구가 진행되고 있다.

일본의 울박코퍼레이트(ULVAC Corporation)는 직경 수 nm의 ITO 미립자를 용매에 녹인 잉크 상태의 액체를 기판에 도포하여 가열 처리함으로써 ITO 미립자를 융착시킨 ITO막을 형성하는 기술의 실용화를 진행하고 있다. 지금까지의 연구 결과에 의하면, 직경 5 nm 정도의 ITO 미립자를 사용하는 ITO 잉크를 이용하여 융착 온도 230 °C를 달성하여, 지금까지의 보고에 중에서는 가장 낮은 온도에서 투명전극을 실현하였다. 또한 가시광선 영역에서 99.4%의 광 투과도를 달성하여 스퍼터링 기술을 사용하는 종래의 ITO 막보다 양호한 특성을 얻었다. 투명 전극으로 사용되는 ITO 막은 현재 주로 진공 기술을 사용하는 스퍼터링 장치에 의해 형성되고 있다. ITO 미립자를 사용한다면 대기압 하에서 ITO 막을 형성할 수 있을 뿐만 아니라, 잉크젯 장치와 스크린 인쇄 장치 등의 간단한 인쇄 기술을 이용하여 투명전극을 형성할 수 있다.

3.4 카본 페이스트 및 카본나노튜브 배선 전극

전도성 탄소 소재는 금속페이스트에 비해 낮은 전도특성을 나타내지만, 화학적 물리적으로 안정하고, 가격이 저렴하여 은페이스트의 보호, 접착용, 정전기 쉴드 등에 사용되고 있다.

전도성 페이스트의 입자로 사용되는 카본은 일반적인 착색용 카본블랙과는 달리 입경이 매우 작고 표면적이 크며, 흡착되어 있는 수소나 산소가 적어 그래파이트화가 잘 되어 있는 타입의 카본 블랙, 아세틸렌 블랙, 그라파이트 등이 주로 사용되고 있다.

페이스트 가공시 카본은 일반적으로 서로 응집되어 2차 입자를 형성하고 있기 때문에 바인더 내에 탄소의 분산을 위하여 milling 등의 공정을 거치기도 하는데, 분산 가공 공정중에 카본의 구조가 파괴되어 전도성이 하락하는 경우가 있기 때문에 페이스트 제조시에는 카본 종류 뿐만아니라 가공 조건도 최적화할 필요가 있다.

최근에는 탄소나노튜브를 이용하여 동배선을 대체하려는 연구도 진행되고 있다. 일반적으로 실리콘 표면에 형성된 LSI 트랜지스터를 다층으로 구성할 때는 축방향으로 배선을 하게되는데 이를 비아 배선이라고 한다. 비아배선은 미세한 면적에 많은 전류가 흐르므로, 스트레스, 일렉트론 마이그레이션에 의한 단락이 문제가 된다. 현재 사용되고 있는 동배선은 2013년 경에 상용화 될 것으로 예상되는 32 nm LSI에는 사용될 수 없을 것으로 예상되는 테직경이 점점 감소되어 전류량이 증가하게 되면 임계값을 넘어서게 되기 때문이다.

비아 배선의 직경이 0.1 mm, 길이가 0.5 mm인 동배선은 저항이 4~6 Ω이므로 이보다 낮은 저항의 CNT 배선을 구현하기 위해서는 10층 정도의 다층 배선이 필요하다. 미세한 비아내에 CNT를 충전하기 위해서 나노금속 촉매를 먼저 비아내에 투입하고 조밀하게 CNT를 성장시키는 연구가 진행되고 있다.

CNT 배선 전극을 도입하면 전류밀도가 높고, 이동도가 높아 방열 효과가 기대되며, 실리콘 반도체에 비해 미세화와 고속동작이 가능해질 것으로 예상된다.

CNT를 전도성 입자로 도입하여 전도성 복합체를 형성하고 이를 이용하여 프린팅에 의해 배선 전극을 형성하려는 노력도 광범위하게

표 3. 유기전극 패터닝과 관련된 국외 연구동향

국외연구기관	연구자	수준, 성능, 품질	참고자료
Plastic Logic Ltd(UK)	H. Siringhaus	화소전극으로 잉크젯 프린팅 가능한 PEDOT을 사용하고 gate 전극으로 잉크젯 가능한 silver를 사용하여, 80×60 flexible active matrix 디스플레이를 구현하였음	SID05 3.4
Kent Displays. Inc.(USA)	I. Shiyonovskaya	화소전극으로 Agfa의 PEDOT paste를 사용하여 cholesteric LCD 개발	SID05 50.1
Philips Research Lab.(Netherland)	M. Johnson	전도성 고분자 전극 및 E ink 패널을 탑재한 전유기 디스플레이 개발	SID05 56.1
Arizona State Univ.(USA)	G. E Jabbour	PEDOT, PANi로 잉크젯 전극 구성중	2005 IMID
Hitachi, Ltd(Japan)	M. Ando	SALSA(Self aligned self assembly)기술을 이용하여 금속나노입자 분산액으로 line/space가 각각 7mm/3mm인 전극 구성 가능	2005 IMID

진행되고 있으나, 바인더 내에 CNT를 효과적으로 분산시키는 기술과 금속성 CNT만을 분리해내는 기술이 미흡하여 아직 상용화되지 못하고 있는 실정이다.

