

종이 EL 엔터테인먼트 시스템

Paper EL Entertainment System

*#이택민¹, 신동윤¹, 최현철¹, 조정대¹, 김충환¹, 김동수¹

*#T. M. Lee¹(taikmin@kimm.re.kr), D.Y.Shin¹, H.C.Choi¹, J.D.Jo¹, C.H.Kim¹, D.S.Kim¹

¹ 한국기계연구원 정보장비연구센터

Key words : Paper Display, Paper Entertainment, Paper EL, Printed Electronics

1. 서론

최근, 전자 종지와 같은 신개념의 디스플레이 장치 및 RFID 와 같은 일회용 정보 장치 등의 정보장치를 제작함에 있어 프린팅 기법을 도입하려는 연구가 활발히 진행되고 있다⁽¹⁻⁴⁾. 이는 프린팅 공정이 기존의 노광기술과 식각기술에 의존하는 반도체 공정에 비해 가격경쟁력이 월등히 우수하기 때문이다. 즉, 반도체 공정의 경우는 높은 정밀도의 장치를 제작할 수 있는 장점이 있으나, 이를 위해 고가의 장비 및 극한의 공정 기술을 필요로 하는 단점을 가지고 있다. 반면, 앞서와 같은 정보장치들을 제작함에 있어서, 전도성, 반전도성 및 부전도성 등의 전기적 성질을 가지는 전자 재료들을 프린팅 기법을 사용하여 기판위에 직접 프린팅하는 공정을 사용하는 경우 반도체 공정과 같은 고정밀도를 가질 수 없는 단점을 가지고 있으나, 기존의 반도체 공정에 비해 제작 시간이 빠르며, 장비의 가격이 저렴하여 그 생산성이 월등한 것으로 평가된다.

한편, 2006년 세계 디스플레이 시장 규모는 약 500~600 억불로 성장할 전망이다, 이는 메모리 반도체 시장 550 억불과 거의 같은 수준이며 어느 정보장치제품 보다도 성장성이 높고 신규 응용시장이 확대되고 있어, 디스플레이 시장을 잡기 위해 국내외 대표기업이 치열한 경쟁을 벌이고 있다. 현재는 LCD, PDP, 유기 EL, FED 등의 디스플레이 방식이 주류를 이루고 있으나, 치열한 경쟁에서 살아남기 위해 기존의 반도체 공정이 아닌 새로운 저가의 프린팅 공정에 대한 연구가 수행되고 있으며, 대량생산을 위한 Roll to Roll 로의 전환에 대한 연구가 가시화 되고 있다.

이러한 기술들은 평판 디스플레이의 차원을 한 단계 넘어서, 유연성을 갖는 유연성 정보표시소자로 진화하고 있으며, 이는 대량의 정보 동화상화가 가능한 전자 정보 디스플레이의 기능과 휴대성, 편리성, 저가격 등의 종이 정보 디스플레이의 장점이 융합된 차세대 디스플레이로 평가되고 있다. 이러한 장점과 기술적 발전 속도를 기반으로 하여 유연성 정보표시소자는 차세대 디스플레이 시장을 주도할 것으로 판단되며, 단기적으로 유연성 정보표시소자의 시장규모는 2004년 4 억불, 2009년 30 억불로 연간누적 성장률 50% 이상의 고도성장을 이룰 것으로 예측되고 있다. 그러나 이와 같은 예측조차도 중소형 디바이스 개발 및 제작을 기준으로 예측한 것으로 대형 유연성 정보표시소자의 개발이 이루어 질 경우, 디스플레이 시장에 미치는 영향력은 현재 예상 수준의 수십배 이상이 될 것으로 판단된다.

유연성 정보표시소자를 구현하기 위해서는, 해상도, 색상대비, 색재현성, 응답속도, 등 기존의 디스플레이 자체가 가지는 표시특성의 고성능화의 달성

외에도, 종이처럼 얇은 유동적인 매체 위의 패터닝 기술, 신문이나 잡지처럼 휴대형이 되고, 수요가 많아짐으로 인한 저가격화, 대량생산화 등의 요구 조건을 만족해야 하므로, 기존의 평판 디스플레이 생산 방식과는 다른 생산 공정이 요구된다.

