

Printed Electronics 기술과 전망

최운섭 교수 (호서대 디스플레이공학부)

지하철을 타면 사방에 붙어 있는 수많은 Sign Board와 Display들을 보게 된다. 또한 온 천지가 광고판과 인쇄물로 덮여 있는 것이 오늘의 도시사회이다. 우리가 가는 길목에 있는 모든 표시소자들이 필요에 의해 다른 정보와 이미지를 보내 준다면, 아니면 어떤 표시소자들은 실시간으로 우리에게 필요한 정보가 Update된다면, 우리가 살고 있는 정보시대는 정보에 의한 정보를 위한 시대로 변할지는 모르지만, 그 가운데에 인쇄전자기술이 존재하게 될 것이다. 마치 공상과학영화에 나타난 것과 같이 우리가 매일 사용하는 인쇄물에 생명을 불어 넣는 작업이 진행되고 있는 것이다. 인쇄물이 Display가 되고 TV가 되는 시대가 준비되고 있는 것이다.

Printed Electronics는 기존의 전자정보소자 및 기기들의 제작 시에 사용되는 Photolithography에 의한 Pattern 형성기술을 인쇄라는 간단한 구조의 공정기술을 적용하여 제작하는 것으로 인쇄 기술을 활용하여 다양한 전자 부품을 생산하는 기술로써, 다양한 응용 가능성, 초박막, 높은 유연성을 가진 저가 대량생산방법이다. 이 기술을 적용하여 대형 광고판, 조명, 디스플레이, RFID, 스마트카드, 플라스틱 센서, 태양전지소자, 유기메모리 등을 제조할 수 있기에 미래가치가 매우 높은 기술이다.

Printed Electronic을 형성하는 부품으로는 저항, 커패시터 인덕터근의 수동소자와 트랜지스터 등의 능동소자로 이루어져 있으며, 이들을 형성시키고 패턴을 만들어 구현하는 저가의 상온/상압공정으로써의 각종 Printing Process가 있다. 이들의 공정으로

는 Ink Jet, Screen Printing, Gravure, Offset 등이 있으며, 이들 단위공정의 생산성을 위한 Batch Process와 Roll 2 Roll Process가 있다. 따라서 Printing Electronic 산업은 화학, 물리, 재료 등의 기초학문의 기반으로 한 소재산업과 이들을 생산하는 기계산업, 그리고 전체적인 Integration에 의한 전자소자화를 위한 전자산업의 융합된 형태라 할 수 있다. 따라서 특정 기업이 모든 것을 개발하고 생산하는 데는 한계가 있고, 각 Category에 따른 산업군의 유기적인 연대가 필수적으로 필요하다.

Printed Electronic의 핵심기술에 의한 접근을 시도하면 먼저 소재 분야에서 시작할 수 있다. 곧 전자잉크와 기판소재가 중요 개발요소로 등장하고 있다. 전자 잉크는 각종소자의 제작을 위한 각각의 특징을 가지는 도체 잉크, 반도체 잉크, 절연체 잉크 및 보호막용 잉크 등이 필요하다. 이들 잉크는 활성물질의 개발과 이를 공정이 가능하게 하는 Formulation 기술이 있다. 활성물질로는 각 층에 맞는 특성을 갖는 원천소재의 개발이 필요하며, 이를 잉크의 Process에 맞게 적용 가능한 Ink로써의 Formulation Design, 그리고 기판과의 조합성과 건조특성의 확보는 물론 이거니와 공정적합성과 그 공정이후의 활성물질의 안정성 등이 확보 될 수 있어야 한다. 따라서 전자 잉크의 기술은 매우 부가가치가 높은 핵심 기술이다.

전자잉크는 금속계 잉크와 유기계 잉크, 무기계 잉크로 대별되는데, 요구되는 특성을 확보하기 위하여 이들의 적절한 조합이 필요하다. 한편 예측되는 전자 잉크의 시장은 전도성전자 잉크의 시장으로써

2015년도에 43억 달러로써 가장 큰 시장을 형성하리라 예상되며, 전도성 유기 잉크는 USD 13억, 반도체용 잉크는 USD 3.7억, 태양전지용 광전소자용 잉크는 USD 4억, 절연체용 잉크는 USD 7억에 이를 것이다. 현재 생산하는 인쇄전자용 잉크는 RFID나 Display용 Backplane으로 사용이 예상되는 Silver Ink와 Polymer Ink이다. Silver Ink는 2013년에 USD 13억으로 예상되며, 관련회사로는 Cabot, Advanced Nano Products, Cima Nanotech, Acheson, Creative Materials, Dow Corning, Dupont, Harima Chem, Paralec, Xink 등이 있고 고분자 잉크는 2013년에 USD 17억에 이를 것으로 예상되며, 관련회사는 Merck, Dupont, Starck, Plextronics, BASF, Dow, Sun Chemical, Sumitomo, Xerox 등이 있다. 기판재료로는 Plastic Substrate, Thin and Flexible Glass 그리고 Metal Foil이 가능하다. Plastic Substrate로는 PEN, PET, PC, Polyarylate, PES 등이 있으며 이들은 인쇄공정이 가능한 열적특성과 기계적 안정성을 확보하고 있으나, Barrier성은 일반 Glass에 비해 많이 부족하기에 응용 분야에 따라 적용의 가능성을 분별할 수 있다. 일반적으로 Hard Coating이 되어 있거나, Bare Film 또는 전극이 증착된 형태의 Film으로 판매된다.

