

전자종이 기술에 관한 연구

김도균* · 강순덕**

목 차

- I. 서론
- II. 본론
- III. 결론
- 참고문헌
- Abstract

I. 서론

전자종이 기술은 e-페이퍼라고도 하며, 종이책, 종이신문·종이잡지 등과 같이 종이의 느낌을 그대로 느낄 수 있도록 만든 전자장치, 즉 종이처럼 얇고 마음대로 구기거나 접을 수 있는 전자장치를 연구하는 기술이다.[1]

최근 종이 인쇄물과 기존의 디스플레이 매체를 대신 할 수 있는 새로운 표시소자인 전자종이의 상용화와 시장 형성을 위한 기술 개발 경쟁이 치열해지는 가운데 머지 않아 종지와 같은 디스플레이를 휴대할 수 있는 시대가 가까워진다고 할 수 있다. 하지만, 전자종이가 종지의 역할을 대신하면서 동시에 디지털 기능도 구현하려면 넘어야 할 산이 많다. 얇은 디지털 종이에 적합한, 얇으면서도 효과적인 컴퓨팅 시스템과 전원, 저장장치 개발 등은 몇 가지 예에 불과하다.

따라서 본 연구에서는 표시매체 중 가장 우수한 시각특성을 가지고 있는 전자종이 기술을 분석하고, 현재 상황에 대해 면밀히 검토하여 효과적인 기술개발을 할 수 있도록 했다.

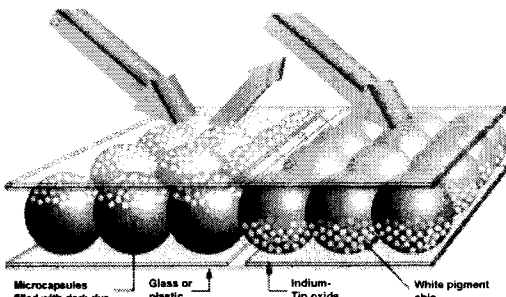
II. 본론

2.1. 전자종이의 원리

2.1.1. 전기영동 디스플레이

전기영동 디스플레이는 투명한 현탁액에 부유하고 있는 입자의 정전기적 이동에 의존하는 소자로서 양의 전압이 부과되면 양전하가 대전된 흰색 입자들은 관찰자 쪽 전극으로 정전기적으로 이동한다.[2] 이 때 흰색 광산란 입자는 near-Lambertain 반사를 제공한다. 반대로 음의 전압이 부과되면 관찰자에서 먼 쪽의 전극으로 흰색 입자들이 이동하고, 캡슐 상부로 검은색 입자들

* 공주대 컴퓨터공학전공 교수

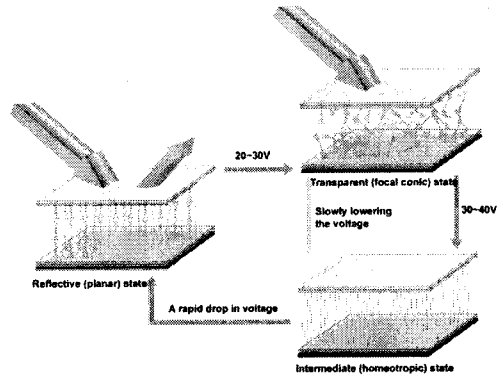


〈그림 1〉 E-Ink 사의 마이크로 캡슐의 단면도

이 이동하여 빛을 흡수하므로 검은색이 관찰되게 된다. 일단 어떤 극에서든 이동이 일어난 후 전압을 제거해도 입자들은 그 자리에 그대로 머물러 있게 되고, 결국 쌍안정성을 지니는 메모리 디바이스를 제공하게 된다. 이와는 다르게 단일 입자를 이용한 전기영동 캡슐도 있는데, 이것은 투명한 고분자 캡슐 내부에 흰색의 대전된 입자가 어두운 색으로 염색된 유체에 부유하고 있는 형태로 구성되어 있다.