3.5 전도성고분자 페이스트

최근에 독일의 Ormecon에서는 폴리아닐린을 도핑하여 전도성 나노입자로 제조하고 유기 용매에 분산시켜 공정 특성을 향상시킨 제품을 개발하였으며, Ormecon이라는 상품명으로 시판하고 있으며 이는 전도도가 15~25 S/cm이고 입자크기가 100 nm 이하인 나노입자 용매 분산체이다.

핀란드의 Panipol에서도 폴리아닐린 나노분산액을 제조하여 용도에 맞는 조성을 개발하여 공급하고 있어 전도성 고분자를 이용한 전극 개발이 다시 활기를 띠게 되었으나 폴리아닐린계 전도성 분산액은 옅은 녹색을 띠는 단점이 있다.

또한 독일의 바이엘에서는 폴리티오펜 유도체를 이용한 나노입자를 수용액내에서 제조하여 Baytron P라는 상품명으로 판매하고 있다. Baytron P는 분자량 200,000의 폴리스티렌술포산(PSS-polystyrene sulfonate) 겔에 티오펜 5~10개가 중합된 PEDOT (poly(3,4-ethylenedioxythiophene))가 3.5 Å 간격으로 분포되어 있는 10 nm 크기의 일차 입자가 수용액 상에 분산되어 있는 제품으로서 수용액 상에서는 약 50 nm 정도로 입자가 swelling되어 있다. 가공성과 안정성이 우수하지만 코팅시 전도도는 1 S/cm 정도로 전극 재료로 이용하기 위해서는 필름의 전도성을 높이는 연구가 필요하며, 수분산액이기 때문에 내습성이 나쁜 단점이 있어 이를 개선하는 노력이 필요하다.

PEDOT을 전자소자에 코팅하기 위하여 유기용매에 대한 용해도를 높이고자 TDA research에서는 PEDOT과 PEG의 블록공중합체를 다양한 형태로 합성하여 ClO₄ 등으로 도핑한 후 Aedotron™, Oligotron™이라는 상품명으로 2004년부터 판매를 시작하였으며, nitromethane, propylene carbonate 등의 용매에 쉽게 용해되지만 0.3 S/cm 정도의 비교적 낮은 전도특성을 나타내고 있다.

이들 상용화된 전도성 고분자 분산액을 이용하여 프린팅 가능한 잉크 또는 페이스트를 제조하고 이를 디바이스에 적용하는 연구도 활발히 진행되고 있는 데 표 3에는 유기전극을 이용하여 회로 및 투명전극을 구성하려는 최근의 연구동향을 정리하여 나타내었다

4. 프린팅된 전극이 적용된 응용분야

프린팅 가능한 전극 소재는 이미 IC회로 혹은 칩 접착 등의 분야와 터치패널, EL디스플레이의 배선 전극, RFID의 안테나 등에

표 4. PriMet-P를 적용한 EL Sheet의 전기적, 광학적 특성

항목	휘도(cd/m ²) Pink White	색 좌표		정전용량 1.5nF/cm ² ≥	소비전류 0.5mA/cm ² ≥	손실계수 0.15≥	저항 2Ω≥
		X	Y				
ITO	87.3	0.296	0.378	0.657	0.252	0.052	1.6
PriMet	101.0	0.301	0.380	0.690	0.270	0.054	2.0

적용되고 있으며, 전도특성 및 패터닝 해상도의 향상에 따라 smart card, 평판 및 플렉서블 디스플레이, 각종 안테나, 대면적 발열장치, 입체물의 전극, 각종 전지, PCB 기판내 각 부품, RF shielding, sensor 등 다양한 응용분야에 적용이 가능하다.

4.1 EL Sheet

EL sheet는 무기EL 발광체내에 불순물을 도핑(doping)하여 이 불순물에 주입되는 가속 전자에 의해, 전자가 여기와 천이(excitation & transition)되면서 빛을 방출시키는 현상을 이용한 디스플레이이다. 따라서 불순물의 종류에 따라 발광 중심이 달라지고 방출되는 빛의 색이 결정되는 특징이 있다.

