

# Printed Electro-Mechanical System 기술 동향

이 글에서는 전자부품 및 전자제품을 프린팅 방식을 이용하여 생산할 수 있는 PEMS (Printed Electro-Mechanical System) 기술에 대해 소개하고자 한다.

오늘날 세계적으로 시장이 크게 열려 있으며 한국이 강점을 가지고 있는 전자제품을 들면, 메모리, CPU와 같은 반도체 칩 시장과, 디스플레이 시장을 꼽을 수 있다. 반도체 칩의 경우, 회로 선폴이 수십 나노 정도로 집적도가 매우 높으며, 그 성능도 매우 높은 제품군에 속한다고 볼 수 있다. 반면 디스플레이 시장은 눈으로 보이는 디스플레이 장치를 구현하는 것이므로, 픽셀 사이즈가 100미크론 이상의 경우가 대부분인 정도로 집적도가 매우 낮다. 또한, RFID 태그, E-paper, Solar-Cell 등의 미래에 새로운 시장 제품으로 떠

오르리라 예측되는 PEMS 제품들은, 성격상 대면적 패터닝이 필요하고, 정밀도는 그리 높을 필요가 없는, 정밀도 수~수십 미크론 급의 패터닝 제품이며, 한 번 사용하면 버릴 수도 있는 disposable 제품이며, 싼 가격의 대량 생산을 필요로 하는 제품이다. 이러한 조건들을 만족하는 데에 가장 유리한 방법으로 프린팅 생산 방법이 제안되고 있으며, 이로 인해 이러한 제품군들을 PEMS라 명명한 것이다.

PEMS란 Printed Electro-Mechanical System의 약자로서, 프린팅 공정기법으로 만들어진 기전 소자를 의미하며, 이러한

PEMS 제품으로는 2차원 3차원 형상의 프린팅 패턴과 구조체, 이를 기능성 잉크로 프린팅한, 도선, 저항, 캐패시터, 인덕터 등의 수동소자, TFT 등의 능동 소자가 있으며, 이들의 집합체로 이루어진, RFID 태그, E-paper, solar-cell, printed sensor 등이 있다. 그림 1의 경우 roll to roll 프린팅 시스템을 통해 개발된 PEMS 소자의 애니메이션을 보여준다. 이러한 PEMS 제품들은 대부분 아직은 실용화되어 있지 않지만, RFID, E-paper, solar cell 등의 저가의 disposable electronics가 새로운 시장(5년 후 20조 원/년, 10년 후 100조

김 동 수 | 한국기계연구원 정보장비연구소, 책임연구원  
이 택 민 | 한국기계연구원 정보장비연구소, 선임연구원

\_e-mail : kds671@kimm.re.kr  
\_e-mail : taikmin@kimm.re.kr

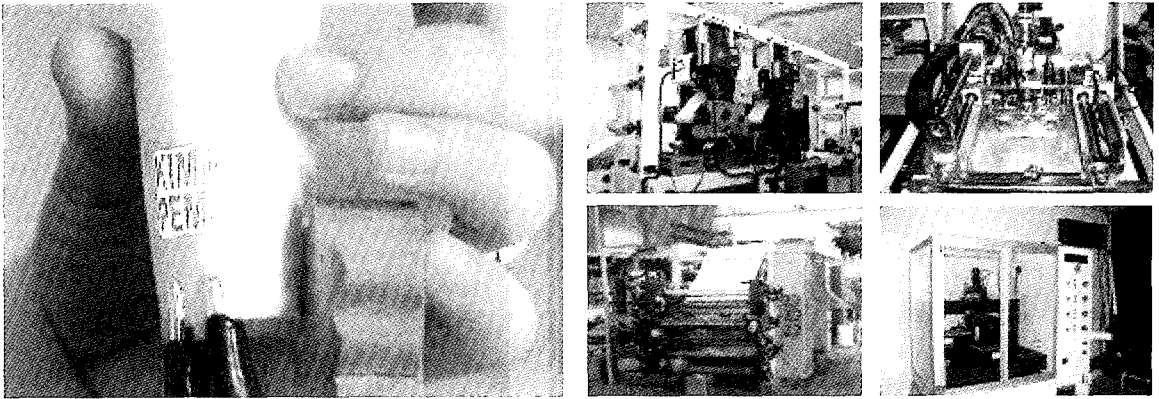


그림 1 종이에 인쇄된 PEMS 전자 소자 및 다양한 PEMS 소자 생산용 프린팅 장비(자료 : 한국기계연구원)