종이와 같은 외관을 가지고, 광반사 효율이 40% 이상으로 신문과 비슷하거나 오히려 약간 높은 수치를 나타낸다. 인가된 전압의 세기를 이용하여 입자의 이동을 조절함으로써 회색 스케일의 구현이 또한 가능하다. 구동전압은 약 90V이고 대조비는 약 10:1 이상이다. 전기영동 입자가 캡슐의 한 쪽 면에서 다른 쪽 면으로 이동하는데 걸리는 시간은 100ms 대에 이르며, 이것은 비디오 매체로의 응용에는 너무 느린 편이다. E-Ink 재료는 천만번의 스위칭 사이클에도 디바이스 구현의 감쇠가 없이 디스플레이 신뢰도와 안정성을 보여주었다. 그러나 Gyricon 디스플레이와 마찬가지로 E-Ink도 수동형 구동 원리에 기초하면 threshold가 없어서 그 해상도에 한계를 나타내고 있다. 그러므로 직접 구동은 낮은 정보 콘텐츠용 응용장치에는 효율적이지만 고해상도 이미지를 위해서는 능동형 매트릭스가 사용되어야 한다.[3]

2.1.2. 콜레스테롤 액정 디스플레이



〈그림 2〉 콜레스테롤 액정을 이용한 디스플레이

Kent Display 사의 콜레스테롤 액정 디스플레이는 1993년에 개발되어 LCD 기술에 기초하여 작동되고 있다. 이 기술은 랩탑 컴퓨터에 주로 사용되는 wistednematic(TN) LCD와 그 제조법에서 매우 흡사하다 할 수 있지만 실제로 콜레스테롤 LCD는 완전히 다르게 작동한다. TN LCD는 무수히 많은 완전 칼라 픽셀들로 구성되고, 각 픽셀은 세 개의 서브픽셀, 즉 적색, 녹색, 청색 요소를 포함한다. 각 서브픽셀은 두 개의 편광필터 사이에 액정이 채워진 샌드위치 형태이고 편광필터는 서로 90°로 편향되어 있다.[4] 편광판을 통과한 편향된 빛은 액정의 꼬인 구조를 통과한 후 90°로 회전하게 됨으로써 결국 2차 편광판을 통과할 수 있게 된다. 그러나 전기장이 부과되면 액정은 자체적으로 전장에 평행하게 배열하고, 따라서 빛은 완전히 2차 편광판에 의해 흡수된다. 이는 액정을 꼬이거나 배열된 상태로 스위칭함으로써 LCD 뒤의 백라이트 빛을 투과 또는 차단하는 원리다. 완전 칼라 TN 디스플레이에서는 각 서브픽셀 위에 세가지 색의 필터를 두어서 하나의 픽셀을 만들고, 각 서브픽셀에 다양한 크기의 전압을 인가하면 적색, 녹색, 청색 광은 혼합하여 다양한 색조와 톤을 발현하게 된다. TN

LCD처럼 콜레스테롤 LCD도 색 첨가의 원리에 기초하여 동작하고 마찬가지로 투명한 ITO 전극을 각 픽셀의 아래·위에 사용한다. 그러나 콜레스테롤 디스플레이는 빛을 서브픽셀에 통과시키기보다는 반사시킨다. 다시 말해 서로 다른 파장을 선택적으로 반사함으로써 색을 발현하는 것이다.[5]

종이와 같이 모든 방향에서의 가독성을 지니기 위해서 액정 구조는 약하게 파괴되는데, 다시 말해서 helical 구조의 열이 약간 비틀어져서 정렬되도록 한다. Kent 디스플레이는 매우 넓은 시야각에서 반사가 가능하도록 하는 독보적인 정렬 기술로 이 구조를 만든다. 이 기술이 종이에 비해서 가지는 또 하나의 장점은 비디오 디스플레이가 가능하다는 것이다. 콜레스테롤 액정의 동적 반응 시간은 30~100ms로 비디오를 보는데 필요한 스위칭 속도(약 20ms)에 가깝다. 비록 이 기술이 많은 전력을 소비하는 단점이 있지만 이미지를 삭제하지 않으면 적어도 1년은 디스플레이에 이미지가 지속되는 저장 능력 또한 가지고 있다.

