

Digital paper

- Thermal rewritable paper -

김영순 / 동국대학교 화학공학과 교수

서론

국제정보화시대의 도래와 컴퓨터 기술의 급속한 진전, 사용하기 쉬운 네트워크 환경의 급속한 보급 등 디지털 기술의 진보로 사무환경이 양적으로 크게 팽창하여, 컴퓨터를 생활 필수품화 하는 시대가 되었다. CRT, LCD 등의 TV 모니터나 컴퓨터 화면을 통한 정보는(soft copy라고 함) 컴퓨터와 네트워크에서 형성된 정보를 수시로 우리에게 전달해 준다. 지금까지 우리는 책이나 신문과 같이 손으로 만질 수 있는 정보전달 매체 즉, 신문이나 인쇄물(이를 hard copy 라고 함) 같은 자연스런 매개로 종이를 사용해왔다.

종이에 쓰여진 문장을 읽고 이해할 때 보통 손에 들어서 만지는 동작을 통해 두뇌의 활동을 활발케 하여 思考를 집중시키게 된다. 그러나 CRT 액정모니터와 같은 매체인 경우는 화면을 만지면서 문장을 읽고 줄을 칠 수는 없다.

일본 東海大學(Tokai University)의 Y.Takahashi 교수와 M. Omodani 교수등은 “활자책과 전자책은 얼마나 다른가” 라는 제목으로 실제 IQ (Intelligence Quotient) test한 결과(1)를 그림 1에 나타냈다.

그림 1에 나타난 바와 같이 IQ값에서는 hard copy쪽이 좋은 것으로 나타났다.

뇌파의 결과로부터도 표시매체에 의해 인간에 대한 기능차이를 알 수는 없지만 종지와 CRT에는 차이가 나타나고 있다.

따라서 종지와 같은 재료를 이용한 가역성 기록재(rewritable material)의 연구가 필요하게 되고 rewritable 재료를 이용한 digital paper 재료에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다. 그림 2에 digital paper 기술 영역(2,3)을 나타낸다.

전기신호로 된 Digital 정보를 display에 의해 전달하는 soft copy는 주로 브라운관(CRT)나 액정디스플레이(LCD)를 이용하므로 발광 광원 화상을 보는 것으로, 반사광으로 생활해온 인류에게는 친숙하

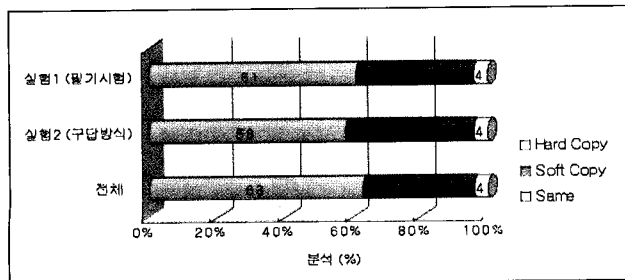


그림 1 IQ값에 의한 비교(Paper-CRT)

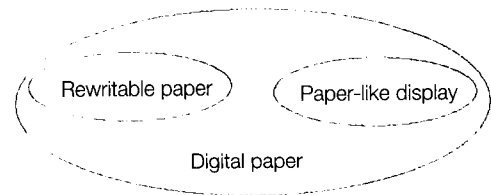


그림 2 Digital paper의 기술 영역

지 않다. 편리하지만 컴퓨터나 TV화면 같은 모니터를 하게되고 조금 긴 문장이나 설명이 필요한 경우 바로 프린터로 hard copy를 만들어 읽게된다. 사무실 작업자의 건강에 관한 보고를 보아도 [눈의 피로, 가려움증]이 가장 많게 79.6%, [시력저하] 48.2%, [어깨, 팔, 손저림, [신경의 피로]의 순이다.

따라서 활자책이 우리 인간의 뇌 활동을 활발히 하는 결과를 나타내므로 장시간 컴퓨터 앞에 앉아 있는 것 보다 종기와 같은 재료의 개발이 요구된다.

Digital Paper의 목표

그림 2와 같은 digital paper를 만족하기 위하여 기본기능에 있어서 인쇄물 수준의 기록이 가능해야하고, 종이처럼 추가기록이 가능해야하고, 현재와 같은 40화음시대에 칼라로 표현이 가능해야한다. 또한 종이처럼 가볍고 접을 수 있으려면 박막으로 위와 같은 기능성을 가진과 동시에 재기록이 가능하고, 상 보존성이 가능한 digital paper를 목표로 개발해야 한다.