원/년 이상 예상(참조 DARPA, 2004))을 열 것이라는 국제적인 기술의 기류 및 예측이 이루어지고 있다. RFID 태그 시장의 경우 이미 2005년 9,000억 원, 2007년 2조 2,000억 원 이상의 시장(RJ&A 2005)이 될 것으로 예측하고 있으며, 유연성 정보표시소자의 시장 규모는 2004년 4억 달러, 2009년 30억 달러로 연간 누적 성장률 50% 이상의 고도성장을 이룰 것으로 예측되고 있다.

'PEMS 생산용 프린팅 시스템'이란, PEMS 소자 및 제품을 생산하는 공정장비로서, roll to roll web 이송장치 또는 batch type의 이송장치에 의해 유연성 기판이 공급되고, 스크린, 그라비아, 플렉소, 패드, 잉크젯 등의 각종 프린팅 장비를 이용하여, 전도성물질, 반전도성물질, 절연성 물질을 각각의 특성에 맞추어 중첩인쇄를 통해 PEMS 소자 및

제품을 대량 생산하는 장비를 의미한다.

## PEMS 소자 기술

PEMS 소자를 제작하기 위해서는 점, 선, 면과 같은 기본적인 2차원 형상의 균일한 패턴닝이 가장 큰 관건이며, 다음으로는 cantilever, bridge 등의 응용형상의 제작이 가능하여야 한다. 기존의 그라비아/플렉소 등의 롤프린팅 기법은 망점 인쇄라 하여, 점들의 프린팅에 집중되어 있으며, 점들의 조합으로 눈으로 볼 때에 사진과 같은 컬러 인쇄물이 완성되었다. 하지만, PEMS 소자에서는, 반도체성 재료의 경우, 원하는 위치에 정확한 점을 반복 프린팅 할 수 있어야 하며, 전도성 재료의 경우, 대부분의 배선에 해당하므로, 정밀한 선을 균일하게 프린팅 할 수 있어야 하며, 비전도성 재료의 경우, 전류가 통하

지 않도록 막아주는 역할을 하거나, 유전체를 인쇄하는 것이므로, 해당 면적에 균일한 프린팅을 해야 한다. 이러한 기본 형상들의 조합으로, 안테나, PEMS 소자 구조체, printed resistor, printed inductor, printed capacitor 등의 passive 전자 소자, TFT 등의 active 전자 소자 등의 형상 제작이 가능해지며, 이러한 전자 소자들의 조합으로 RFID tag, E-paper, PEMS sensor 등의 PEMS 전자 제품이 만들어지게 된다.

현재로서, PEMS 제품의 가장 큰 시장이 될 것으로 여겨지는 부분은, RFID 분야와 flexible display 분야이다. 이 두 분야는, 반도체의 메모리와 같이 정밀도와 집적도를 높이는 것보다, 정밀도는 낮아도 대량생산성이 중요한 분야이므로 프린팅 시스템을 적용하기에 용이하다. RFID 분야의 경우 Ailen Techno-