2.2. 전자종이의 기술

2.2.1. 히타치의 64색 컬러 전자종이

일본 히타치가 64색 컬러로 된 전자종이, 유기 박막 트랜지스터(organic TFT)를 발표하였다.[6]

일종의 반사형 디스플레이인 전자종이는 전원을 꺼도 내용이 지워지지 않는 것이 특징. 또 자료를 다운받거나 입력, 삭제, 또는 저장할 수도 있다. 저전자종이가 실용화되면 종이가 된 매체 대신 직접 콘텐츠를 내려 받을 수 있게 된다.

히타치가 이번에 내놓은 전자종이는 가로 16.2센티미터, 세로 18.1센티미터, 두께 3밀리미터이며, 리튬이온 배터리와 LCD 스크린을 장착하면

무게가 100그램이다. 해상도는 1.4인치에 화소수가 80x80으로, 컴퓨터 모니터에 비해 높은 편은 아니지만 전자종이로는 꽤 높은 수준이다.

2.2.2. 소니사의 전자책“리브리에”

소니의 전자책 ‘리브리에’는 지금까지 누구도 경험해 보지 못한 새로운 개념의 전자책이다. 전자잉크(e-Ink) 방식의 전자종이로 만들어진 점이 인상적이다. 전자잉크는 하얀 잉크는 +, 까만 잉크는 - 전하를 띄고 있으므로 바닥에 전압을 걸면 각기 역방향으로 이동해 원하는 색의 잉크가 표면 위로 올라오게 되는 원리로 돼 있다. 이 방식으로 만들어진 전자종이는 느낌이 정말 종이 그대로여서 가까이 들여다봐도 눈이 나빠지는 듯한 불안감은 전혀 들지 않는다.

단점이라면 아직 낮은 해상도인 170dpi. 컴퓨터 모니터에 비하면 훨씬 높지만 인쇄 품질을 따라가려면 더 높은 해상도가 필요할 것으로 보인다. 또한 화면 변환속도가 상당히 느리고 그 과정이 어색한 것도 다소 걸린다.[7]

디자인은 일본 특유의 섬세한 터치를 듬뿍 느낄 수 있게 돼 있다. 끝 부분에 자석을 달아 커버를 닫을 때 본체에 찰칵 붙는 느낌은 역시나 소니답다. 리브리에의 내장 메모리는 약 10Mb. 250페이지 기준으로 약 20권의 소설을 기록할 수 있다. 물론 메모리스틱 슬롯을 이용하면 Gb 단위로 그 용량을 늘릴 수 있고 실제로 일부 사전은 메모리스틱 형태로 판매되고 있다.

리브리에에는 배터리의 지속도를 시간으로 표시하지 않고 몇 페이지를 볼 수 있는지 표현해 준다.[8]

2.3. 전자종이에 거는 기대

컴퓨터가 가정이나 직장에서 흔히 볼 수 있는

생활기기로 자리잡은 요즘, 미래 예측가들이 기술 진보와 관련해 내놓았던 수많은 전망 중 하나를 떠올려보자. 이들은 가까운 미래에 컴퓨터에서 모든 정보를 보고 듣기 때문에 종이 소비가 현격히 줄어들 것이라고 호들갑을 떨었다. 하지만 디지털 문화가 뿌리내리고 있는 현재에도 종이 소비는 꾸준히 늘어나고 있다. AD 105년 중국 후한의 채륜이 종이를 발명한 이래 약 2000여 년 동안, 종이가 기록과 전달 매체로서 확고부동한 자리를 지킨 이유는 무엇일까? 아마도 필요할 때 언제든 쉽게 휴대할 수 있고 가독성이 뛰어나다는 점 때문일 것이다. 이런 전통적인 종이의 아성에 과감히 도전장을 내민 것이 바로 전자종이다.[9]

미국 E-Ink 사가 어른 머리카락 3가닥 정도의 두께에 폭이 7.6cm인 접을 수 있는 전자종이를 개발한 데 이어 최근에는 휴대폰이나 PDA의 LCD 보다 4배 가량 밝으며, 동영상도 보낼 수 있는 전자종이가 네덜란드 필립스 연구소에 의해 개발됨으로써 전자종이 시대의 개막을 앞당기고 있다.

