

# 液 晶 的 應 用

權 寧 世\*

韓國科學院 電氣 및 電子工學科

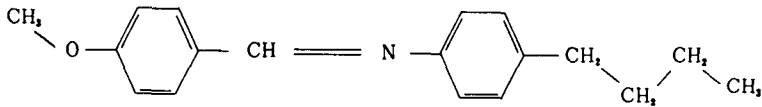
## 1. 序 論

액정은 1888년에 발견된 이래 극소수의 학자들 외에는 관심을 끌지 못했으나 1968년 미국 RCA 연구소의 Heilmeyer 팀에 의해서 액정의 DSM 효과<sup>[1]</sup>가 발견된 후, 우리들에게 무척 가까운 단어가 되었다. 최근 수년동안 소형표시기로 쓰이는 데 있어서 LED와 치열한 경쟁을 벌였는데, 근래에 닥쳐온 에너지 절약이라는 시대적 필요에 힘입어 요즘은 LED를 크게 압도하고 있다. 액정은 에너지가 적게 든다는 점 이외에도, 다른 물질들보다 훨씬 큰 electro-optic 효과를 갖고 있다는 또 하나의 큰 장점을 갖고 있다. 그러므로, 시계, 소형 전자계산기 등에 쓰이는 소형표시기의외에도, 光學컴퓨터에 쓰이는 素子,

TV用 소형 평판표시기(Flat Panel Display) 등의 연구가 활발히 진행되고 있다. 전기의외에도, 자기, 열, 압력등이 액정에 큰 영향을 준다. 이제 액정의 여러가지의 응용을 이해하기 위해서는 먼저 액정의 물리적 특성을 이해할 필요가 있다.

## 2. 液晶의 物理的 特性

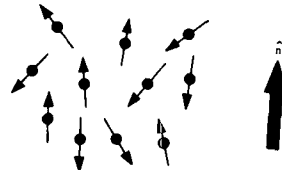
우리들은 물질에는 세가지의 相(고체, 액체, 기체)이 있다고 알아왔다. 그러나, 어떤 물질들은 온도를 올림에 따라 고체에서 액체로 바뀌는데 있어서 그사이에 또 하나의 새로운 相을 갖는다. 이 相은 액체와 고체의 양면성을 가지고 있으며 液體結晶(Liquid Crystal) 또는 줄여서 液晶이라고 불리운다. 이 液晶상태를 갖고 있는 물질들은 대개가 유기물질이며 그 구성분자들은



(a) N-(P-methoxybenzylidene)-P-butylaniline(MBBA)



(b)



(c) Director  $\hat{n}$

그림 1. 液 晶

직경이 약  $5\text{\AA}$  그리고 길이가 약  $20\text{\AA}$  의 크기를 갖는다. 액정들은 그 구성분자들의 나열상태에 따라 (1) 네마틱 (Nematic), (2) 스멕틱 (Smectic) 그리고 (3) 콜레스테릭 (Cholesteric) 의 세가지 종류로 나누어 진다. 그림 1(a)에 가장 잘 알려진 MBBA 의 분자구조식이 나타나 있다. MBBA 는 약  $20^{\circ}\text{C}$  와  $47^{\circ}\text{C}$  사이에서 네마틱 液晶의 相을 갖는다. 이 그림에서 볼수 있듯이, 液晶의 相을 가지려면 그 물질의 구성분자들은 다음의 세가지 조건들을 만족해야 한다. (1) 구성분자가 길어야 한다. (2) 구성분자가 그 긴 축을 따라 강해야 한다. (3) 분자간의 인력이 강해야 한다. 위의 조건들을 만족하는 분자들은 액정 상태에서 그림 1(b)와 같이 나열하게 된다. 이 그림에서 각분자들이 잣송이 모양으로 나타나 있다. 그림 1(c)는 그림 1(b)의 분자들의 방향과 위치를 화살표와 점들로 표시하고 있다. 만약 우리들이 각분자들의 무게중심만 고려한다면 그림 1(c)의 점들에서 알수 있듯이 규칙성을 찾을 수가 없게 된다. 즉 이런 점에서 액정은 액체의 성격을 띄게 되는 것이다. 한편 이분자들의 방향을 고찰해 보면  $\hat{n}$  이라는 벡터방향으로 평균적으로 나열되어 있음을 알수 있다. 좀더 자세히 관찰하면 약 절반의 분자들이  $-\hat{n}$  방향으로 나열되어 있다. 그러므로  $\hat{n}$  과  $-\hat{n}$  은 동등하게 된다. 여기서 분자들의 평균 나열방향을 나타내주는  $\hat{n}$  은 디렉터 (Director) 라고 불리운다.