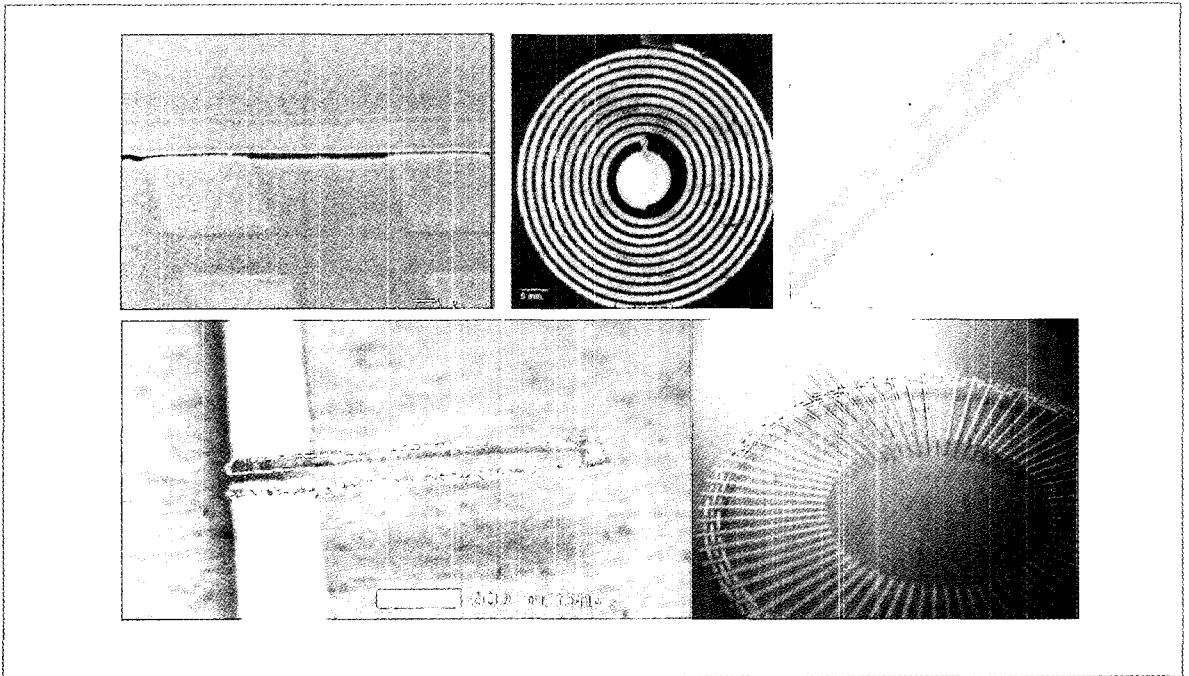


그림 2 PEMS 소자들(자료 : MIT, Plastic Logic, Univ. of Berkeley)

logy, Auto ID center, Hitachi 등에서 반도체 칩은 기존의 반도체 공정으로, 안테나는 프린팅 공정으로 만든 후, 칩과 안테나의 조립은 Fluidic-Self Assembly 방식으로 하여, 태그를 생산하고 있다. 반도체 공정을 이용한 칩은, 큰 웨이퍼를 사용하고, 정밀도를 높게 하여 회로선폭이 작게 설계한다면, 수 센트(cent) 이하의 고성능의 매우 작은 칩을 만들 수 있다. 안테나의 경우는 플렉소와 같은 프린팅 공정을 사용하여 개당 1 센트 정도의 안테나를 만들 수 있다. 하지만, 수 마이크로미터 급의 작은 칩과 수 센티미터 급의 안테나를 접합하는 공정이 매우 비싸서, 결국은 큰 칩을 만들게 되고, 큰 칩을 만들면, 칩

가격이 비싸져서, 결국 단가를 낮추는 데에 한계가 있다는 것이 업계의 지적이다. 따라서, 칩 자체를 프린팅 공정을 이용해서 만들고, 안테나도 같이 프린팅 공정으로 roll to roll 공정으로 대량 생산해 낸다면, 5 센트 이하의 매우 저렴한 RFID tag를 만들 수 있을 것이다. 디스플레이의 경우도 프린팅 공정이 들어가므로, 원재료 코팅, PR 코팅, 마스크 공정, 노광공정, PR 식각, 원재료 식각, PR 제거 하는 다단계의 반도체 노광공정을 1단계의 프린팅 공정으로 대폭 삭감할 수 있다는 장점으로 인해 프린팅 공정이 각광을 받고 있으며, Roll to roll 이송 적용이 가능하다면, 생산성도 대폭 개선될 수 있다.