전자종이는 종이라기보다는 노트북이나 PDA의 액정화면 같은 디스플레이를 종이처럼 접거나 들둘 말 정도로 얇고 부드럽게 만든 것이다. 전기도 거의 안들며 액정화면에서처럼 지웠다 썼다를 반복할 수 있어 반 영구적으로 사용할 수 있다는 장점이 있다.

여기에 영화나 TV 등 동영상까지 볼 수 있어 출판문화의 혁명은 물론, LCD나 PDP 등 디스플레이 산업에도 커다란 영향을 칠 것으로 보인다. 전문가들은 전자종이를 옷처럼 부드러운 제품에 붙여 광고 매체로 활용하는 등 유통과 광고업계에도 커다란 변화를 가져올 것으로 내다보고 있다.

전자종이 기술의 핵심 요소는 플라스틱 트랜지스터와 전자잉크다. 플라스틱 트랜지스터는 반

도체 칩과 동일한 특성을 가지고 있지만 유연성이 있고 인쇄가 가능하다. 전자잉크는 검정색 색소로 채워진 수백만의 마이크로 캡슐로 이루어져 플라스틱 트랜지스터에 의해 전기장이 가해지면 색을 바꿔 문자와 이미지를 나타내게 된다. 전자종이가 신문이나 책의 내용을 표시했다가 바로 지울 수 있는 것은 이 때문이다.

하지만, 전자종이가 종이의 역할을 대신하면서 동시에 디지털 기능도 구현하려면 넘어야 할 산이 많다. 얇은 디지털 종이에 적합한, 얇으면서도 효과적인 컴퓨팅 시스템과 전원, 저장장치 개발 등은 몇 가지 예에 불과하다.

그럼에도 현재의 개발속도를 감안한다면 2~3년 내에 실제 종이 두께의 전자종이가 출시되고, 2010년에는 잡지나 책을 전자종이가 대체할 것이라는 전망도 가능하다. 기업의 광고판, 각종 휴대기기의 디스플레이로 활용될 뿐 아니라, 전자책과 전자신문의 활성화를 앞당길 전자종이 기술의 빠른 실용화를 기대해 볼 수 있겠다.

2.4. 전자종이의 발전방향

전자종이 시장은 더욱 커질 가능성이 매우 높다고 할 수 있다. 인간에게 있어 종이는 필수품이며 전자종이는 인간의 삶을 획기적으로 바꿔주게 될 것이기 때문이다.

무엇보다 전자종이 산업은 단순한 IT산업의 범주를 떠나 우리 사회 문화산업의 가치를 한 차원 높이는 데도 중요한 역할을 하게 될 전망이다. 대중들이 영상을 가까이 하고 문자매체를 차츰 멀리하게 되면서 최근의 언론·문화계는 이로 인한 타격을 받고 있다.

그러나 전자종이의 출현으로 대중들의 보다 편리하고 부담 없는 문화 콘텐츠에 대한 접근이 이뤄질 경우 침체된 언론·문화계에 적지 않은 활

력소가 될 것으로 전망된다. 즉, 전자종이는 IT 산업 발전과 함께 문화기술 발전에도 큰 공헌을 하게 될 것으로 보인다.

하지만 동작 속도를 높이고 칼라를 구현하는 것, 그리고 비싼 가격은 전자종이 시장 확산의 걸림돌로 지적되고 있다. 그래서 전자종이 세계 최초 상업화를 목표로 부지런히 연구에 몰두하고 있는 한국 연구진의 최대 목표는 성능대비 적정 가격의 실현인 것으로 알려져 있다.

