

## [ 제 3 장 ]

# 액정 디스플레이(LCD)



3.1 LCD의 개요

3.2 LCD의 역사

3.3 LCD의 종류

3.4 스위치 소자와 TFT

3.5 a-Si TFT의 구조와 공정

3.6 poly-Si TFT의 구조와 공정

3.7 TFT-LCD 패널의 구조와 동작

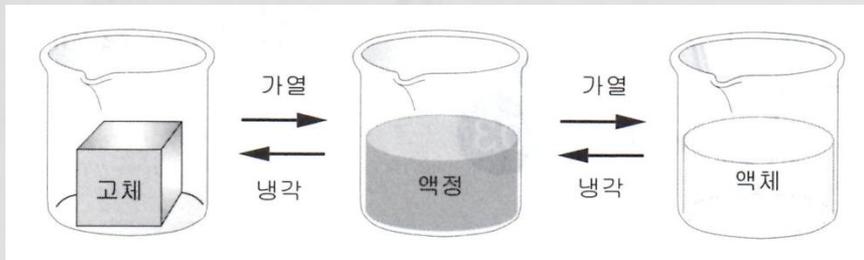
3.8 TFT-LCD의 제조공정

3.9 TFT-LCD의 응용과 전망

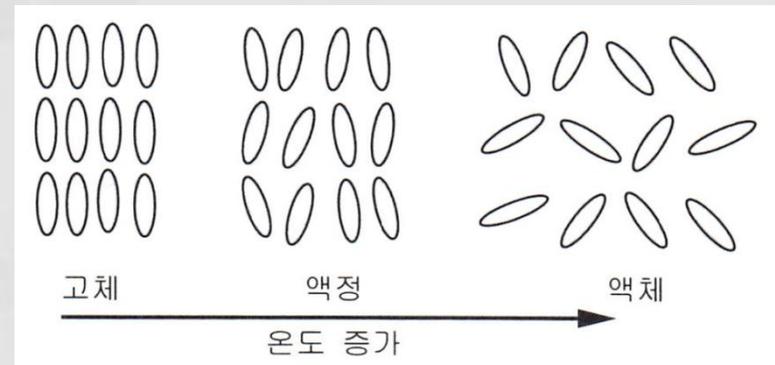
# 3.1 LCD의 개요

## 3.1.1 액정(liquid crystal)의 정의

- 액체와 고체의 성질을 함께 가지는 물질.  
즉, 고체의 결정이 갖는 규칙성과 액체 성질인 유동성을 지닌 중간 상태의 물질.
- 그림 3-1은 액정물질이 온도의 변화에 따라 상태가 바뀌는 과정을 나타낸 것임.
- 유기화합물인 액정은 가늘고 긴 막대모양이거나 평평한 모양을 하고 있는 분자구조.
- 그림 3-2와 같이 액정의 온도가 증가함에 따라 완전한 규칙성을 가진 고체와 등방성을 갖는 액체의 중간상인 액정상을 가짐.



