

기술 특 집

Flexible Display 기술동향

김재훈 (한양대학교 전자전기컴퓨터공학부)

I. 들어가는 글

현재 우리는 정보화 시대에 살고 있다. 정보화 시대에 있어 무엇보다 중요한 것이 정보를 얼마나 효율적으로 전달할 수 있느냐 하는 것이다. 인간이 정보를 습득하는 방법은 오감(五感)을 이용하는 것인데 그 중 시각을 통한 정보 전달이 가장 효율적이라고 알려져 있다. 따라서 각종 정보를 시각적으로 표현해주는 디스플레이는 가장 중요한 정보기기라 할 수 있다. 과거에는 주로 CRT를 이용한 고착형 디스플레이를 이용해 정보를 표시하였으나, 현재는 LCD를 이용한 노트북 컴퓨터나, PDA 또는 휴대전화와 같이 통신과 결합된 휴대용 디스플레이가 널리 이용되고 있다. 즉 과거에는 일방향의 정보 전달 장치로 디스플레이가 이용되었으나 현재는 쌍방향의 정보전달을 가능하게 하는 핵심요소가 되고 있으며, 궁극적으로는 언제, 어디서든지 원하는 정보를 볼 수 있는 유비쿼터스 디스플레이(ubiquitous display)로 발전해가고 있는 추세이다. 그러나 기존의 평판 디스플레이는 유리기판을 이용하여 제작되고 있기 때문에 무겁고, 깨지기 쉬우며, 변형이 불가능하여 휴대용 디스플레이의 크기가 한정될 수밖에 없고, 따라서 진정한 의미의 유비쿼터스 디스플레이를 구현하는 것이 불가능하다. 이러한 문제점을 해결하기 위해 유리기판 대신에 플라스틱과 같은 유연한 기판을 이용하여 디스플레이를 제작함으로써 더 얇고, 더 가볍고, 깨지지 않으며 변형이 가능한 플렉시블 디스플레이(flexible display)를 개발하려는 연구가 활발히 진행되고 있다. 이러한 플렉시블 디스플레이는 단기적으로는 기존의 디스플

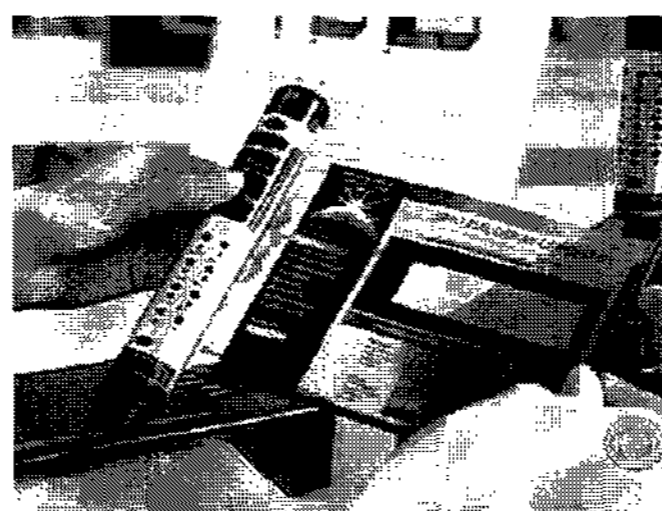
레이에 내구성을 부여하고 휴대성을 증대시킬 수 있는 방향으로 개발될 것이나 장기적으로는 전자종이, 입는 디스플레이(wearable display), 말 수 있는 디스플레이(rollable display) 등과 같이 새로운 시장을 개척함으로써 우리 생활의 일부로 확고히 자리잡을 것으로 예상되고 있다.

이 글에서는 차세대 디스플레이로 주목받고 있는 플렉시블 디스플레이에 사용되는 디스플레이 모드와 이를 이용한 제품의 개발 동향을 LCD를 중심으로 해서 소개하고자 한다.

II. 플렉시블 디스플레이 모드

선진국의 관련기술 개발동향을 살펴볼 때 플렉시블 디스플레이에 사용되는 모드로는 물질적인 측면에서 볼 때는 콜레스테릭 및 강유전성 액정, 그리고 액정과 고분자의 혼합계 등 액정을 이용한 방법과 유기 전기발광(EL) 물질을 이용한 방식, 그리고 전기영동 디스플레이(Electrophoretic display)와 같이 안료를 이용하는 방식으로 구분할 수 있다. 기술적인 접근 방법의 측면에서 볼 때는 '디스플레이로부터의 접근'과 '종이로부터의 접근'으로 구분된다. 액정 및 유기 EL 물질의 경우가 전자의 예라면, 안료를 이용한 방법은 후자에 속한다. 현재까지 개발된 각종 Display Mode의 기본적인 표시특성을 [표 1]에 정리하였다.

본 장에서는 각각의 디스플레이 모드에 대해 간략히 살펴 보았다.



[그림 1] 차세대 플렉시블 디스플레이의 예

[표 1] 디스플레이 모드별 성능비교

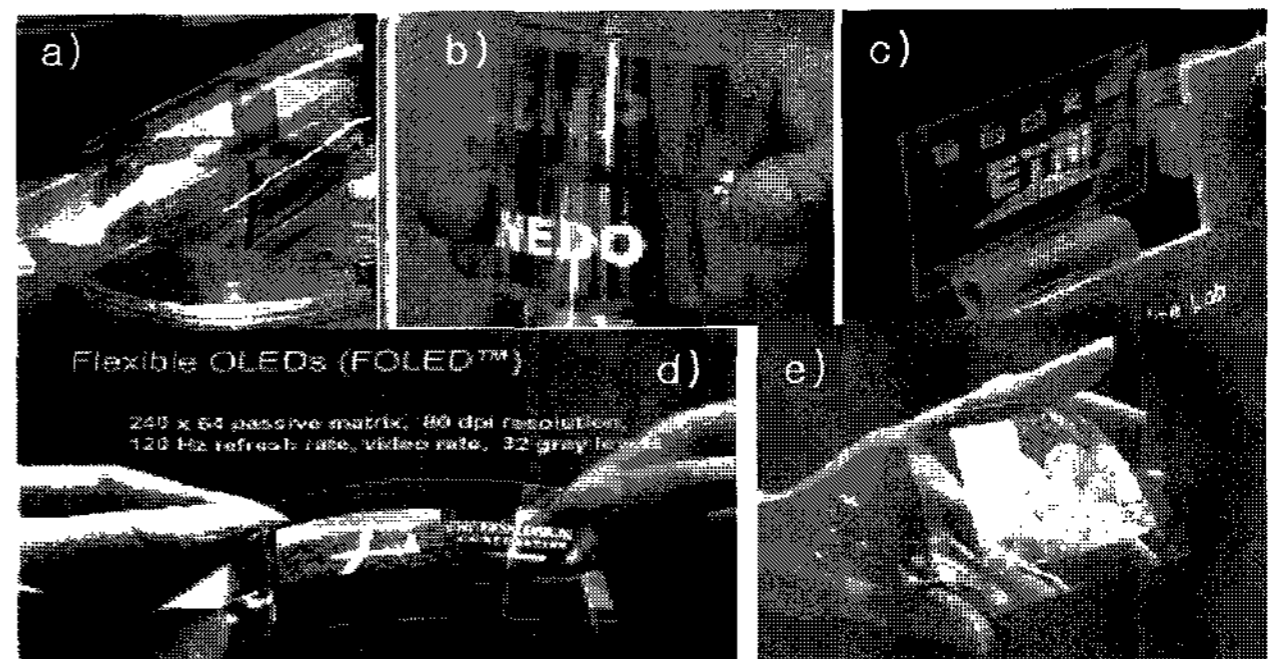
	콜레스테릭 LCD	전기영동 디스플레이	유기 EL
반사도	40 %	40 %	NA
Full color	○	△	○
응답속도	30-100 ms	100 ms	<1 ms
대비비	20-30 : 1	10-30 : 1	20-30 : 1
구동방식	수동	능동	능동
주요개발사	Kent Display	E-ink	Kodak