한편 Printed Electronic을 위한 Printing공정으로 는 각 공정의 현상에 따라 Relief에는 Flexography, Gravure, Pad, Soft Lithography기술이, Surface Energy에는 Offset Lithography, Dewetting, Patterned Coating기술이, Masking에는 Screen과 Stencil기술이, Dispensing에는 Ink-jet, Micropen, Dip-pen Nanolithography기술이, Material Removeral에는 Laser Ablation, Embossing, Imprinting, Nanoimprinting Lithography기술이, Energy/Force Transfer에는 Laser Transfer와 Electrophotography기술 등이 필요하다. 한편 이들의 각 단위기술을 구현하는 방법으로써 Batch Process에 의한 것과 Roll 2 Roll공정에 의한 것이 있다. 신 공정장비인 PEMS (Printed Electro-Mechanical Systems)이란 용어도 등장하고 있다. Printing Electronic 분야에는 약 300여 개의 회사가 연구개발에 참여하고 있으나 이들은 대부분 PV와

RFID에 한정되어 있다. 유럽에서는 독일을 중심으로 화학과 생산장비업체와 연구소가, 영국은 캠브리지대학의 연구단지를 중심으로 한 유기전자소자 관련회사들이 중심이 되어 진행되고 있으며, 유럽의 광전지회사로는 독일의 Nanosolar가 있으며, 조명 분야에는 독일의 Osram, Siemens, Philips 등이 있다. 유기태양전지 분야에는 Kornarka, Plextronics가 가장 앞서가고 있다. 아시아에서는 주로 일본업체가 주축이 되어 개발이 진행되고 있으며, Sony, Toshiba, Matsushita, Mitsubishi, Canon, Ricoh, Asahi, Kasei, Pioneer, Samsung, Sumitomo 등이 있다. 세계 최초로 자동화된 Palstic 전자소자의 생산은 영국의 캠브리지에 있는 Plastic Logics이다. 이들은 Ink-jet기술을 근간으로 간단한 Polymer 유기소자를 제작하여 전자종이에의 응용을 시작으로, 독일정부의 지원으로 CMOS 유사한 유기전자회로를 구현하였고 이를 근간으로 RFID와 Roll 2 Roll공정에 의한 Organic Ring Oscillator를 제작하였다.

Printed Electronic의 응용 분야로는 Display와 E-paper 분야에서는 OLED, Electrophoretic, Electrochromic, PDLC, Cholesteric, Electrowetting 기술 등을 사용하여 각종 Display, Smart Card, PDA 등의 시장진입이 가능하리라 여겨지고, Signage 분야에서는 Display와 유사기술을 사용하여 각종 광고, Sign Board, Smart Sheving Label 등의 시장진입이 가능하다. 기타 RFID 분야, 조명 분야, Photovoltaic 분야, Sensor 분야, Battery 분야 및 Memory 분야로의 발전을 조심스럽게 예측해본다. Printed Electronic은 저가, 대면적, 대량 생산이 가능하기 때문에 기술성과 시장성 모두 갖추고 있다. 향후에 이들 인쇄전자 제품 및 시장규모는 IDTechEx와 NanoMarket의 예측에 따르면 2028년 USD 3000억 (약 30조원)에 육박할 전망이다. 이중에 Display가 USD 1300억, Logic이 USD 1160억, PV가 USD 420억, 기타 USD 150억으로 예측되고 있다.

Printed Electronic의 핵심은 산업의 판도를 바꿀 수 있는 엄청난 잠재력을 갖춘 기술이라는 것이고 이미 우리나라가 갖고 있는 기술로써 성장시킬 수 있는 분야라는 것이다. 산업의 인프라는 어느 정도 있으나 국내의 많은 산업이 그러하듯 Downstream



으로 가면 소재와 부품의 원천기술이 부족하고, 각종 장비와 설비에 대한 국산화 비율이 낮은 것이 현실이다. 보다 근본적인 국가경쟁력의 제고를 위해서는 원천기술의 확보에 온 힘을 다하는 모습이 필요한 시점이 아닌가 사료된다. 본 산업에 소요되는 핵심기술군의 개발을 위하여 산?학?연의 유기적인 개발 Model이 요구된다. 이러한 총체적인 구조 하에서 연구와 기술개발이 진행된다면 반도체와 디스플레이를 넘어서는 국가적 먹을거리로써의 핵심역할을 감당하고, 또한 산업적으로도 소위 와해성기술 (Disruptive Technology)로써 자리매김을 할 수 있으리라 사료된다. 금번 특집호가 그러한 기대에 대한 이해에 조금이나마 도움이 되기를 바란다.

참고 문헌

- [1] Printed Electronics의 최신기술 및 시장동향, 한국과학기술정보원, 2008, 김성한.
- [2] Printed & Organic Electronics Forcasts, IDTechEx, 2008.
- [3] Development in Printed Electronics Manufacturing, NanoMarkets, 2007.

저|자|약|력



성 명 : 최운섭

◆ 학 력

- 1982년 서울대 공업화학과 공학사
- 1984년 동 대학원 공업화학과 공학석사
- 1997년 U of Akron, Polymer Science 공학박사

◆ 경 력

- 1997년 - 2000년 U of Arizona, Research Associate
- 2000년 - 2005년 삼성SDI 중앙연구소 수석연구원
- 2005년 - 현재 호서대 디스플레이공학부 교수