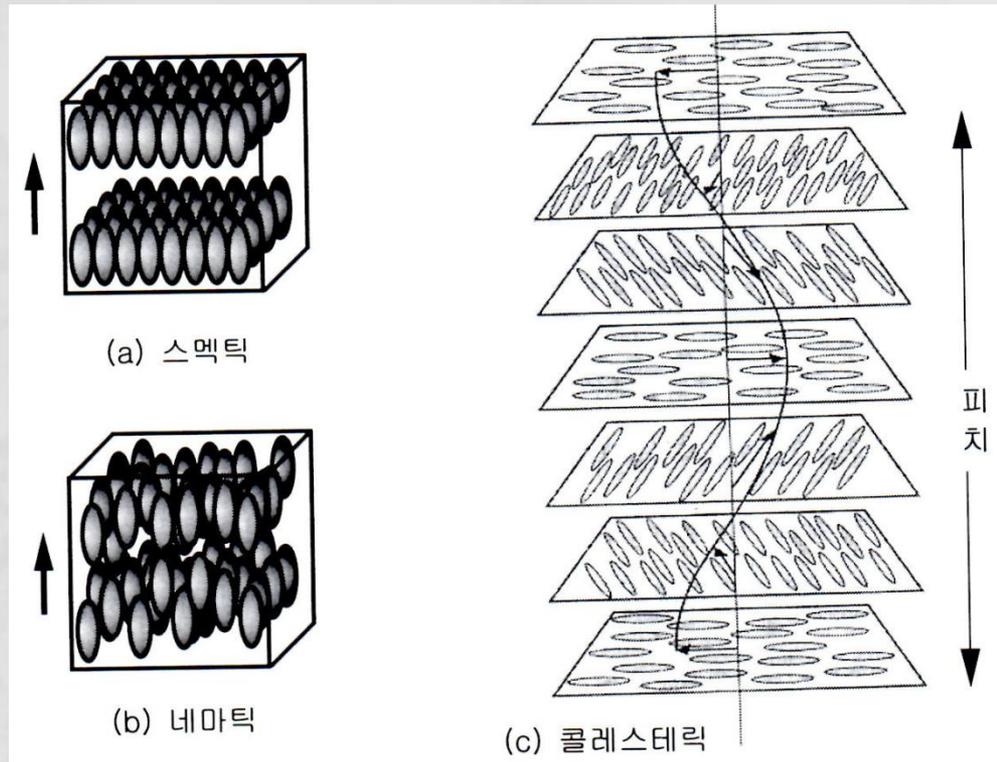
▲▽ 그림 3-1 온도 변화에 따른 액정의 상태 변화



▲▽ 그림 3-2 액정의 온도에 대한 변화

### 3.1.2 액정의 종류

- 액정은 분자의 배향방법에 따라 특수한 배열을 함.
- 배열하는 구조에 따라 스멕틱(smectic), 네마틱(nematic)과 콜레스테릭(cholesteric)으로 분류된다.



▲▽ 그림 3-3 3가지 액정의 분자 배열구조

## ① 스멕틱 액정(smectic LC)

- 스멕틱은 희랍어의 ‘비누(soap)’라는 단어에서 유래됨.
- 막대기 모양의 액정분자가 규칙적으로 배열하여 층을 이룬 구조.
- 수직의 장축 방향으로 규칙성을 가지고 평행하게 나열 됨.
- 층상구조를 가지며 분자층 사이에 결합은 매우 약한 편임.
- 일반 액체에 비해 점도가 크며 끈적끈적한 성질을 가짐.

## ② 네마틱 액정(nematic LC)

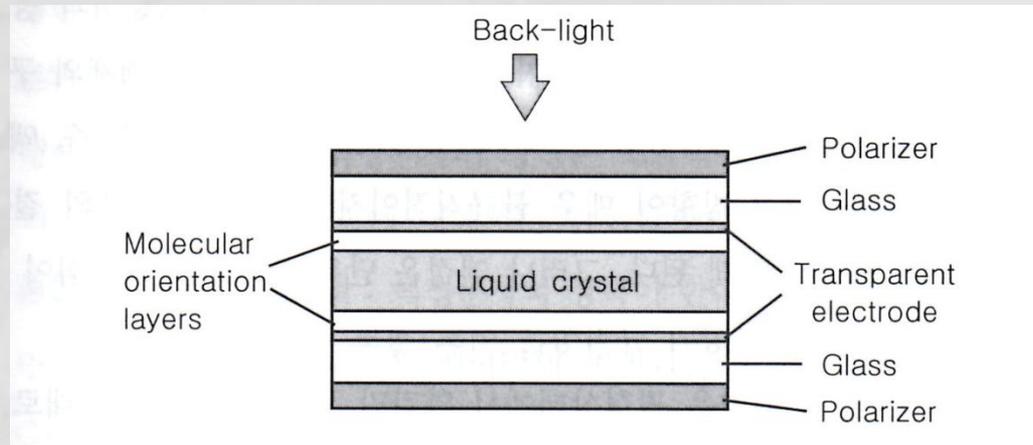
- 네마틱은 희랍어 ‘실(thread)’라는 단어에서 유래하였음.
- 현미경으로 관찰시 결합의 모양이 실과 같은 모양이라 붙여진 이름.
- 약 20,000여종의 화합물에서 네마틱 상이 발견됨.
- 액정분자의 위치에 대한 규칙성이 없으나 모두 분자축 방향으로 질서를 가지고 배열함.
- 층상구조를 갖지 않기 때문에 점도는 비교적 낮고 유동성을 가짐.

### ③ 콜레스테릭 액정(cholesteric LC)

- 카이랄(chiral) 화합물에서 형성된 네마틱 상의 일종임.
- ‘콜레스테롤’에서 이러한 상이 발견되어 붙여진 이름.
- 액정분자의 배열이 스멕틱 액정과 같이 층상구조를 형성함.
- 각층의 면에서는 네마틱과 같이 평행 배열을 함.
- 액정 전체를 보면 선형의 구조를 나타냄.
- 층상구조의 반대되는 주기를 ‘피치’라고 함.