현재 사용하고 있는 rewritable 이란 hard copy 개념의 연장이고, paper-like display 란 soft copy의 연장으로 모두 digital paper를 뜻하며 통합적인 의미를 나타낸다. digital paper의 형태4)로는

- ① 현재 사용하고 있는 LCD와 같이 직접 재기록 가능한 기능을 갖는 것
- ② 열가역성(thermal rewritable)과 같은 재기록기능은 별도인 것
- ③ 자신이 재기록 기능을 갖지않아 표시부에 그 기능을 시스템화 시킨것

으로 나눌수 있다. 표 1에 digital paper를 포함한 재기록 가능한 재료를 정리하였다. 표시소자(Device)

표 1. Rewritable 재료의 종류⁵⁾

기록원리		주요재료	기록 에너지	
물리변화	분자성	광학이방성	Cholesteric LC/광전도성 積層 네미틱 액정 고분자 強誘電性 液晶	광/전압 전압 전압
		염료분자배향	2색성염료 · 액정분산	전압/열
	광산란/상변화	투명백탁형 (고분자/저분자형)	열	
	입자성	입자이동	microcapsule 전기영동 액체토너전기영동 분체토너 이동	전압 전압 전압
입자회전		트위스트볼	전압	
화학변화	분자	發消色/相變化 Leuco dye ↔ dye	열/광	

* 北村 孝司, "Digital Paper서론, 신 Imaging 기술의 창조,일본고분자학회 2001년도 인쇄정보기록표시연구회강연요지집

들은 장치가 커질뿐만 아니라 종기와 같은 편리성이 감소하게 되므로 ②의 재기록 기능성을 갖는 재료로 에너지를 따로 주지 않아도 화상 기록이 되고 기록된 화상도 따로 에너지를 주지 않아도 유지되고 다시 에너지를 주면 가시화상이 소거되어 반복 사용이 가능한 재기록 재료 즉 rewritable 재료가 된다. 이 재료를 이용한 종이인 digital paper에 대한 연구가 활발히 진행되고 있으므로 이에 대한 기술을 소개한다.

Rewritable 재료의 개발

물리적인 변화를 이용한 가역 재료⁶⁾

① 고분자 / 저분자수지형

그림 3에서 온도를 Tm으로 서서히 올리면 유기저분자인 BA (Behenic 결정)은 서서히 팽창한후(상태 B) 온

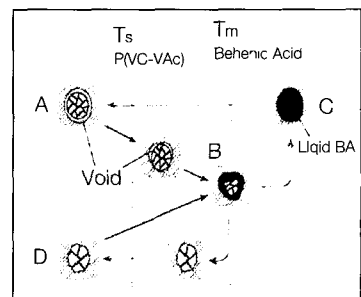
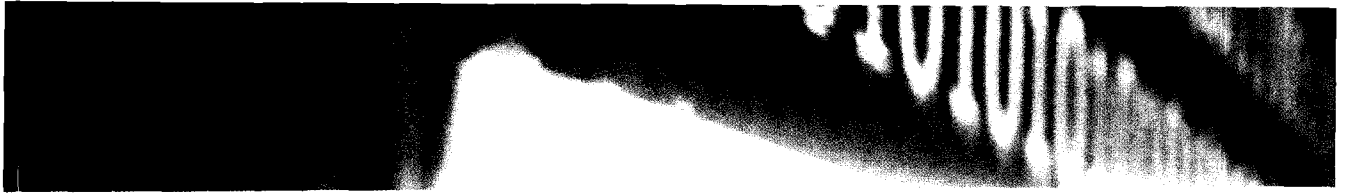


그림 3 열가역성 재료의 가역시스템



도를 낮추면 상태 D가 되고 투명상태 A가 된다. 그러나 Tm이상의 온도로 올린후(상태C) 온도를 급냉시키면 상태 A가 되어 흰색을 띄게 된다.