光學적으로 볼때 액정은 光軸 (Optic Axis) 을  $\hat{n}$  방향으로 갖는 Uniaxial 인 單結晶으로 행동한다. 이제 우리가 전압을 이 액정에 가하여  $\hat{n}$  을 변화시킬 수 있으면, 우리는 光軸을 전압으로 변화시킬 수 있는 單結晶을 갖는 셈이 된다. 액정의 光軸은 비교적 낮은 전압으로 손쉽게 변화시킬 수 있다. 전압을 가했을 때  $\hat{n}$  이 가해진 전압 방향으로 나열하면 우리는 이 액정을 포지티브 액정이라고 부르며  $\hat{n}$  이 전압방향과 수직으로

나열하면 네가티브 액정이라고 부른다.

### 3. 表示器

그림 2에 보여진 바와 같이 액정표시기는 두개의 전극사이에 액정을 샌드위치 모양으로 넣은 형태를 갖는다. 이 두 전극들은 적어도 한개는 투명해야 하며 이 전극들의 표면은 특수 처리가 되어 있어서  $\hat{n}$  이 전극표면에서 일정한 값을 갖도록 만들어졌다. 그림 2에서,  $\hat{n}$  이 전극표면에서 X 방향으로 되도록 전극표면 처리를 했다고 생각하자. 전압이 두 전극사이에 가해지지 않았을 때는 액정의 얇은 층 안에서  $\hat{n}$  은 균일하게 X 방향을 가르키고 있게 된다. 만약 이 액정이 포지티브액정이라면, 두 전극간에 전압이 걸렸을 때  $\hat{n}$  이 두 전극표면을 제외한 모든 액정층에서 Z 방향으로 나열하게 된다.

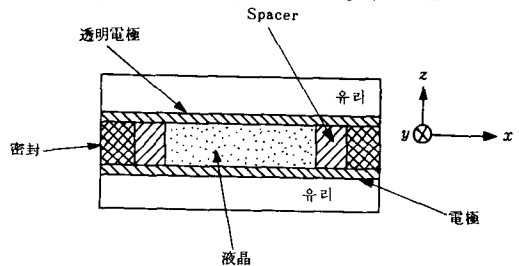


그림 2. 액정 표시기

그림 2에서 아래 전극을 불투명하게 만들고 위의 유리에 偏光板을 부착시키면 이 光軸의  $90^{\circ}$  회전을 쉽게 인식할 수 있게 되는 것이다. 액정은 스스로 빛을 내지는 않고 전압을 받아 變形을 하게 된다.

외부의 빛이 액정표시기에서 반사할때 그 반사하는 정도가 이 變形에 따라 변한다. 그림 2에서 투명전극을 etching 시켜 Pattern 을 만들면, 전압을 가했을때 액정층에서 Pattern 을 적절히 만들면 액정표시기를 써서 여러가지 부호들을 표시할 수 있게 되는 것이다. 위에서 언급한 바와 같이 액정표시기는 수동형 표시기이다. 그러

므로 주위의 빛이 강할수록 표시가 더 잘되는 특징이 있다. 최근에 미국 휴즈 비행기회사에서 이 특징을 살린 액정 TV 화면을 개발했다.<sup>[2]</sup> 현재 쓰이고 있는 CRT는 비행기 조정석에서 쓰기에 많은 단점들을 가지고 있다. 부피가 크며 무겁고 고전압이 필요하며 주위의 빛이 강하면 화면이 명확하지 못한다. 이에 비해 액정 TV 화면은 가볍고 낮은 전압으로 동작하며 부피가 작고 에너지 소모가 적다.