1. 유기 EL을 이용한 플렉시블 디스플레이

유기 EL 소자의 상용화를 위한 기술 개발은 최근 빠른 속도로 발전하고 있다. 기술적 한계로 상용화가 지연됐던 유기 EL 디스플레이는 올해 들어 연구개발 단계를 벗어나며 빠르게 상용화단계로 진입하고 있다. 이미 휴대형 초소형 정보단말기에 유기 EL 디스플레이가 적용되면서 세계적으로 개발 및 상용화 붐이 일고 있다.

플라스틱 기판 위에 유기 EL 디스플레이를 제작하는 방법은 크게 유기 저분자를 진공에서 가열해서 섀도우 마스크를 통해 적·청·녹색(RGB) 화소를 증착하는 방법, 고분자 용액을 잉크젯 프린팅(ink-jet printing), 스크린 프린팅(screen printing) 방법으로 인쇄하는 방법, 그리고 레이저를 이용하여 기판 위에 R·G·B 유기화합물을 열전사하는 방법(Laser induced thermal image, LITI) 등으로 구분할 수 있다. 이 방법들 중에서 차세대 플렉시블 디스플레이의 가장 큰 장점인 값싸고 대면적이 가능한 기술로는 증착 방법 보다는 프린팅이나 전사 방법이 유리할 것으로 예상된다. 그러나 아직 저분자를 진공 증착하는 방법이 가장 우수한 디스플레이 특성을 나타내고 있어 Pioneer, UDC, 삼성 SDI, LG 전자 등 많은 회사에서 이 방법을 사용하고 있다. Dupont, Philips 등은 고분자 용액을 이용한 잉크젯 프린팅 방법을 연구하고 있는데 잉크의 분산, 위치제어, 박막의 두께조절, 등 화학적, 물리적, 기계적 특성제어 등의 기술 개발이 필요하다. 삼성SDI와 3M이 같이 개발한 LITI 방법은 레이저 빔을 조사하여 발생하는 열에 의해 Donor 필름으로부터 기판 또는 유기 박막 위로 유기물을 전사하여 소자를 제작하는 기술이다. 전사시키는 Donor 필름의 형성 제어(흡착 및 탈착), 코팅필름박막의 두께 균일도 제어, 다층박막 제작 시에 적층 제어 등이 핵심기술이다. 향후 기술의 발전에 의하여 실온, 대면적에서 고분해능, 고해상도를 얻을 수 있다면 저가격 공정으로서 대량생산 측면에서 큰 장점을 가지게 될 것이다. [그림 2]에 플렉시블 유기 EL 디스플레이 시작품을 보였다.

이와 같이 유기 EL을 이용하여 종이처럼 말아서 갖고 다닐 수 있는 대형 디스플레이가 실용화되면 인터넷과 컴퓨터 산업에 큰 변화를 가져다 줄 것이다. 컴퓨터를 잡지처럼 주머니에 넣고 다니며 언제 어디서나 편리하게 인터넷에 접속하여 정보를 주고받을 수 있게 될 것이기 때문이다.



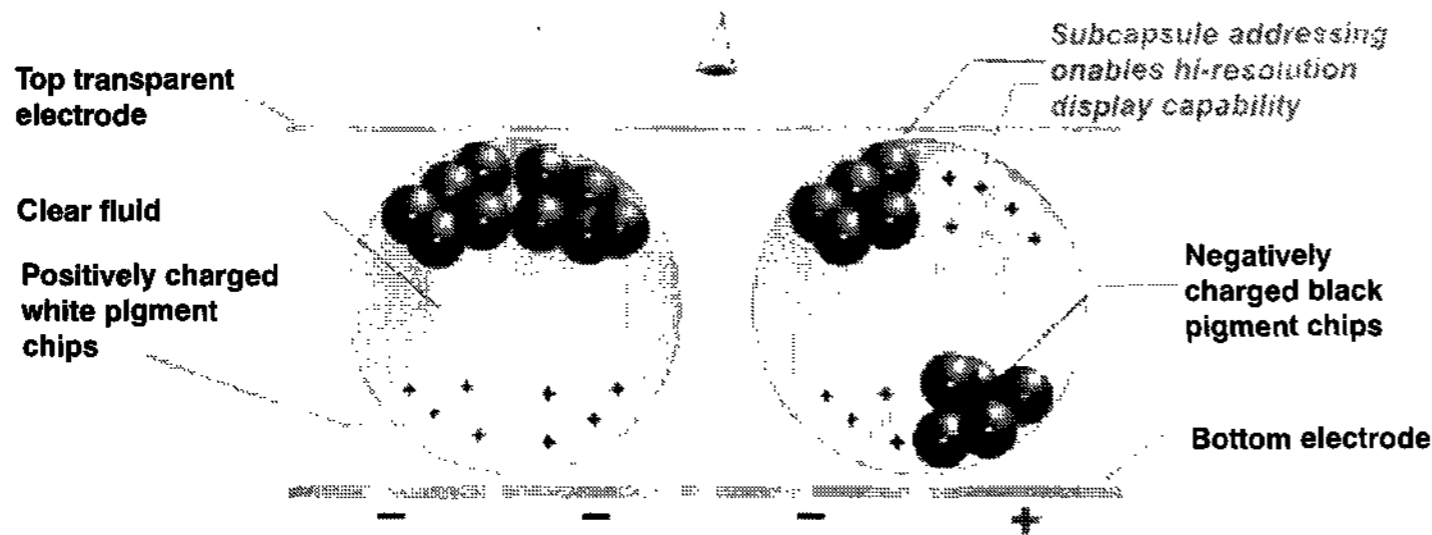
[그림 2] 다양한 플렉시블 유기 EL 디스플레이의 시작품 :
 a) PM-PLED(Dupont, 2001. 5), b) 스크린 프린팅 방법을 이용한 PM-OLED(DNP, 2001. 4), c) PM-OLED(ETRI, 2000. 10), d) PM-OLED(UDC, 2002. 10), e) Full color PM-OLED(Pioneer, 2003. 5)