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 Tag, E-paper, Solar Cell, Printed Sensor 등이 있다. 그림 1-1의 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 등 저가의 disposable electronics 가 새로운 시장(5년후 20 조원/년, 10년후 100 조원/년 이상 예상(참조 DARPA, 2004)을 열 것이라는 국제적인 기술의 기류 및 예측이 이루어지고 있다. RFID Tag 시장의 경우 이미 2005년 9000 억원, 2007년 2조 2천억원 이상의 시장(RJ&A 2005)이 될 것으로 예측하고 있으며, 유연성 정보표시소자의 시장규모는 2004년 4 억불, 2009년 30 억불로 연간누적 성장률 50% 이상의 고도성장을 이룰 것으로 예측되고 있다.

‘PEMS 제작용 Roll to Roll 프린팅 시스템’이란, PEMS 소자 및 제품을 생산하는 공정장비로써, Roll to Roll web 이송장치에 의해 유연성 기판이 공급되고, 스크린, 그라비아, 플렉소, 잉크젯 등의 각종 프린팅 장비를 이용하여, 전도성물질, 반전도성물질, 절연성 물질을 각각의 특성에 맞도록 중첩인쇄를 통해 PEMS 소자 및 제품을 대량 생산해내는 장비를 의미한다. Roll to Roll 프린팅 공정은, 잉크로는, 전도성 잉크, 유기박막 재료, 폴리머 등이 사용되고, 기판은 종이나, 플라스틱을 사용하고, 기판의 공급은 대량생산에 유리한 Roll to Roll 연속공급방식을 사용하며, 공정은 스크린, 플렉소, 그라비아, 잉크젯 등의 저가의 상온 프린팅 공정을 사용하여, 저가/대량생산화를 동시에 만족시킬 수 있는 공정이다. 하지만, 기존의 프린팅 장비들은 사람들의 눈에 보이는 신문, 잡지 등의 인쇄물들을 프린팅 해왔기 때문에 정밀도가 사람의 눈 해상도 이상으로 발전하지 않았으며, 정밀도 20mm 이상에 편차는 몇 퍼센트가 나도 상관없는 정도에서 그 기술의 발전이 멈추어져 왔었다. 하지만, 이러한 프린팅 장비들이 PEMS 소자를 대량으로 제작하는 데에 사용되기 위해서는 정밀도가 더 좋아져야하며, 프린팅의 반복 패턴 형성 정밀도가 좋아야 한다.

PolyApply 는 유럽회의 가맹국 내의 우수한 기업, 연구소, 대학 등 20 개가 결성한 공동연구 컨소시엄 조직의 프로젝트 이름이다. 이 에는 네델란드의 필립스, 독일의 모토롤라, 영국의 Plastic Logic, 독일의 Fraunhofer 연구소, Chemnitz 공대, Merck, 덴마크의 Lego, 이태리의 STM 등이 컨소시엄을 구성하여 폴리머로 제조한 RFID 태그 시스템으로 실질적인 유비쿼터스 컴퓨팅을 실현하는 것이 목표로 연구하고 있다.

스웨덴의 M. Berggren 교수는 Linköping 대학교 Acreo 연구소, Mono Paper, Tetrapak, SCA 등의 공동연구팀을 구성하여 Smart Paper 프로젝트를 통하여 유기물과 폴리머 잉크로 디스플레이를 오프셋 인쇄방식으로 종이 위에 실험 개발하였고 트랜지스터와 인쇄전지도 함께 전도성 폴리머에 의한 인쇄로 성공하여 전기변색(Electrochromic)방식의 디스플레이를 종이 위에 구현하였으나, 비발광타입이며, 변색에 수초 이상 걸리는 등 속도가 매우 느려서 동영상 등의 구현에는 어렵다는 단점이 있다.

2. 종이 EL 엔터테인먼트 시스템

본 연구에서는 종이 위에 구현된 발광 표시소자와 스피커로 구성된 유연 종이 EL 엔터테인먼트 시스템에 대한 연구를 수행하였다.