한국의 디스플레이 산업 수준이 세계 최고 수준이며 세계적인 IT국가로 인정받고 있는 한국이 전자종이 산업까지 석권할 경우 한국 IT산업 및 기타 산업 전반에는 상당한 시너지 효과가 창출될 가능성이 높다. 전자종이 산업은 앞서 언급한 대로 문화산업 와도 상당한 관계가 있으며 기타 IT산업과 각종 서비스 산업과도 상당한 연관을 갖게 될 것이기 때문이다.[10]

2.5. 다양한 전자종이 기술 활용

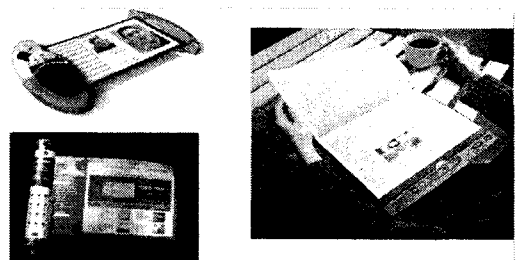
최근 유비쿼터스 환경을 위하여 디스플레이가 추구해야 할 3가지 연구테마 중의 하나로 종이와 기존의 무겁고 큰 공간을 점유하는 디스플레이를 대체할 수 있는 디바이스의 개발의 필요성이 대두 되면서 전자종이 기술에 대한 관심이 폭발적으로 증가하고 있다.[11]

전자종이란 표시매체 중 가장 우수한 시각특성을 가지고 있는 디지털 종이다. 기존의 종이와 잉크처럼 높은 해상도, 넓은 시야각, 밝은 흰색 배경을 가지고 있다. 또한 플라스틱, 금속, 종이 등 어떠한 기판 상에서도 구현이 가능하다. 전원 차단 후에도 화상이 유지되며 LCD에서와 같은 백라이트가 필요 없어 배터리의 수명이 오래 유지되므로 원가 절감 및 경량화의 장점을 가지고 있다.



〈그림 3〉 전자종이가 옥내외 광고판으로 이용되는 예

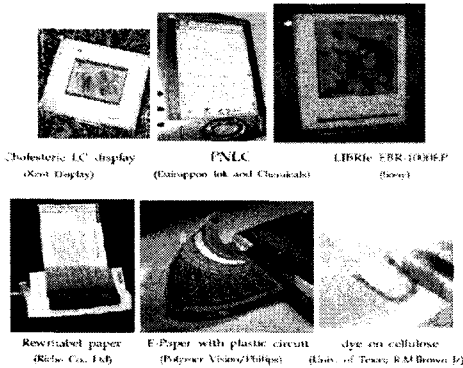
전자종이는 서지 대체용 전자장치, 옥내외 실시간 광고판의 디스플레이 및 개인용 휴대 장치로도 이용 가능하며 현재 상용화되고 있는 단계이다. 전자종이는 종이처럼 얇은 재질로 자료를 다운받거나 입력, 삭제, 저장이 가능하며 쓰고 지우기를 반복할 수 있다. 따라서 기존의 신문, 잡지, 도서 등을 대체하는 전자신문, 전자 잡지, 전자책으로 이용 가능하다. 또한, 핸드폰, PDA, 손목시계 등의 디스플레이로도 응용되고 있다.



〈그림 4〉 전자종이가 개인용 휴대 장치로 이용되는 예

현재 제품화 단계까지 진입한 전자종이 관련 기술로는 트위스트 볼을 이용한 Gyricon의 Gyricon display 및 마이크로캡슐을 이용한 E-Ink사, 한국전자통신연구원 그리고 네오릭스의 전기영동 디스플레이가 있다. 또한, Kent사의 콜레스테롤

액정 디스플레이, Philips사의 electrowetting display, Iridigm의 MEMS 기술을 이용한 전자종이 및 Bridgestone, LG 그리고 전자부품연구원의 liquid powder display 등이 개발 중에 있다.