2. 안료를 이용한 플렉시블 디스플레이

안료를 이용한 플렉시블 디스플레이의 개발은 종이로부터의 접근의 대표적인 예로 종이에 글을 쓰거나 프린터를 이용하여 종이에 인쇄하는 것을 생각해 보면 쉽게 이해할 수 있다. 프린트를 하는 경우 흰색 종이에 검은 색의 잉크가 '뿌려'진다. 따라서 전기적으로 마음대로 움직일 수 있는 흑/백 잉크가 있어서 쓰고 지우기를 할 수 있다면 디스플레이를 구현할 수가 있다. 이를 구현하는 방법으로는 Twist Ball, 전기영동 디스플레이(Electro-phoretic Display) 및 REED(Reverse Emulsion Electro-phoretic Display) 등의 기술이 있는데, 본 장에서는 현재 상업화에 가장 근접해 있는 캡슐형 전기영동 디스플레이에 대해서 알아보겠다.

캡슐형 전기영동법은 1996년 미국 MIT Media Lab.에서 분리되어 설립된 E-Ink사가 개발한 방법으로 [그림 3]과 같이 특정한 전하를 가진 특정색의 잉크 미립자와 반대 전하를 띤 다른 색의 잉크 미립자(혹은 색을 띤 유전유체) 및 투명 유전 유체를 담은 지름 100-200 μm의 투명한 마이크로캡슐을 이용한 것이다. 이들 마이크로캡슐을 바인더와 혼합하여 상, 하부 투명전극 사이에 위치시키고 전압을 인가하여 동작시키는 데, 전기영동을 기본 동작원리로 한다. 즉, 양의 전압을 인가하면 음으로 대전된 미립자들이 표면으로 움직여 미립자의 색을 표시할 수 있으며, 음의 전압을 인가하면 미립자들이 반대로 움직여 유체의 색을 표시하는 원리이다. E-Ink사의 초기 디스플레이는 백색 반사율이 우수한

Cross-Section of Electronic-Ink Microcapsules



[그림 3] E-ink사의 전기영동 디스플레이 동작원리 및 이를 이용해 구현한 전자종이

TiO₂ 미립자에 청색 유체를 사용하여 청색 배경에 흰색 이미지를 구현하였으며, 현재에는 투명 유체에 양전하를 띤 백색 미립자와 음전하를 가진 흑색 미립자를 분산시킨 마이크로캡슐을 제조하여 흑/백 표시가 가능하다. 2000년에는 E-Ink사의 마이크로캡슐 전기영동 디스플레이 기술과 Lucent Technology사의 soft-lithography 방법을 결합한 유기트랜지스터 구동 전자 종이 기술이 발표되어 전자 종이 제조의 획기적인 전환점이 마련되었다 이는 가볍고, 얇고, 플렉시블한 디스플레이를 제조하기 위해 필수적인 사항으로, 제조에 있어서 상판(마이크로캡슐)과 하판(트랜지스터) 모두 대량 생산이 용이한 프린팅 기술을 이용함으로써 저가의 디스플레이 제조에 크게 기여할 수 있다. 마이크로캡슐 전기영동 디스플레이는 우선 종이 질감에 가장 가까운 특성과 시인성이 우수하다. 또한 구동전압의 조절에 의해서 그레이스케일의 표현이 가능하다. 또한 약 천만번의 사이클에도 안정적인 동작을 보이는 것으로 보고되어 있다. 그러나 응답속도가 약 100ms으로 동영상 구현에는 많은 개선이 필요하며 이를 위해 마이크로캡슐의 소형화에 의해서 개선하려는 연구가 진행 중이다. 또한 컬러 필터를 이용하여 컬러 표시가 가능한 소자의 제조가 연구 중이다.

이외에도 종이로부터의 접근방법은 산화/환원반응에 따른 화학물질의 색 변화를 이용하는 Electro-chromic 방식, Sony에서 개발한 전기화학반응을 통한 Ag의 용해와 석출을 이용하는 Electro-deposition 방식과 마찰대전형 Toner 방식의 표시소자 등이 있다.

3. 액정을 이용한 플렉시블 디스플레이

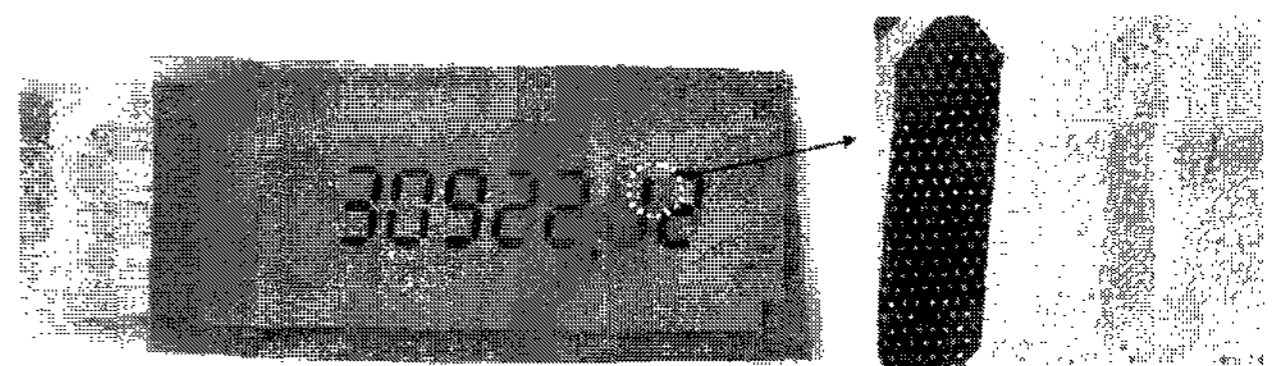
액정 디스플레이 모드인 경우 지난 30년간 LCD의 상업화를 위한 연구를 통해 확립된 장시간사용에 대한 신뢰성 및 안정성, 넓은 온도 범위, 상용성의 확보 및 생산능력 등과 같이 다른 기술 또는 물질을 이용한 디스플레이에서는 찾아보기 힘든 장점을 가지고 있기 때문에 차세대 플렉시블 디스플레이 모드로 각광을 받고 있다.