그림 2는 프린팅 공정기술을 이용하여 제작된 그 밖의 PEMS 소자들로서, printed bridge, printed inductor, printed TFT, PEMS 액추에이터, PEMS motor 등이다.

## PEMS 생산용 프린팅 공정·장비 기술

PEMS 소자 제작용 프린팅 기술에는, 그라비아, 플렉소, 스크린, 패드, 잉크젯 등의 있다. 이러한 프린팅 패터닝 공정 별로 정밀도와 프린팅 두께 등을 살펴보면 표 1과 같다. 그라비아 프린팅 공정은 패터닝 정밀도가 10~20 $\mu$ m 정도이며, 두께는 수  $\mu$ m 정도이다. 플렉소 프린팅 공

표 1 프린팅 공정별 특성

	반도체 공정	스크린 인쇄	그라비아 인쇄	플렉소 인쇄	오프셋 인쇄	잉크젯 인쇄	레이저 인쇄
해상도( $\mu\text{m}$ )	>0.1	>100	>15	>40	>15	>50	>30
잉크평균두께( $\mu\text{m}$ )	0.05~2	3~15	0.8~8	0.8~2.5	0.5~2	0.3~20	1~10
잉크점도(PaS)	-	0.5~50	0.05~0.2	0.05~0.5	30~100	0.001~0.04	10~20

표 2 기존의 프린팅 공정과 PEMS용 프린팅 공정의 차이점

요소 기술	전통인쇄기술	전자인쇄 기술
잉크층의 역할	컬러-시각	전도성, 반도체성, 유전성 등의 전자성능
잉크 주요성분	안료	전도성, 반도체성, 유전성 등의 기능소재
해상도	20 $\mu\text{m}$ 이상	1.5.. <20 $\mu\text{m}$
잉크층 두께	~1 $\mu\text{m}$ +	0.1~0.3 $\mu\text{m}$
맞춤(레지스터)	$\pm 5\mu\text{m}$	1~5 $\mu\text{m}$
균일성	보통	매우 중요
잉크 조성	가격 대비	기능 대비
화학적 순도	보통	매우 중요
잉크층 부착성	작은 문제	중요 문제
클린룸	-	표준(1,000 클래스 이하)

정은 패터닝 정밀도가 40 $\mu\text{m}$  정도이며, 두께는 1 $\mu\text{m}$ 에 가까운 정도이며, 오프셋 프린팅 공정은 프린팅 공정 기법 중에 가장 낮은 정도의 두께를 패터닝하는 공정으로서 서브미크론급 두께가 가능하다. 잉크젯 프린팅 공정은 액적의 기본 크기 때문에 50 $\mu\text{m}$  이하의 프린팅이 쉽지는 않으며, 표면 에너지의 관계에 따라, 서브미크론에서 수십미크론까지 다양한 프린팅을 할 수 있다. 여러 가지 프린팅 공정들이 대부분 접촉식 프린팅 공정인 것에 반해 잉크젯 프린팅 공정은 비접촉식 프린팅 공정으로서, 재료에 덜 구속 받는다는 공정상의 장점이 있다. 이와 같이 일반적으로 사용되는 실리콘 반도체 공정에 비해, 정밀도가

낮고 프린팅 두께가 두껍다. 또한 사용되는 잉크나 염료의 점도가 다양한 특징이 있다.

이러한 기존의 프린팅 장비들은 사람들의 눈에 보이는 신문, 잡지 등의 인쇄물들을 프린팅 해왔기 때문에 정밀도가 사람의 눈 해상도 이상으로 발전할 필요성이 없었으며, 약간의 프린팅 오차가 있어도 무관하였기 때문에, 정밀도 20 $\mu\text{m}$  이상의 편차는 몇 %가 나도 상관없는 정도에서 그 기술의 발전이 멈추어져 왔었다. 하지만, 이러한 프린팅 공정을 PEMS 소자를 대량으로 제작하는 데에 이용하기 위해서는 정밀도가 더 좋아야 하며, 프린팅의 오차가 발생해서는 안 된다. 표 2는 일반 잡지 등의 인쇄물의 프

린팅 공정과 PEMS용 프린팅 공정 간의 차이점을 나타낸 것이다.