또한 주위의 빛이 강해질수록 화면이 명확해지는 장점이 있다.

#### 4. 光學컴퓨터

画像처리등의 응용분야에서 光學컴퓨터가 디지털 전자컴퓨터보다 훨씬 유리하다. 최근에 개발된 光學컴퓨터들은 초당  $10^{12}$  bit의 정보를 처리할수 있다.<sup>[3]</sup> 그림 3에, 간단한 加減을 위한 光學컴퓨터<sup>[4]</sup>가 나타나 있다. 画像  $P_1$  과  $P_2$  를 平行光으로 비추면 반사 또는 투과하는 빛에  $P_1$  과  $P_2$  의 정보가 실리게 된다.

두빛  $I_1$  과  $I_2$  가 Beamsplitter와 거울들을 거치는 동안 두빛의 光學的徑路차가 이빛의 파장의 정수배가 되게 해주면  $I_3$  는  $P_1$  과  $P_2$  를 더한 画像를 갖게 되고 徑路차가 파장의 반정수배가 되게 해주면  $I_3$  는  $P_1$  과  $P_2$  를 뺀 画像를 갖게 된

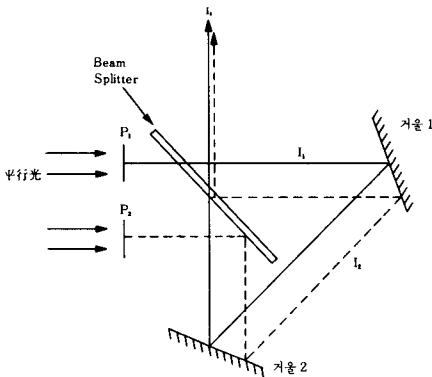


그림 3. 光學的 加減

다. 이 방법에서 불편한 점은 画像  $P_1$  과  $P_2$  를 마련하는 데 있다. 사진을 찍어서 현상을 하는 방법은 시간이 많이 걸리고 장치가 복잡해 지는 단점이 있다. 이 문제를 해결하기 위해서 液晶 Light Valve 개발에 많은 노력들이 기울여져 왔다. 그림 4에 보여진 것이 미국 휴즈 연구소에서 개발된 것이다.<sup>[5]</sup> 오른쪽에서 약한 빛이 들어오면 이빛은 光導體(Photoconductor)인 CdS膜의 전기저항을 변화시킨다. 두개의 透明電極사이에서 液晶층과 CdS膜이 直列로 연결되어 있는데 빛에 의해서 CdS膜의 저항치가 變造된다는 것은 液晶층에 걸리는 전압이 變造된다는 것을 의미한다. 오른쪽으로 부터 들어온 빛은 Shutter를 통해 들어온 画像이다. 이 정보가 일단 CdS膜의 저항치의 분포로 바뀌어 지고 이어서 液晶층의 變形의 분포로 나타나진다. 이때 왼쪽으로부터 Laser光을 비추면 그 반사하는

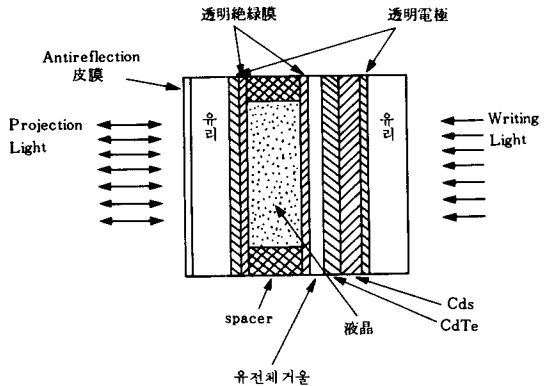


그림 4. 液晶 Light Valve

빛에 오른쪽으로부터 들어온 画像이 실리게 된다. 이 반사하는 빛을  $I_1$  또는  $I_2$ 로 사용하면 문제는 해결되는 것이다. 그림 4에서 유전체 거울층과 CdTe膜은 오른쪽과 왼쪽에서 투사되는 빛들은 격리하기 위한 장치이다.