액정을 이용한 플렉시블 디스플레이 모드는 크게 dynamic 및 memory 모드로 구분하거나 반사형 및 투과형 모드로 구분한다. 대부분의 memory 모드는 전원이 차단된 상태에서 화면을 유지하는 쌍안정 특성을 이용한 것으로 주로 반사형 모드로 개발이 되고 있다. 콜레스테릭 액정을 이용한 것이 대표적인 예이다. 동영상을 표시할 수 있는 dynamic

모드의 경우 투과형 모드 위주로 개발되고 있는데 액정과 고분자의 혼합계를 이용한 개발이 주류를 이루고 있다. 최근에는 dynamic 모드와 memory 모드의 동시 구현이 가능한 모드가 국내의 연구진에 의해 개발되어 많은 주목을 받고 있다. 그러나 액정의 경우 액체와 고체의 특성을 동시에 가지고 있기 때문에 어떠한 모드를 적용하더라도 꼭 필요한 것은 plastic 기판에서의 안정성 확보이다. 기존 LCD는 유리기판을 사용하여 액정의 액체적 특성에 의해 크게 영향을 받지 않았지만 플렉시블한 플라스틱 기판을 사용하는 경우에는 이러한 특성에 크게 영향을 받게 된다. 따라서 무엇보다 안정성 있는 모드의 개발이 절실히 요청된다.

모드 안정성 실현을 위해 현재까지 가장 널리 이용되는 기술은 기존의 유리 기판의 경우와 마찬가지로 ball spacer의 산포 및 rigid spacer의 형성이다. 이 방법을 이용하여 일본의 Sharp사와 국내의 Softpixel사는 휴대전화용 STN-LCD를 개발하였고, 독일의 한 대학에서는 [그림 4]와 같이 강유전성 액정과 rigid spacer를 이용한 플라스틱 디스플레이를 개발한 바 있다.

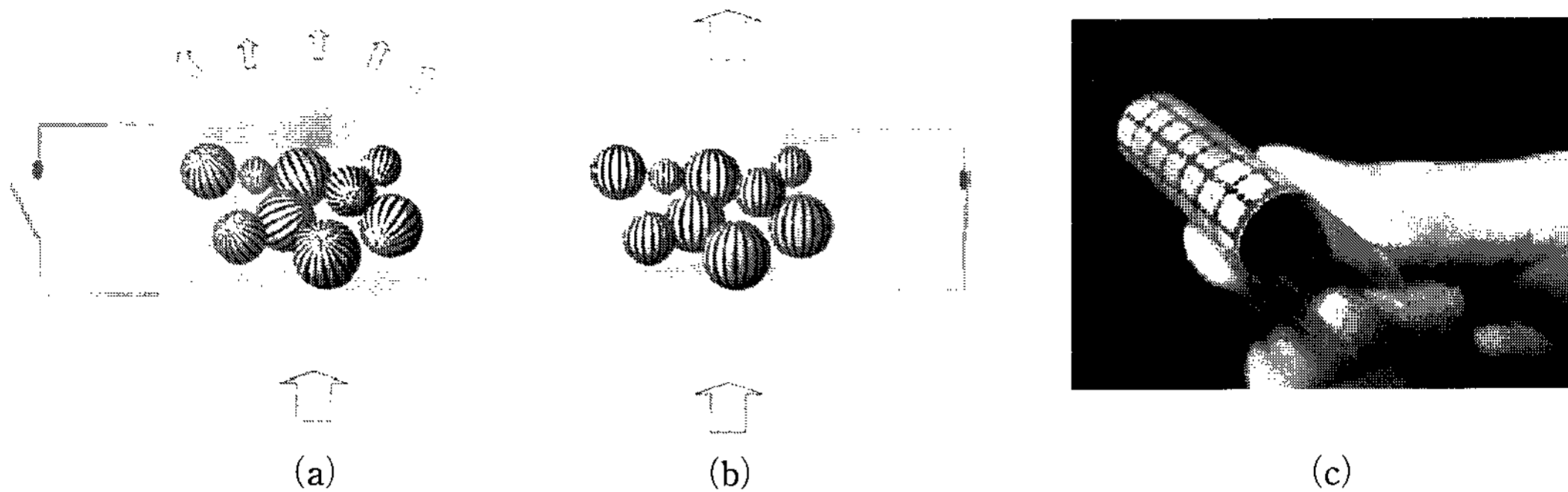
그러나 이러한 방법을 통해서는 고정세화 대면적의 LCD를 제작하는 것이 불가능하므로 새로운 안정화 구조에 대한 연구가 활발히 수행되고 있다. 현재는 고분자와 액정의 복합계를 이용한 안정화 구조가 널리 연구되고 있는데, 그 중에서 액정과 고분자의 복합체인 PDLC(Polymer dispersed liquid crystal)의 경우 [그림 5]와 같이 수-수십 um의 액정방울들이 고분자에 분산된 필름 형태로, 1980년 중반 미국의 Kent State University에서 처음 제안된 이후 많은 관심과 연구가 행해져 오고 있다. PDLC 디스플레이는 액정과 고분자의 굴절률차를 이용한 산란형 디스플레이로 편광자가 필요 없이 광투과를 조절할 수 있으며, 구형, 타원형 등 액정방울의 형태, 방울 내 액정분자의 구조, 강유전성 액정(FLC) 등 다양한 액정상, 고분자 중합반응방법을 달리한



[그림 4] Rigid spacer와 표면 안정화 강유전성 액정을 이용해 구현한 플라스틱 LCD.