EL sheet는 간단한 제조공정에 의한 낮은 원가와 극한 환경에서도 안정된 성능 구현이 가능하다는 장점을 가지고 있으며, 또한 제조공정 상에서 박막(thin film) 공정이 필요한 TFT-LCD, 유기 EL과는 달리 가격이 저렴한 후막(thick film) 공정으로 제품을 만들 수 있다는 장점도 가지고 있다. 2004년부터 모토로라의 Rzor 휴대폰을 시작으로 전도성 고분자 페이스트를 투명전극으로 사용한 EL sheet가 휴대폰 키패드의 백라이트로 적용되기 시작하였으며, 현재 시장이 확대되고 있는 상황이다.

EL sheet에 적용되고 있는 전도성 고분자 페이스트는 PEDOT : PSS 계열의 전도성 고분자를 기반으로 하고 있으며, 스크린 프린팅 방식으로 패터닝된 투명전극을 형성하고 있다. 전도성 고분자 유기투명전극을 적용한 EL sheet는 ITO 전극을 사용한 EL sheet 대비 낮은 소비전력, 높은 휘도를 나타내고 있으며, 내수성 내열성 등 우수한 신뢰성을 확보하고 있다. 현재 EL sheet에 적용될 수 있는 유기투명전극 페이스트 제품은 독일 Agfa의 Orgacon과 디피아 이솔루션스의 PriMet-P 등 몇몇 제품에 한정되어 있다. 표 4에는 유기투명전극(PriMet-P)과 ITO 전극을 적용한 EL sheet의 전기적, 광학적 특성을 비교하여 나타내었다.

4.2 RFID

RFID 시스템은 안테나와 판독기, 태그의 세가지 구성요소로 이루어지며, 태그는 다시 IC칩과 안테나로 구성된다. 판독기에 부착된 안테나는 태그와 판독기사이에서 중개역할을 담당한다. 대부분의 RFID는 안테나로부터 받은 라디오파로부터 얻은 에너지에 의해 구동되는 수동형이며, 판독기가 RF 시그널을 보내면 태그가 안

테나를 통해 이를 받아들인다. 칩은 안테나를 통해 정보를 보내고 이를 판독기가 받아들여지게 된다. 내부에 전지를 포함하고 있는지의 유무에 따라 수동형 태그와 능동형 태그로 구분할 수 있는데, 수동형 태그는 배터리가 없어 저가격을 구현할 수 있으나 장거리 전송이 제한되는 단점이 있다.

RFID 시스템은 상호 통신 접속 방식에 따라 상호유도(inductively coupled) 방식과 전자기파(electromagnetic wave) 방식으로 나눌 수 있다. 상호 유도 방식의 태그는 거의 수동으로 작동하며 태그내 마이크로칩이 동작하는데 필요한 모든 에너지를 판독기에 의해 공급받는다. 전자기파 방식에서 태그로의 응답은 전자기파가 파장의 반보다 큰 크기를 갖는 물질에 의해 반사되는 성질을 이용한다. RFID 태그 및 안테나에 대한 자세한 사항은 *고분자 과학과 기술*, 17, 3 (2006)에 자세히 기술되어 있다.

RFID의 제조가를 낮추기 위하여 프린팅 방식으로 안테나를 제조하려는 노력은 주로 금속페이스트를 이용한 스크린 프린팅 및 잉크젯 프린팅을 이용하고 있으며, RIT(Rochester Institute of Technology) 등에서는 플렉소그래피나 그라비아 방식으로 RFID를 제조하는 방식을 연구하고 있다. 벤처 기업으로는 영국의 Plastic logic, OrganicID, Precisia LLC(Flint Ink, Corp), PolyIC 등이 RFID를 그래픽 프린팅 방식을 이용하여 초저가 태그를 개발하고 있으나 현재 대량 생산을 위한 공정성이 부족하며, 프린팅시 해상도 문제를 해결해야 하는 상황이다.

5. 결론

프린팅에 의해 패터닝이 가능한 유기전극 혹은 유기복합체 전극이 기존의 금속 및 금속산화물 전극을 대체하고 새로운 응용분야를 창출해내기 위해서는 투명도 대비 전도 특성, 해상도, 유연성이 향상되어야만 한다. 이를 구현하기 위해서는 필러로 사용되는 전도성 입자 자체의 전기적 특성을 향상시킬 뿐만아니라 매트릭스를 이루는 바인더 디자인, 바인더내의 전도성 입자의 분산 기술, 프린팅 기술을 확보해야만 한다.

참고문헌

1. 하세가와에츠오, *유기일렉트로닉스*, 공업조사회, 동경, 2005.
2. John Birkenshaw, *Printed electronics*, Pira International, Surrey, 2004.
3. Hagen Klauk, Editor, *Organic electronics—Materials, manufacturing and applications*, Wiley-VCH, Weinheim, 2006.
4. Charles A Harper, *Electronic materials and processes handbook*, McGrawHill, New York, 2003.
5. 기따무라카후, *플렉서블 기관에의 인쇄기술Roll to roll 프로세스에 의한 전자디바이스 제조기술*, TRC R&D Library, 동경, 2005.
6. 안병렬, *인쇄공학*, 세진사, 서울, 2000.