#### 5. 其他應用

앞에서 기술한 몇 가지의 응용외에도 液晶은

널리 이용되고 있다. 그 중 가장 실용화 된 것은 콜레스테릭 液晶의 열효과이다. 콜레스테릭 液晶은 열을 받으면 온도에 따라 색이 변화한다. 이 현상을 이용하면 복잡한 표면을 가진 물체의 표면온도 분포를 쉽게 알 수 있다.

콜레스테릭 液晶을 흉부에 넓게 바르고 유방암 진단을 하는 것이 한 예이다. 콜레스테릭 液晶은 또한 화학약품의 증기에 민감하게 반응한다. 그러므로 실험실에서 유독 Gas를 液晶으로 感知하는 연구를 추구할 필요가 있다. 스�멕틱 液晶과 네마틱 液晶을 集積光學에 사용하는 문제도 연구되었다.<sup>[6, 7]</sup> 이 경우에는 液晶의 큰 electro-optic 효과와 液晶층이 光學上으로 單結晶薄膜으로 행동하는 것을 이용한 것이다.

## 6. 結 論

위에서 液晶의 몇가지 응용예와 가능성을 설명하였다. 液晶은 액체처럼 행동하기 때문에 큰 electro-optic 현상을 가지고 있지만, 액체처럼 행동하기 때문에 반응시간이 비교적 크다는 단점을 지니고 있다. 그러므로 그 유용성에 크게 제약을 받고 있다. 그러나 반응시간이 크게 문제가 되지 않는 경우에는 에너지 소모가 적고 가격이 저렴하다는 이 점때문에 그 응용분야가 점점 넓어질 가능성이 크다. 특히 液晶이 압력에 민감하다는 특성을 이용한 압력계 등에도 연구가 되어야 할 것으로 믿는다. 최근 많은 화학자들이 많은 노력을 기울여 새로운 液晶을 계속 합성해 내고 있다. 그러므로 앞으로 점점 液晶은 다른 素子들을 대체해 나가리라고 기대된다.

## 參 考 文 獻

1. G.E. Heilmeyer, L.A. Zanoni, and L.A. Barton, "Dynamic Scattering : a New Electrooptic Effect in Certain Classes of Nematic Liquid Crystals," Proc. IEEE, Vol. 56

- ( July, 1968 ).
2. Technical Staff, Hughes Aircraft Co., "Liquid Crystal Video Display," Electro-Optical Systems Design ( Sept., 1976 ).
3. K. Preston, Jr., "Coherent Optical Computers," McGraw-Hill ( 1972 ).
4. J.F. Ebersole and J.C. Wyant, "Real Time Optical Subtraction of Photographic Imagery for Difference Detection," Appl. Optics, Vol. 15 ( April, 1976 ).
5. T.D. Beard, W.P. Bleha, and S.Y. Wong, "AC Liquid-Crystal Light Valve," Appl. Phys. Lett., Vol. 22 ( 1 Feb. 1973 ).
6. D.J. Channin, "Optical Waveguide Modulation Using Nematic Liquid Crystal," Appl. Phys. Lett., Vol. 22 ( 15 April 1973 ).
7. J.P. Sheridan, J.A. Weiss, and T.G. Giallorenzi "Waveguiding Characteristics of Cholesteric / Nematic and Smectic Liquid Crystal Thin Films," IEEE Electron Devices Conference ( Dec. 1974 ).

## \* 著者紹介 \*

1968年 서울大學校 工業教育學科 卒業  
 1972年 Ohio大學 電子工學 碩士  
 1977年 UC Berkeley에서 電子工學 博士  
 Ohio大學에서 항공기 이착륙 조정에 관하여 研究,  
 UC Berkeley에서 集積光學과 液晶에 관한 研究, 학위후 US Army Research Office와 Duke大學과의 Joint Project의 研究員, 液晶을 이용한 平板表示器와 光學컴퓨터의 개발에 중사  
 1979年 現在 韓國科學院 電氣 및 電子工學科 助教授