〈그림 5〉 다양한 mode의 전자종이

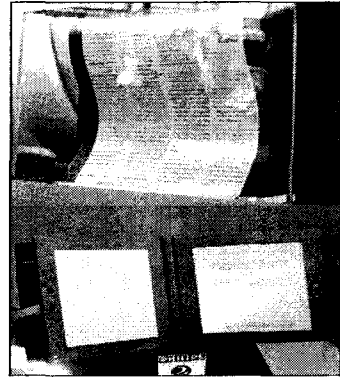
2.6. 전자종이 개발 및 특허 현황

2.6.1. 기업들의 기술 개발 현황

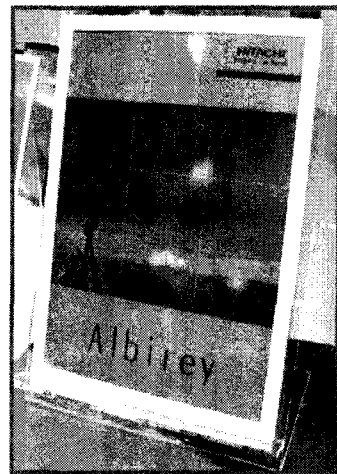
최근에는 히타치와 브리지스톤사가 합동으로 연구 개발한 13.1인치 대형 컬러 전자종이 디스플레이를 선보여 대형화와 컬러화의 가능성을 보여주고 있다.

독일의 지멘스사에서 선보인 e파피루스 전자신문은 무선으로 데이터를 전송받아 화면에 출력할 수 있어 실시간 업데이트가 가능한 신문으로서 이용될 전망이다.

IDtechEx에 의하면 2010년에는 충분한 flexibility와 디스플레이로서의 기능을 완전히 갖춘 전자종이가 대량생산체제에 접어들어 세계시장은 5.5 억불, 국내시장은 0.36 억불에 이를 것으로 예측하고 있다.



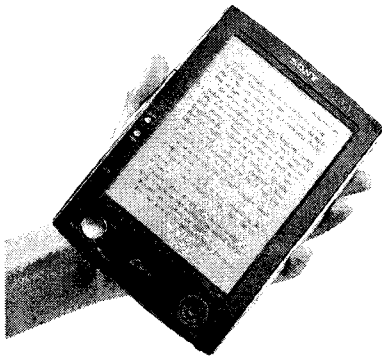
〈그림 6〉 지멘스사의 전자종이 신문 (상)과 필립스의 전자종이 (하)



〈그림 7〉 히타치와 브리지스톤사의 대형 컬러 전자종이



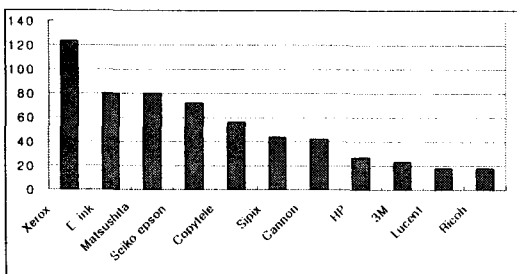
〈그림 8〉 세이코의 전자종이 손목시계



<그림 9> 소니의 전자북 리더

2.6.2. 전자종이 관련 특허 출원 현황

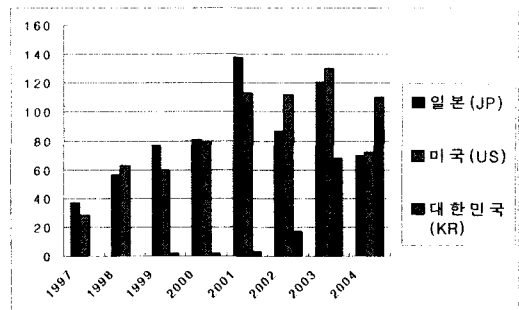
전자종이 관련 기술의 특허 출원은 2001년 이후 응용분야의 성장과 함께 급격히 증가하고 있는 추세이다. 특히 1997년도부터 2006년도까지 미국과 일본을 중심으로 특허 출원이 지속적으로 이루어지고 있다. 일본의 경우 2001년에 최대 138건, 미국의 경우 2003년에 최대 130건의 특허 출원을 한 것으로 나타났다. 국내의 경우에는 2002년도부터 외국 출원을 기초로 하는 우선권주장 출원이 급증하면서 2003년에는 68건, 2004년에는 110건으로 외국의 원천 기술이 국내에 진입하기 시작하면서 국내 출원인에 의한 출원도 증가하기 시작하였다.