이처럼 시각적인 기능에서 전자적인 기능으로 바뀌었기 때문에 잉크 또한 염료성 잉크에서 전도성, 반도체성, 절연체성 잉크로 바뀌어서 프린팅되어야 하며, 정밀도는 수 $\mu\text{m}$  정도로 내려가야 하며, 두께의 컨트롤이 중요시된다. 프린팅된 형상은 균일해야 하며, 잉크의 화학적 순도가 중요하다. 여러 층이 인쇄될 것이므로 층간의 접착력이 큰 문제가 되며, 청정 환경에서 프린팅되어야 할 것이다.

선진 PEMS용 공정 및 장비 기술 개발 사례로는, 미국의 경우, 2003년 9월에 미 상무성 국가표준기술연구소(NIST)의 연구

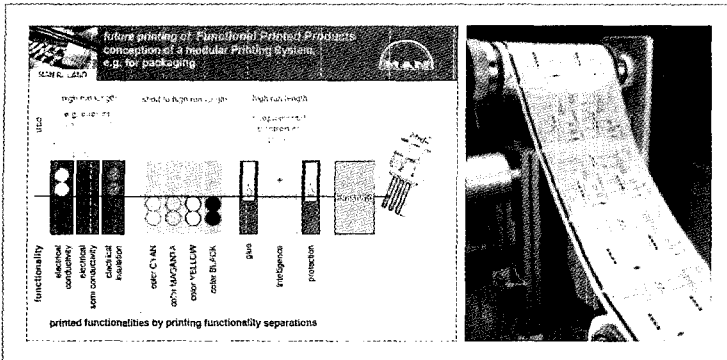


그림 3 MAN Roland 사의 미래의 패키징 개념, Fraunhofer IZM 연구소의 PEMS 소자

자금 지원으로 GE의 중앙연구소에 태양전지로 유명한 ECD Ovonic사와 1,300만 달러 규모의 연구비용으로 폴리머 인쇄기를 4개년에 걸쳐 개발 설치하기 시작하였다. 그라비아 인쇄프로세스와 스크린 인쇄프로세스를 조합한 세계 최초로 roll-to-roll 방식의 전자인쇄물 대량 인쇄기의 개발이라고 홍보하고 있다. GE팀이 전자제품의 디자인을 맡고 Ovonic 팀은 23×4(m) 크기의 기계를 개발할 예정이다. 거의 우리의 개발과제와 동등한 타입의 프로젝트라고 할 수 있다. 이들도 이 기계 개발로 두 가지 기술적 과제를 풀어내는 시험대가 될 것이라고 보고 있다. 과연 roll-to-roll 프로세스로 기능성 물질과 전자장치의 조합이 적합할 수 있는가를 실증하는 일이고 또 하나는 인쇄 프로세스로 적층공정의 모든 제조단계를 하나의 생산기계 라인에서 과연 성공적으로 수행할 수 있느냐를 보이는 것이다. 만일 이 도전이 성공적으로 이뤄진다면 그 엄청난 경제적

인 효과로 인해 새로운 시장과 미래가 크게 열릴 것이라고 한다.