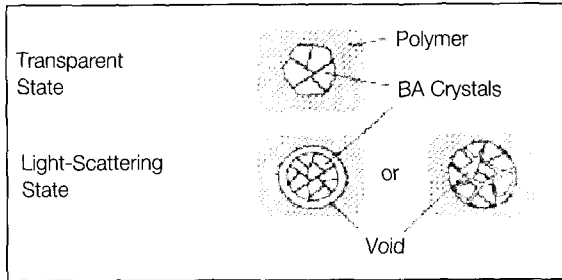


그림 4 유기저분자의 백탁 투명 상태에 대한 개략도

기록전 상태는 고분자와 BA사이의 틈이 없어서 투명하게 보이나 기록한후 온도를 낮추면 유기저분자인 BA와 고분자 사이에 틈(void)이 생겨 빛이 산란되어 백탁상태로 보이므로 화상 정보를 기록할수 있게된다. 다시 온도를 올리면 투명한상태로 돌아오므로 가역성(rewritable)재료가 된다.

박막제조과정을 그림 5 에 나타낸다.

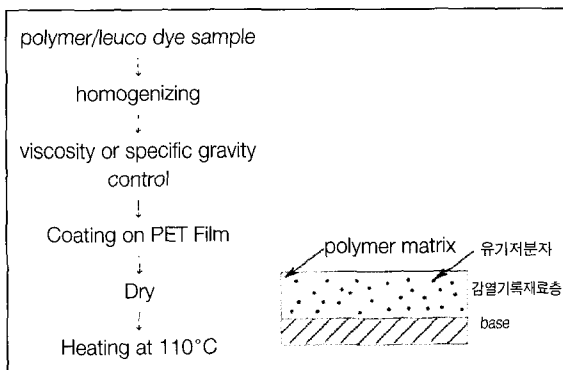


그림 5 박막제조과정



a) 기록전-투명상태

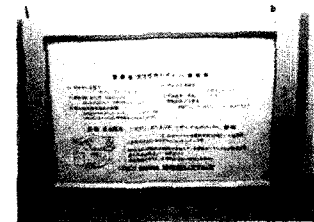
b) 기록후-백탁상태

그림 6 고분자/저분자 수지형 재료의 TEM사진 비교

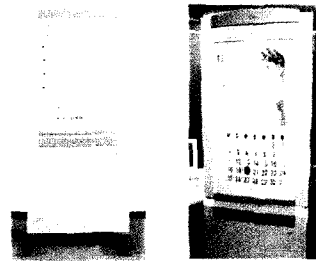
만든 시료의 TEM사진으로 확인해보면 그림 5에 나타난바와 같이 크기에 현격한 차이를 나타내고, 열처리를 하면 다시 투명한 상태가 되어 재기록이 가능한 재료가 된다. 현재 일본에서는 포인트카드를 비롯한 많은 곳에 digital paper를 사용하고 있다. 한국에서도 일부 주차장에서 사용되기 시작하고 있다.



(a) 포인트 카드



(b) 디스플레이



(c) 알림판

그림 7 digital paper의 응용사례

화학적 변화를 이용한 가역재료^{7,8)}

화학변화형은 leuco 염료의 가역성을 이용한 것으로 흑색, 청색 등 여러 가지 색을 선택할 수 있다는 것이

장점이다. 그림 8에서 lactone ring의 개열에 의해 발색하고 소색한다. crystal violet lactone은 열에 의해 leuco dye와 현색제(developer)를 혼합 용융하여 급냉하면 Leuco dye와 현색제(Dveloper)가 결합한 그대로 응집하여 발색상태가 고정된다. 또한 응집구조가 붕괴되어 현색분자가 단독으로 결정화하여

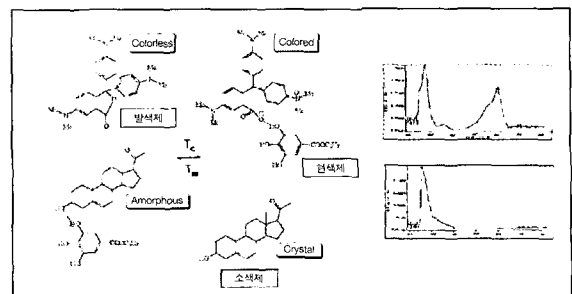


그림 8 Leuco dye를 이용한 rewritable 시스템

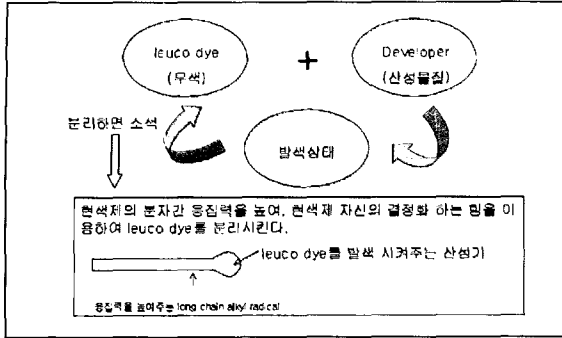


그림 9 가역발색성을 제어하기 위한 설계 예

leuco dye를 분리시키면 소색된다. 현색제의 분자간 응집력이 발색과 소색의 구동력이 된다.