여러 가지 상분리방법 등 여러 가지 조합에 의해 다양한 동작특성을 얻을 수 있다는 장점이 있다. 특히 PDLC에서 고분자 matrix는 단단한 substrate 역할을 하고 있어 내충격성이 크며, 대면적, 플렉시블 디스플레이에 응용가능성이 있다. 그러나 높은 구동전압, 느린 응답속도 및 낮은 대비비 등은 차세대 디스플레이에의 적용에 큰 걸림돌이 되고 있다. 최근에는 FLC와 고분자를 이용하여 FLC의 장점인 빠른 응답속도, 광 시야각 등 동영상디스플레이모드로서의 장점을 유지하면서, FLC 모드의 단점인 층구조에 의한 배향 불안

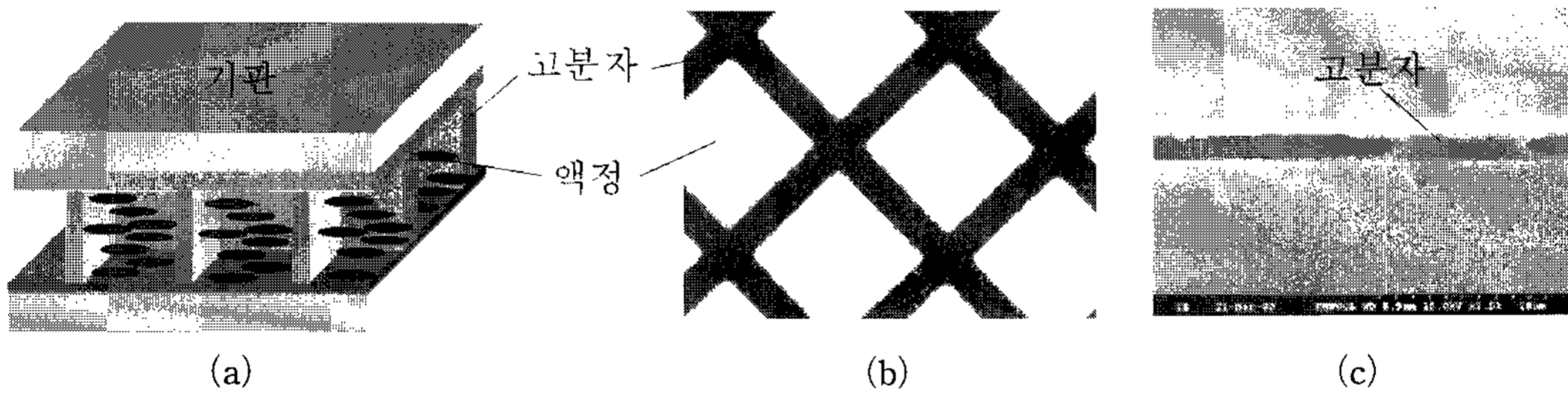
정성, zig-zag 결함문제등을 해결하고자 하는 시도가 있었으나, 이 역시 높은 구동 전압 그리고 계조표시 미흡 등의 문제점을 가지고 있다. 또한 기존의 PDLC의 경우, 액정과 고분자를 섞은 후 적당한 상분리 조건에 의해 형성되므로 액정방울의 크기나 구조, 위치 등을 조절할 수 없어, 기판 전체에 고른 광학적 특성과 조절이 불가능하다. 그래서 현재 switchable window 등에는 이용가능하나, 고정세 디스플레이에의 응용에는 문제점이 있다.



[그림 5] PDLC의 구동원리 (a) 전기장을 인가하지 않았을 때의 산란모드, (b) 전기장을 인가하였을 때의 투과모드, (c) PDLC를 이용해 구현한 플렉시블 디스플레이

이러한 문제점을 해결하기 위해 최근 21세기 프론티어 사업의 하나인 차세대 디스플레이 개발사업의 지원을 받아 본인의 연구실에서는 화소고립화 액정(pixel-isolated LC: PILC) 모드를 개발 중에 있다. 본 방법은 [그림 6]과 같이 UV 및 표면조건을 이용한 완전 비등방 상분리 방법을 개발하여 각 화소의 주변을 고분자층으로 둘러싸므로써 화소 내

부에 액정이 위치하게 한 것이다. 본 구조에서는 고분자층이 두 개의 plastic 기판을 지지함으로써 외부 충격이 가해지거나 기판이 휘더라도 화소안의 액정에는 영향을 미치지 않아 플라스틱 기판을 이용한 LCD의 제작에는 최적의 구조로 평가받고 있다.

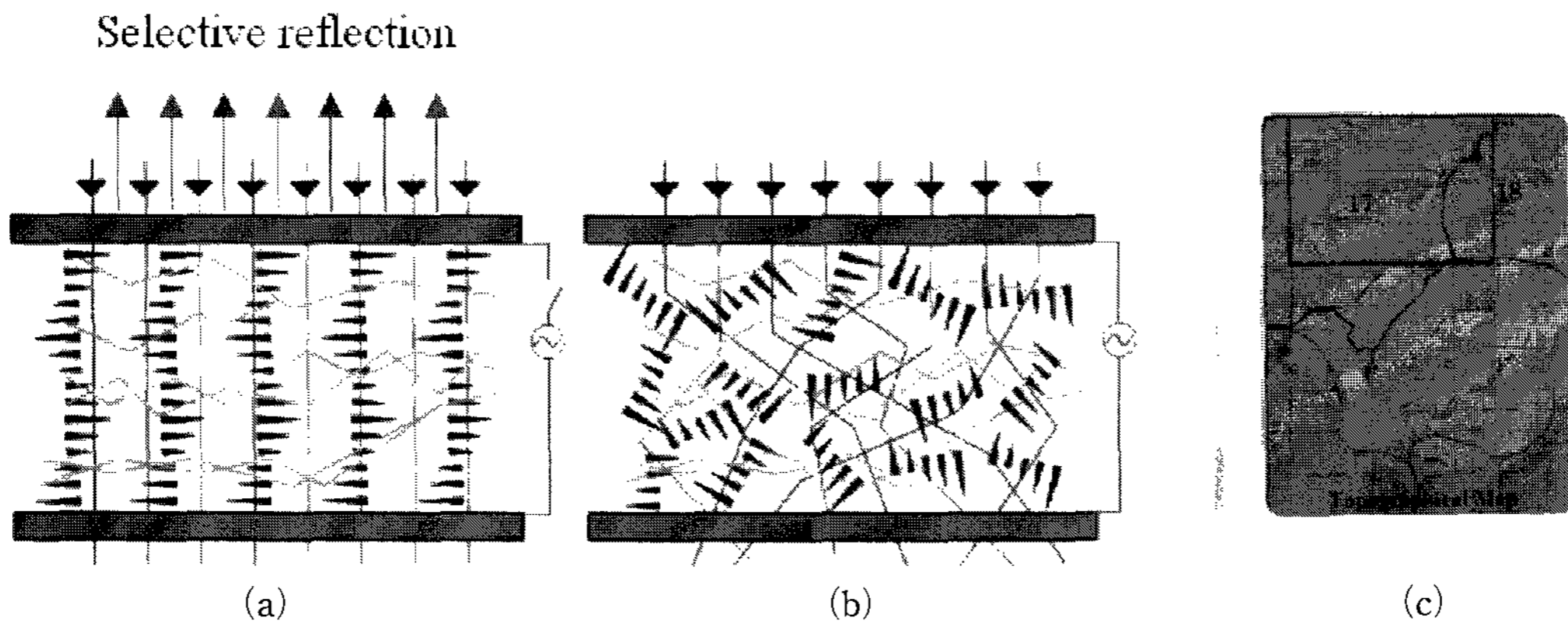


[그림 6] (a) PILC의 개념도, (b) 제작시편을 편광현미경에서 관찰한 결과, (c) 시편단면 SEM 사진

본 방법을 이용하면 한쪽면의 기판을 제거하는 것이 가능하기 때문에 paintable 디스플레이를 제작하는 것도 가능하다.