PolyApply는 유럽회의 가맹국 내의 우수한 기업, 연구소, 대학 등 20개가 결성한 공동연구 컨소시엄 조직의 프로젝트 이름이다. 이 컨소시엄에는 네델란드의 Philips, 독일의 Motorola, 영국의 Plastic Logic, 독일의 Fraunhofer 연구소, Chemnitz 공대, Merck, 덴마크의 Lego, 이태리의 STM 등이 컨소시엄을 구성하여 총 2,400만 유로의 연구비용 중에서 1,200만 유로의 EC 자금을 지원받아 2004년 1월부터 4개년 간에 폴리머로 제조한 RFID 태그 시스템으로 실질적인 유비쿼터스 컴퓨팅을 실현하는 것이 목표이다. 특기할 것은 그동안 실리콘 반도체에 의한 RFID 태그의 생산은 오히려 기술발전의 장애로 단정하여 배제하고 폴리머 잉크로 인-라인 인쇄 프로세스를 개발하려는 점이다. 그리하여 처음부터 폴리머에 의한 ultra-low cost의 RFID로 가려는 것이다. 주목표는 인-라

인 생산프로세스와 프로토콜의 개발이다.

독일의 MAN Roland는 세계적인 인쇄 장비 업체 중의 하나로 꼽힌다. 전통적인 플렉소, 스크린, 그라비아, 오프셋 인쇄 장비를 생산하고 있다. 인쇄의 용지 공급도 sheet 방식과 roll 방식을 모두 사용하고 있으며, 최근의 PEMS 관련 장비 시장이 주목을 받음과 더불어서 자사의 미래형 인쇄/패키징 개념도를 내놓고, 기능성 잉크를 사용한 RFID, Smart packaging 등의 PEMS 소자의 패턴에 대한 연구를 집중적으로 수행하고 있다. MAN Roland가 제시한 미래의 패키징 제품은 먼저, 프린팅 기법을 이용하여 회로, 안테나, 저급의 수동/능동소자를 인쇄하고, 기존의 색깔을 입히는 인쇄 작업을 한 후, 정밀한 전자 칩을 원하는 위치에 접착제를 이용하여 부착하는 토털 패키징 개념을 발표하였다. 이는 PEMS 소자 및 제품으로는 궁극의 이상적인 시스템이 될 수 있을 것이다.

독일의 Fraunhofer IZM 연구소의 경우는 roll to roll 광조형 생산 장비를 구축하여, PEMS 소자를 개발하는 선두그룹에 속한다. Roll to roll lithography 장비, roll to roll etch-rinse-cleansing 장비, roll to roll electro plating 장비, roll to roll 스크린 프린팅 장비 등을 개발하였으며, 이들의 중첩인쇄가

가능하도록 정밀 얼라인 장비를 구현하였다. 이를 통해서 ring oscillator, inverter 등의 PEMS 소자와 RFID 태그, OTFT, 각종 수동소자들을 인쇄하였으며, 정밀도는  $10\mu\text{m}$  정도로 구현하였다.

## PEMS용 프린팅 재료 기술

프린팅 기법을 이용해 PEMS 소자 및 제품을 만드는 것에 있어서 가장 어려운 연구 주제가 프린팅 재료기술이다. 기전소자로서의 성능과 신뢰성을 가져야 하며, 프린팅 공정이 가능해야 하며, 종이나 플라스틱 기판과의 접착성 등을 만족해야 하므로, 갖추어야 할 조건이 많기 때문이다.

프린팅 재료로는, 기계적 강도를 가지는 구조체, 전자적 특성을 가지는, 전도체, 반도체, 절연체가 있다. 전도체로는, 실버 나노입자 에멀전, 실버 나이트라이드 잉크, 메탈 페이스트, 용융메탈, 전도성 폴리머 등이 있으며, 반도체성 재료는 고가의 유기 폴리머가 대부분이다. 하지만, 종이나 플라스틱 위에 프린팅하는 공정으로서, 프린팅기기에 호환 가능한 재료가 현재는 상당히 고가이며, 반도체성 재료의 경우 아직 mobility가 상당히 낮은 수준에 머물러 있다. 특히 N type의 경우에는 그 사례가 적은 실정이다.