그림 9에 가역발색성을 제어하기 위한 설계⁹⁾를 나타낸다. 이들 물질들은 마이크로 캡슐¹⁰⁾을 이용하여 발·소색을 조절할 수 있다.

맺는 말

현재 연구개발중인 전기영동 이동형 E-ink 등의 새로운 재료에 대한 이야기는 다음 기회로 미루고, 여기서는 현재 연구중인 열가역성 재료를 중심으로 간단히 정리하였다.

디지털 정보의 발원지인 컴퓨터와 인간과의 사이에서 생기는 많은 정보를 처리 저장하는 과정에서 digital paper의 필요성이 요구된다. digital paper라는 가능성을 가진 재료는 최근 10년 이내의 새로운

요구로 이에 대처하기 위해서는 21세기의 정보기술과 산업기술의 지속적인 발전이 요구되고 이를 뒷받침하는 기초 과학이 중요한 역할을 할 것이다. digital paper를 만들기 위해서는 가역성일 경우는 물리변화, 화학변화 하는 재료를 목적에 따라서 개발, 선택하면 rewritable 재료를 만들 수 있다. 새로운 재료의 개발이 사회를 바꿀것으로 기대된다.

[참고문헌]

- [1] Y.Takahashi, "Digital Imaging 기술개론", 제4회 전자사 진학회 NIP 기술강습회집, 1997, pp.1-4
- [2] M.Omodani, Digital Printing 기술의 최근의 동향 -Digital Printing 으로부터 digital paper 에 - 전자통신학회 기술연 구보고, EID91-160, 1998, pp.35-40
- [3] M.Omodani and Y.Takahashi, "Approach to Digital Paper", 2nd Japan-Korean Joint Symposium on Imaging Materials and Technologies proceeding, pp.65-68(2000)
- [4] M.Omodani, "Current Technologies for Digital Paper", C.M.C, pp.3-15, (2001)
- [5] M.Omodani, "Digital Paper 의 개념과 동향" 日本書像學 會誌, 128, pp.115-121(1999)
- [6] K.Tsutsui, "Rewritable Paper 의 개발", 2001년도 인쇄 · 정보기록 · 표시연구회강연요지집, 일본고분자학회, pp.37-41(2001)
- [7] M.Koshimizu, "전자종이의 형태와 효용" 일본화상학회 제1회 프론티어 세미나 강연요지집 pp.57-68,(2002)
- [8] K.Sano, "소거가능화상재료의 신 전개", 제50회 일본화 상학회 기술 강습회 要旨集, pp50-59(2000)
- [9] Hatori, "Development of Rewritable Paper Print System", 일본화상학회 제1회 프론티어 세미나 강연 要旨集 pp.48-56, (2002)

- [10] B.Kim and Y.S.Kim, "Preparation of Dye-Containing Microcapsules and Its Modification to Display Medium", 2nd Japan-Korean Joint Symposium on Imaging Materials and Technologies proceeding, pp69-72, (2000)

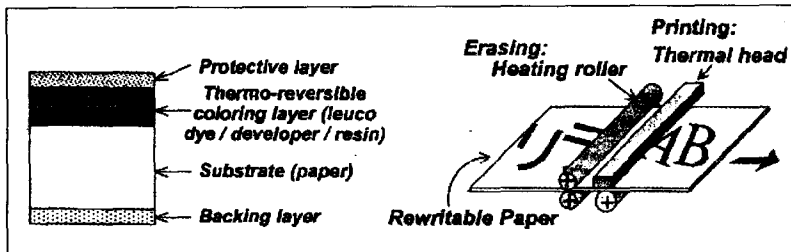


그림 10 rewritable paper의 구조와 소색방법