쌍안정 특성을 이용한 memory 모드는 콜레스테릭 액정을 이용한 고분자 안정화 콜레스테릭 액정(Polymer Stabilized Cholesteric Texture: PSCT) 모드가 가장 널리 연구되고 있다. PSCT 모드는 반사형 플렉시블 LCD에 적용할 목적으로 개발되었는데 기본 동작원리는 [그림 7]과 같다. 즉 planar texture에서의 선택반사를 bright 상태로, focal conic texture의 산란을 Dark 상태로 사용하는 것으로, 그 광학특성은 물론 양산성도 우수하여 전자책용에 가장

유망한 모드로 알려져 있다. 아직까지는 고해상도의 실현이 불가능하고 full-color의 구현이 힘들며 구동전압이 높을 뿐만 아니라, planar texture와 focal conic texture간의 전이를 위해서는 reset pulse를 인가해 수직배향 상태를 거쳐야 하기 때문에 복잡한 구동파형이 요구된다는 단점이 있어 간단한 디스플레이에만 적용되고 있다. 그러나 이론적으로 영구 메모리가 가능하여 이미지의 변화 시에만 전압을 인가하면 되기 때문에 전력소모가 매우 적고, 별도의 편광판이 필요 없으며 컬러 필터 없이도 색구현이 가능하다는 점에서 휴대용 플렉시블 디스플레이로의 응용이 크게 기대되고 있다.



[그림 7] PSCT의 동작원리 (a) 전기장을 인가하지 않았을 때의 선택반사 모드, (b) 전기장을 인가하였을 때의 산란모드, (c) PSCT를 이용해 제작한 전자책

III. 플렉시블 디스플레이 시장 및 업체 동향

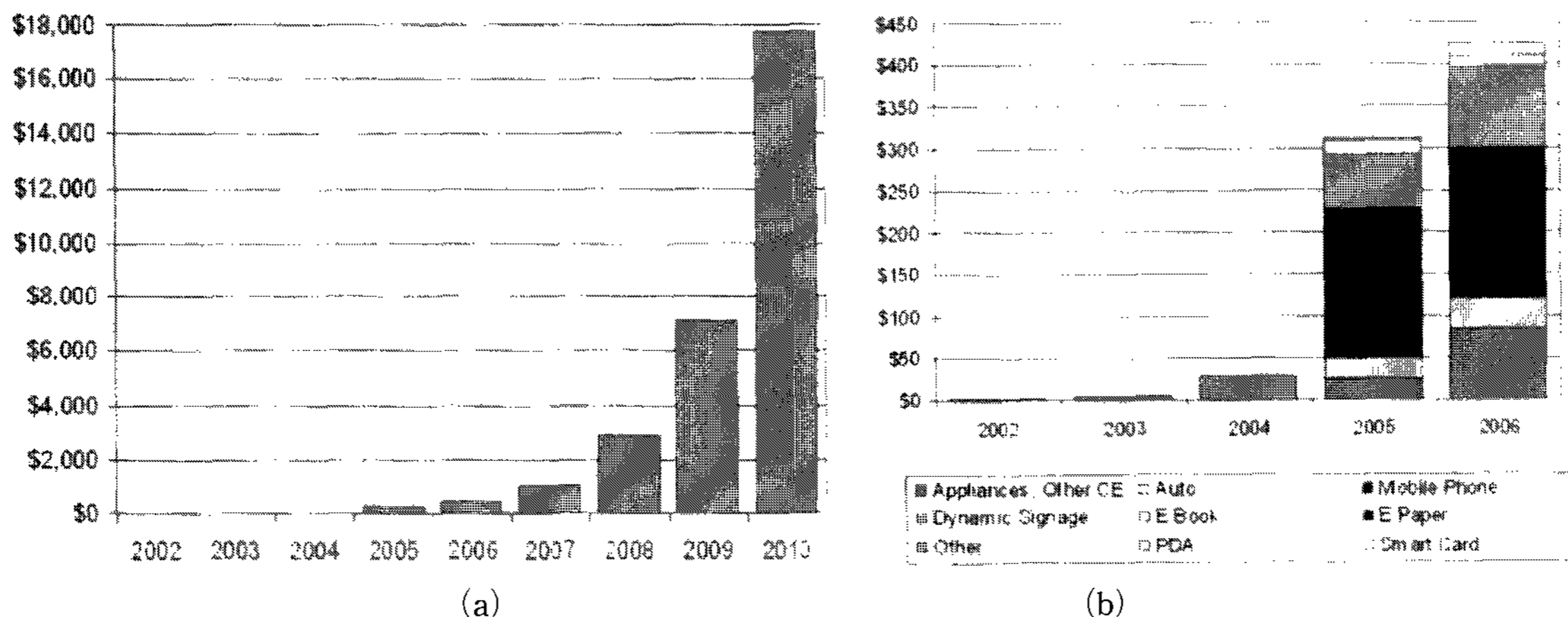
플렉시블 디스플레이가 실제 완제품에 적용할 수 있는 단계로 진입하면서 그 시장의 규모도 점차 커지고 있으며, 2010년도에는 180억불에 이를 정도로 확대될 것으로 예측되고 있다([그림 8] 참조). 곡선형태의 플렉시블 디스플레이는 가전기기를 비롯해 자동차, 휴대전화와 동적인 전광판, 전자북 및 종이, PDA, 그리고 스마트카드 등 광범위한 영역에 사용될 전망이다. 그러나 2006년까지는 주로 휴대전화에 적용될 것으로 예측되고 있다([그림 8] 참조).

그러나 아직까지 풀 컬러, 능동 매트릭스 구동 및 고해상도 디스플레이를 구현하기에는 어려움이 있어 언제 그 시장이 본격적으로 열릴 지를 예측하기는 매우 어려운 상황이나 많은 업체들이 성능 향상을 위해 노력하고 있기 때문에 좋은 결과가 있을 것으로 기대된다. 다음은 대표적인 플렉시블 디스플레이 생산업체의 동향에 대해 알아본 것이다.