프린팅 재료 기술이 극복해야

할 연구 내용은, 첫째, 점도, 표면장력, 상온 사용가능성 등의 기본적 프린팅 공정 호환이 가능해야 하면서, 기전소자로서의 성능을 내야 한다는 점이다. 전도성, 반도체성의 모빌리티 등의 성능향상에 대한 연구가 최근 미국, 일본을 중심으로 활발히 진행되고 있다. 둘째, 프린팅된 잉크가 기판에 프린팅된 후 잘 떨어져서는 안 되고, 시간이 지나도 성능이 변하거나, 떨어져서는 안 되고, 셋째, 종이나 플라스틱에 사용될 경우 유연하게 휘거나 구부러도 그 성능을 유지해야 한다.

디스플레이용 전극재료는 투명(투과도 80% 이상)하면서도 낮은 저항값(면저항  $100\Omega/\text{sq}$  이하)을 나타낼 뿐만 아니라 소자를 휘거나 접었을 때에도 기계적으로 안정할 수 있도록 높은 강도를 나타내어야 하고, 플라스틱기판의 열팽창계수와 유사한 열팽창계수를 갖고 있어서 기기가 과열되거나 고온인 경우에도 단락되거나 면저항의 변화가 크지 않아야 한다. 또한 기판재료와의 접착력이 우수하여야 하며, 액정, 형광체, 발광체 등 이미지 재료나 유전체와의 계면 특성이 우수하여야 한다. 투명전극은 소자 제작시 공정상의 안정성을 위하여 각종 유기용매에 대한 내화학성이 만족되어야 하며 기기의 신뢰도를 충족하기 위하여 내열, 내습성 등의 내구성을 가져야 한다. 유기 유전체의 경우 우선 낮은 온도에

서 박막 형성이 가능해야 한다. 플라스틱 기판의 특성상 유리전이 온도가 낮아(PET의 경우  $80^\circ\text{C}$  부근) 온도를 높이기가 힘들기 때문이다. 그리고 유전율이 커야 한다. 따라서 유기전율이 크다는 것은 낮은 전압에서도 많은 전하를 유기유전체 양단에 모을 수 있다는 뜻이고, 다른 말로는 낮은 전압에서 소자를 구동할 수 있다는 뜻이다. 유전율과 더불어 절연 특성이 좋아야 한다. 누설전류는 유기유전체 양단에 모인 전하를 중화시키는 작용을 하므로 장시간 전하를 유지하지 못하고 자주 재생(refresh) 해주어야 하는 구동상 문제를 야기하게 된다. 또한 열팽창률이 기판과 같거나 비슷해야 한다. 이러한 열에 잘 견디기 위해서는 열팽창률이 비슷한 소재가 가장 이상적인 것이다. 또한 구부림이 가능한 플라스틱 기판 위에 사용하기 위해서는 일정 정도의 구부림에 균열 발생이 없어야 한다. 최근 국내에서는 열이나 자외선으로 경화되는 아크릴계 고분자가 많이 사용되고 있다. 그러나 열을 이용할 경우 플라스틱 기판과의 열팽창률 차이 등으로 인해 기판이 휘는 문제가 발생할 수 있다.

유기반도체 물질이 트랜지스터에 사용되기 위해서 가져야 할 가장 필수적인 요소는 소자의 성능을 나타내기에 충분히 높은 전하 이동도를 가져야 한다는 것이다. 전하가 움직이기 위해서는 주