EL 디스플레이부는 4 개의 7 세그먼트로 구성하였으며, 총 두께는 260 μm 이다. 사용된 종이는 칼라잉크젯용 단면코팅용지를 사용하였으며, 일반 종이로도 가능하다. 하부전극은 실버잉크를 사용하여 프린팅하였으며, 상부전극은 전도성 투명잉크를 사용하여 프린팅하였고, EL 층, 유전체층 등도 마찬가지로 프린팅 기법을 이용하여 패터닝하여, 모든 층이 프린팅 기법으로 구현되었다. 결과적으로 EL 디스플레이부는 반경 5mm 정도의 구부림이 가능하였다. 스피커부는 하부전극과 압전층, 상부전극으로 구성되었으며, 이 모든 층들이 박막으로 이루어져서 매우 유연하다. Figure 1 은 구현된 EL 디스플레이부이며, Figure 2 는 종이 EL 엔터테인먼트 시스템을 보여준다.

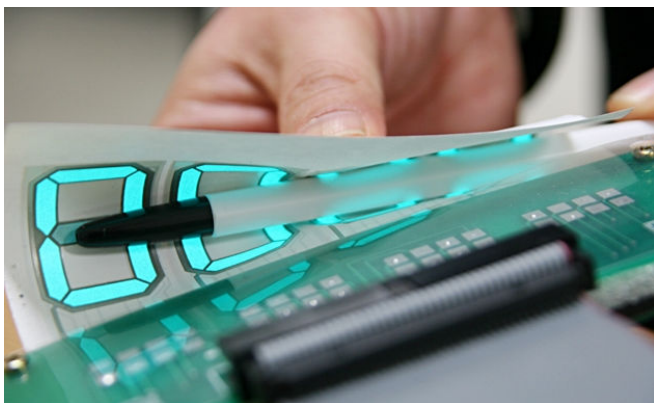


Figure 1 Printed EL 7 segment on a flexible paper substrate

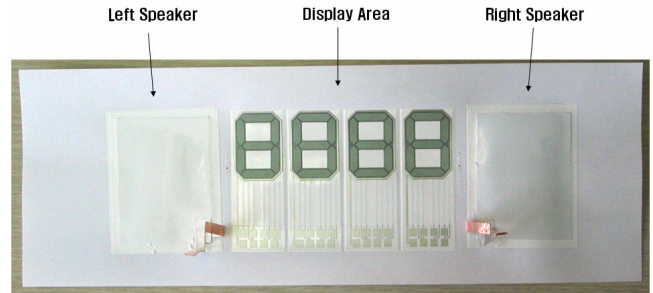


Figure 2 Paper EL Entertainment System.

3. 결론

본 연구에서는 종이 위에 프린팅 방법으로 구현된 EL 디스플레이와, 유연 스피커부로 이루어진 종이 EL 엔터테인먼트 시스템을 소개하였으며, 이러한 기술은 향후 1 회용 전자기기 시대와 광고시대에 적합한 기술로써, 잉크의 개발과 더불어서 급격한 성장을 이룰 것으로 예측한다.

참고문헌

1. Yamaguchi, K., Sakai, K., Yamanaka, T., and Hirayama, T., 2000, "Generation of Three-dimensional Micro Structure Using Metal Jet," *Precision Engineering*, 24, pp. 2~8.
2. Wilkes, E. D., and Basaran, O. A., 2001, "Drop Ejection from an Oscillating Rod," *J. of Colloid and interface science*, No. 242, pp. 180~201.
3. Eom, H. C., Cho, K. M., Song, I. H., and Hahn, Y. D., 2003, "Investigation of Preprocess Parameters on Lead-free Solder Balls Fabricated by Droplet-Based Manufacturing Process," *J. Kor. Inst. Met.&Mater.*, Vol. 41, No. 1, pp. 56~63.
4. Hayes, D., Cox, W., and Grove, M., 1999, "Low-Cost Display Assembly and Interconnect Using Ink-Jet Printing Technology," *Display Works*.