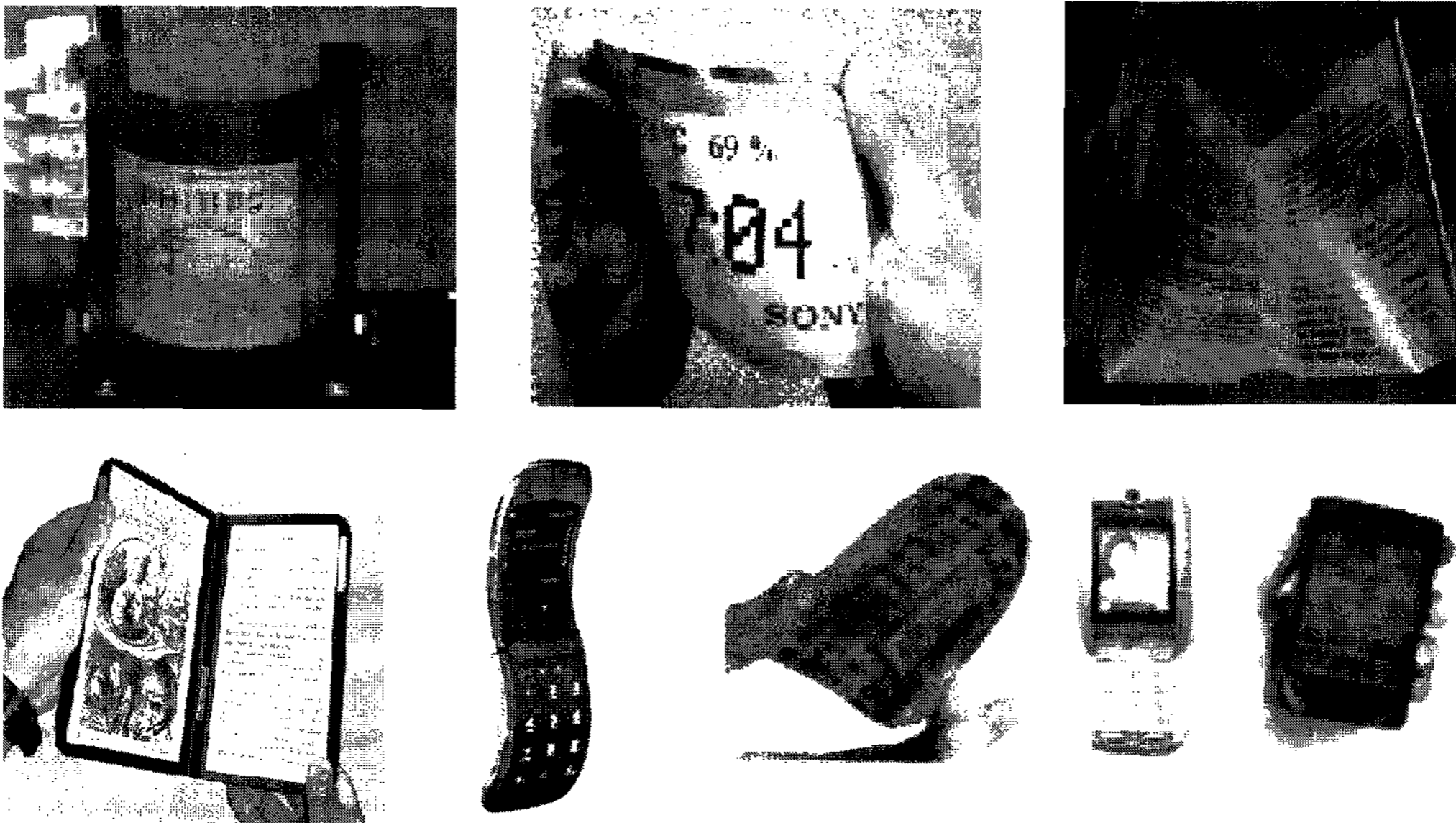
Philips는 플라스틱 디스플레이 분야에서 가장 오랫동안 연구개발을 해온 기업으로 CDT와의 기술 라이선싱을 통한 폴리머 유기 EL을 비롯해 E-ink에의 투자와 제작 참여로

습득한 전기영동 디스플레이와 관련해 최근 사업을 확장하고 있다. Philips는 플라스틱 기판을 이용한 각종 디스플레이 모드의 개발에 필요한 관련 기술을 보유하고 있다. 1996년에는 플라스틱 LCD용 박막 다이오드, 플라스틱 기판 위에 poly-Si TFT를 제작하는 기술 등을 발표하였으며, 2001년에는 반사형 PDLC용 TFT 제작기술을 발표한 데 이어 64×64 픽셀의 유기 TFT 구동 LCD 및 E-Ink와 협력하여 플렉시블 전기영동 디스플레이 시제품을 내놓는 등 활발한 연구를 수행하고 있다. 이와 같이 Philips는 기판, 구동소자, 공정 및 디스플레이 기술 분야에서 플렉시블 디스플레이 사용 방안에 대해 다양한 접근을 하고 있다.

Dupont 디스플레이는 2000년에 플렉시블 디스플레이 기술 개발을 위한 형태를 갖추기 시작했다. CDT의 폴리머 유기 EL에 대한 라이선스를 보유한 Dupont 디스플레이의 모회사인 Dupont은 플라스틱 사업에서의 긴 역사를 바탕으로 플렉시블 디스플레이에 관한 다양한 기술을 제공하고 있다. 여기에는 기판 재료, 장비, 유기전자와 유기 EL 디스플레이 등이 포함된다. Dupont 디스플레이는 플라스틱 기판을 이용하여 1.5 인치급의 80×48과 96×64 픽셀의 수동구동형 폴리머 유기 EL 디스플레이를 선보였고 최근에는 2인치급의 64×64 능동구동형 유기 EL 디스플레이도 내놓았다.



[그림 8] (a) 플렉시블 디스플레이 시장예측, (b) 용도별 분류 (단위: 백만불, 출처: iSuppli)



[그림 9] 다양한 플렉시블 디스플레이 시작품

Dupont은 재료에서부터 기판, 모듈에 이르기까지 플라스틱 디스플레이에 관한 전반적인 연구를 하고 있으며, 이를 바탕으로 2007년경 플렉시블 유기 EL 디스플레이 제품을 출시할 예정이다.