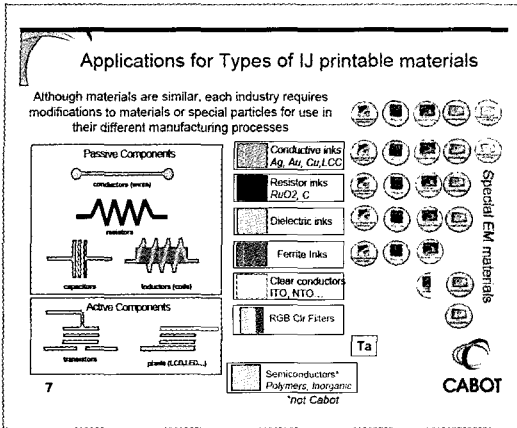


그림 4 CABOT 사의 PEMS용 기능성 잉크

위의 분자들을 어느 정도 지그러 뜨려야 전하가 움직일 수 있으므로 전류를 흘리려 해도 쉽게 움직이지 않는 것이다. 따라서 구조적으로 유기반도체적 결합을 유지하면서 플라론(polaron)은 잘 형성하지 않는 유기반도체의 설계와 합성이 가능해지면 이동도 향상에 도움을 줄 수 있다. OTFT에 관한 연구가 본격적으로 시작된 이래 pentacene, polythiophene, polyacetylene,  $\alpha$ -hexathienylene, fullerene(C60) 박막 등이 적용되어 왔으며, OTFT 소자의 중요한 특성인 전하 이동도와 점멸비를 증가시키기 위한 방향으로 개발이 진행되어 왔다. 전도성 유기물의 일반적인 홀 이동에 의한 p-type의 유기반도체 물질의 개발이 많이 진행되었다. 그러나 유기물에 의한 p-n 접합다이오드(junction diode), bipolar transistor, 인버터(inverter) 등의 회로를 구성하기 위해서 n-

type 유기반도체 물질의 개발이 필수적이다. 가장 우수한 n형 channel 재료는 perylene과 pentacene이며 전자이동도는 각각 5.5와 0.5cm<sup>2</sup>/Vs이다. 지금까지 발견된 대부분의 n-type 유기반도체는 공기 중에서 불안정

하거나 전자이동도가 떨어지는 것으로 보고되고 있다. 현재까지는 fullerene이 n-type 물질로서는 가장 전자이동도가 좋은 것으로 알려져 있지만, fullerene은 공기 중에서 매우 불안정하다.

미국의 Cabot은 프린팅 기법을 사용하는 PEMS용 기능성 잉크를 생산하는 업체이다. 카본블랙이 주생산품이었으나, 점점 전도성잉크, 잉크젯용 잉크 등으로 사업 영역을 확장하고 있다. 그중 실버나노 파티클을 이용한 전도성 잉크의 경우, 가장 잘 알려져 있으나, 제팅성 및 안정성을 고려하여 볼 때 좀더 지켜보아야 한다는 의견이 지배적이며, 조만간 회사 내의 입장 표명이 있을 것으로 판단된다. 이러한 제팅성과 안정성에 관한 내용들은 비단 Cabot 사뿐만이 아니라, 국내의 실버 잉크 개발에 동참하고 있는, 잉크테크, ABC 나노텍, 대주전자재료, NPK 등도 마찬가지이다. 그 외에 캐나다의 X INK 사

는 자사가 개발한 전도성 잉크를 사용하고, roll to roll 플렉소 프린팅 장비를 이용하여, RFID 안테나를 인쇄하여 상품화하고 있다. 영국의 Avecia사와 Covion사는 유기 폴리머 반도체 재료의 생산업체 중의 하나이다. 최근 두 회사는 MERCK사의 이름으로 통합되었으며, pentacene, polythiophene과 더불어 모빌리티를 꾸준히 향상시키고 있다.

## 후기

PEMS 소자, 재료 및 이를 제작하기 위한 공정 및 장비 기술에 대한 우리나라의 기술 개발 현황을 살펴보면, 대부분 상당히 낙후되어 있는 실정이다. 정밀프린팅장비는 독일, 미국, 및 일본에서 들어온 장비이며, 프린팅을 가르치는 대학이 손꼽을 정도로 국내의 인적 인프라도 매우 약한 실정이며, 관련 특허 기술도 유럽, 미국, 일본 등에 선점을 당하고 있다. PEMS 관련 시장은 아직 열려 있지 않지만, 2015년 이후에는 규모를 판단하기 어려울 정도로 커질 것이라고 예측하고 있다. 따라서, 기초 연구보다는, 당장 시장이 열려 있는 곳에 대한 투자를 하는 기업체보다는, 정부출연연구소나 학교를 중심으로 선행 연구 및 기초연구를 진행하여, 미래의 먹을 거리 시장에 대비하는 것이 반드시 필요하다.