<그림 10> 미국의 주요 출원인 특허출원 현황. 1997년~2006년까지 공개된 특허출원 건수

<그림 10>과 같이 주요출원인의 동향을 살펴

보면 미국의 경우 Xerox가 123건으로 가장 많은 출원을 하였고, E-Ink가 80건, Seiko Epson이 72건, Copytele이 56건, Sipix가 44건, Cannon이 42건 등의 순으로 나타났다. 일본의 경우에는 <그림 11>와 같다. Cannon이 72건으로 가장 많은 출원을 하였고, Seiko Epson이 52건, Toppan이 48건, Fujixerox가 35건 등의 순으로 나타났다.



<그림 11> 전자종이 관련 출원 연도별 특허출원동향. 1997년~2006년까지 공개된 특허출원 건수

또한 국내의 경우에는 Philips가 62건, Seiko Epson이 51건, LG 전자가 27건, Sipix가 13건, 한국전자통신연구원이 6건, 3M이 6건, LG Philips LCD가 5건, E-ink가 5건, Bridgestone이 3건 등의 순으로 국내 출원인에 의한 출원도 2002년 이후 꾸준히 증가하고 있는 추세를 보이고 있다.

III. 결론

종이를 대체할 꿈의 표시소자인 전자종이의 원리와 기술 개발 현황 및 활용에 대해 알아보았다.

전자 종이는 기존 액정 디스플레이에 비해 최대 1/10000의 소비전력을 가지고 있고 대형화가 비교적 간단하여 실용화 될 경우 기존 디스플레이

이 시장에 파장이 클 것으로 예상되고 있다.

한국의 디스플레이 산업 수준이 세계 최고 수준이며 세계적인 IT국가로 인정받고 있는 한국이 전자종이 산업까지 석권할 경우 한국 IT산업 및 기타 산업 전반에는 상당한 시너지 효과가 창출될 가능성이 높다. 전자종이 산업은 앞서 언급한 대로 문화산업과도 상당한 관계가 있으며 기타 IT산업과 각종 서비스 산업과도 상당한 연관을 갖게 될 것이기 때문이다.

따라서, 전자종이가 종이 및 기존 디스플레이를 대체할 수 있는 시장을 형성하기 위해서는 비용적인 문제 및 특허권의 확보가 매우 중요하며, 기술적인 측면에서는 동영상 구현을 위한 빠른 응답속도, 칼라 구현 및 낮은 구동전압의 문제를 해결할 수 있는 지속적인 기술 연구가 이루어져야 할 것이다.

Physics, 43, L1472 (2004)

[10] Monthly 'DISPLAY' TechnoTimes of Japan (2005)

[11] G. P. Crawford. *IEEE Spectrum*, 40 (2000)

참고문헌

- [1] P.W.H. Surguy et al., *IEE Review*. Nov. 249 (1993)
- [2] http://www.hackersnews.org/data/2003/09_1/0926_22.html
- [3] <http://www.nature.com/nsu/030505/030505-6.html>
- [4] B. Comisky et al., *Nature*, 394. 253 (1998)
- [5] J. A. Rogers et al., *Proc. Natl. Acad. Sci USA*. 98. 4835 (2001)
- [6] www.eink.com/news/releases December (2004)
- [7] 2nd USDC Flexible Display and Microelectronics Conference, February (2005)
- [8] <http://100.naver.com/100.php?id=776518>
- [9] A. Tagawa et al., *Japanese J. Applied*

Study Regarding Electronic Paper Technology

Doh-Gyun Kim* · Soon-Duk Kang**

Abstract

Electronic paper technology is technology make e- paper, and studying an electronic device is thin like a paper book, an electronic device having made so as to be able to feel as it is feeling of paper like paper newspaper/paper magazines etc. and papers, and crumple freely, or to be able to fold. While electronic paper substitutes for role of paper, a digital function has at the same time a lot of the acids which shall exceed to implement. Necessary, and the continuous researcher who can solve a problem of a fast answer speed for animation implementation, collar implementation and low drive voltage is important a security of a patent right preparing for new market formation, too very in order to form the market where electronic paper can substitute for papers and the existing display as indication elements of a dream, and shall be made to achieve a continuous technical researcher.

Key Words : Electronic Paper Technology, Electronic Device

* Professor, Division of Information Engineering, Kongju National University

** Professor, Division of Information Engineering, Kongju National University