플라스틱 LCD 분야에 가장 오랜 역사를 가지고 있는 Sharp는 휴대 전화용 플라스틱 LCD 패널을 생산판매하고 있다. 동급 유리기판을 이용한 제품에 비해 2배 이상의 가격인 이 플라스틱 LCD는 아직 인기가 높은 편은 아니지만, 가볍고 내구성이 강하기 때문에 시장에서 많은 관심을 불러일으키고 있다. 국내에서도 SoftPixel이라는 벤처회사에서 플라스틱 LCD를 생산하고 있다. 그러나 현재 휴대전화 시장의 대부분을 컬러형 능동 디스플레이가 차지하고 있기 때문에 단색 TN-LCD는 별로 인기를 끌고 있지 않다. 따라서 Sharp 등은 좀 더 정교하고 full color가 가능한 플라스틱 LCD의 생산을 준비하고 있다.

Toshiba와 Matsushida는 2002년에 합작회사를 설립하여 플렉시블 LCD를 개발하기 위한 연구를 하고 있다. 그 결과 획이 가능한 8.4 인치의 SVGA급 저온 p-Si TFT-LCD를 2002년에 발표하였다. 이 제품은 플라스틱 대신 얇은 연성 유리 기판(두께 100 μm)을 채택하고 있는데 반경 20cm 내에서 뒤틀림이 가능하다. Toshiba-Matsushida의 시제품은 뒤틀림만 가능하였지만 궁극적인 목표는 접을 수 있는 제품을 생산하는 것이다. 현재 플라스틱 기반 디스플레이에 대한 연구가 진행 중이지만 아직 정확한 상품화 계획은 발표된 바 없다.

프린팅 분야에서 기술을 보유하고 있는 DNP(Dai Nippon Printing)도 평판 디스플레이 산업에 뛰어들어, roll-to-roll 기술을 이용한 대각선 기준 1m에 달하는 플라스틱 기판을 이용한 풀리머 유기 EL 디스플레이를 개발하고 있다.

Kent Displays는 반사형 콜레스테릭 LCD를 상용화하기 위해 1993년에 설립됐다. 이 회사는 Kent State University에서 개발한 콜레스테릭 LCD 관련 특허를 이용하여 플라

스틱 기판을 이용한 반사형 LCD를 생산하고 있다. 현재 동작전압은 40V에 이르지만 빠른 시일 내에 20-25V까지 내려갈 것으로 확신하고 있다. Kent는 Matsushita에서 제조하고 있는 전자책을 통해 자사의 반사형 콜레스테릭 LCD 기술을 상용화하고 있다.

IV. 맺음 말

현재까지는 기존 디스플레이에서 유리기판을 플라스틱 기판으로 대체함으로써 가볍고 견고한 플렉시블 디스플레이를 구현하려는 시도가 주를 이루고 있다. 그러나 유리를 플라스틱으로 대체하는 것만으로는 다음과 같은 기술적, 경제·사회적 측면에서 야기될 문제를 해결하는데 한계가 있어 새로운 시장의 창출 및 개척에 어려움을 겪을 것으로 예상된다.

- 기술적 측면(dual 모드의 수용): 2010년대의 전유기 디스플레이는 그 응용범위가 현재의 개인용 컴퓨터나 TV에의 응용을 넘어 전자종이, 입는 컴퓨터, smart card, rollable 디스플레이 등 정보기기전반에 걸쳐 다양하게 이용될 것으로 예상되기 때문에 그 목적에 따라 dynamic 또는 memory 모드를 갖는 디스플레이가 개발될 것이다. 그러나 각각의 디스플레이가 서로 다른 디스플레이 모드로 구현될 경우(즉, dynamic 모드의 경우는 유기 EL, memory 모드의 경우는 LC) 제품의 생산과 기술개발에 있어 불필요한 중복 투자와 노력을 유발하여 상품화 측면에서 아주 중요한 문제를 야기할 수 있다. 따라서 미래의 플렉시블 디스플레이의 개발에 있어서 초창기부터 dynamic과 memory 모드를 모두 수용할 수 있는 즉 dual 모드를 구현할 수 있는 신모드 기술의 개발이 필요하다.

- 경제·사회적 측면(전력소비의 최소화): 전력소비를 최소화하는 것은 현재의 평판 디스플레이에 있어서도 해결해야 할 과제이지만 미래의 정보생활 패턴을 고려해 볼 때 플

렉시블 디스플레이의 성공여부를 가늠할 정도로 중요한 요소이다. 전력소비를 최소화 하는 것은 휴대성의 극대화뿐만 아니라 환경 및 국가경제에도 커다란 영향을 미친다. 한 연구결과에 따르면 1993년 미국에서 개인용 computer 한 가지 품목이 소비한 전력은 20억불에 이르고, 간접적으로 발생시킨 CO₂의 양도 자동차 5백만대 분에 해당된다. 이는 미국 전체 소비전력의 5%에 달하는 양이며, 2000년에는 10%에 이르고 있을 정도로 막대한 양으로 2010년경에는 이를 줄이기 위한 다양한 행정적 조치를 실시할 것으로 예상되고 있기 때문에 차세대 플렉시블 디스플레이의 개발에 있어 꼭 고려하여야 할 사항이다.

이와 같은 미래의 요구에 부응하기 위해서는 기존의 디스플레이 모드로는 불가능 했던 dynamic/memory 모드의 동시구현이 가능한 반사형/투과형 플렉시블 디스플레이를 개발하여야 하며, 더 나아가 고분자 배터리 등을 디스플레이 내부에 결합한 신개념의 hybrid display system의 개발이 필요하다.

그러나 아직까지 이러한 모든 특성을 만족시키는 플라스틱 기판을 이용한 상용화된 디스플레이는 전무한 실정으로 국내에서 이러한 기술이 개발된다면 미래에 예상되는 거대한 규모의 시장을 선점할 수 있을 뿐만 아니라 막대한 특허 이익을 얻을 수 있을 것으로 예상됨으로 국내 산·학·연의 적극적인 연구 참여가 요청된다.

참 고 문 헌

- [1] 김보성 등, "Flexible display 개발 현황과 향후 전망", 인포메이션 디스플레이 제3권 제5호 (2002).
- [2] "Coverstory-Flexible Display", Display Asia (2003).
- [3] S. Wu and D. Yang, "Reflective Liquid Crystal Displays", Wiley-SID Series in Display Technology (2001).
- [4] P. Drzaic, "Liquid Crystal Dispersions", World Scientific(1995).
- [5] 이창희 등, "차세대 디스플레이 기술: 종이와 같은 디스플레이", 물리학과 첨단기술 제12권 (2003).
- [6] www.e-ink.com
- [7] www.philips.com
- [8] www.dupont.com/displays
- [9] www.sharp-world.com
- [10] www.tmdisplay.com
- [11] www.kentdisplays.com