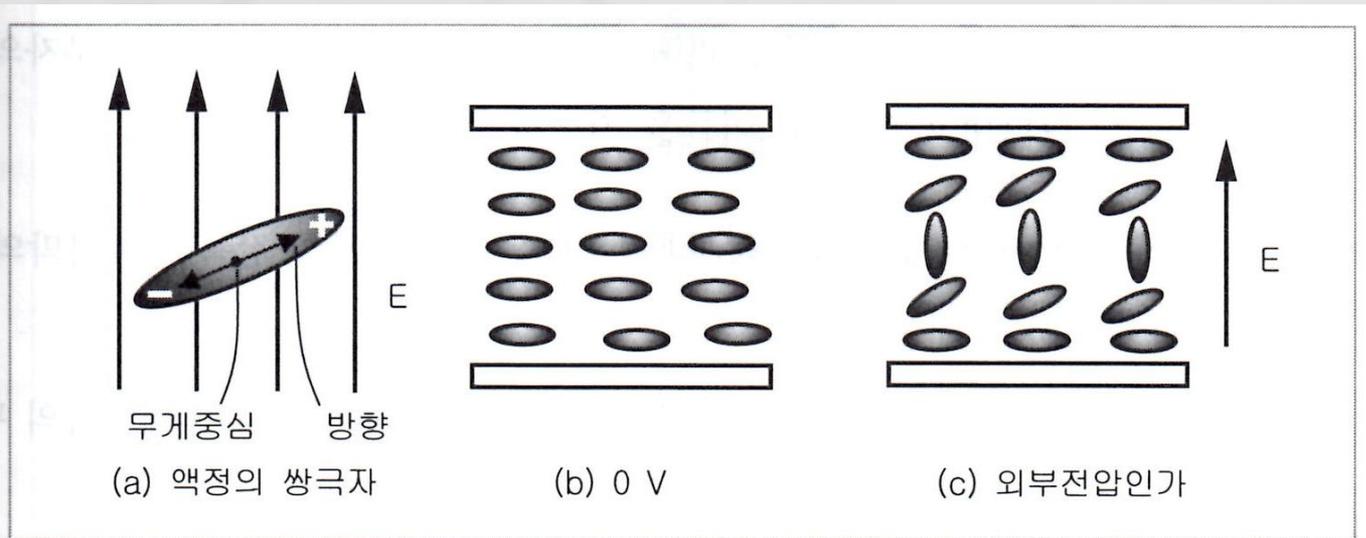
## 3.1.3 액정과 디스플레이

- 액정의 분자배열구조는 고체와 같이 견고하게 결합되지는 않기 때문에 전기장, 자기장 및 응력 등의 외부 영향에 의해 분자구조가 쉽게 재배열 함.
- 쉽게 재배열함에 따라 액정의 광학적인 성질이 쉽게 변하게 됨.
- 이러한 성질을 이용하여 디스플레이 장치나 광전소자로 응용하게 됨.
- 액정 디스플레이의 기본 구조는 그림 3-4에 나타냄.
- 2개의 유리기판 사이에 액정물질을 주입하여 만듦.



▲▽ 그림 3-4 LCD의 기본 구조

- 그림 3-5(a)는 액정분자가 외부에서 인가된 전기장에 반응하는 전기적 성질을 나타낸 것이다.
- 그림 3-5(b)와 (c)같이 액정에 외부에서 전압을 인가하게 되면, 액정의 전기적 및 광학적 특성이 바뀌게 됨.
- 빛을 차단하고 통과시키는 스위치와 같은 역할을 함.
- 외부의 빛을 이용하여 변조하는 ‘비발광형 디스플레이’로 구분됨.
- 액정의 분자배열의 변화에 의해 LCD는 복굴절성, 선광성, 2색성, 광산란성 및 선광분산 등의 광학적 특성이 변함.
- 이들 광학적 특성의 변화로 인해 디스플레이의 시각적인 변화를 유도할 수 있음.



▲▽ 그림 3-5 전계에 의한 액정분자배열의 변화

- 그림 3-5와 같이 가늘고 긴 액정 분자는 전기쌍극자를 이루며 외부 전기장의 영향으로 정렬하게 됨.
- 액정분자가 고유의 전기쌍극자를 가지고 있지 않아도 외부 전기장에 의해 전하의 재배치가 일어나 유도된 쌍극자를 가지고 재배열하게 됨.
- 고체, 액정 및 액체의 구분은 단위분자의 무게중심과 분자 방향의 규칙성의; 정도로 분류 가능함.
- 액체는 단위분자의 무게중심과 방향이 매우 불규칙적임.
- 반면에, 고체는 단위분자의 무게중심과 방향이 매우 규칙적임.
- 액정은 단위분자의 무게중심이 불규칙하지만 방향의 규칙성은 어느 정도 유지되는 상태를 가짐.

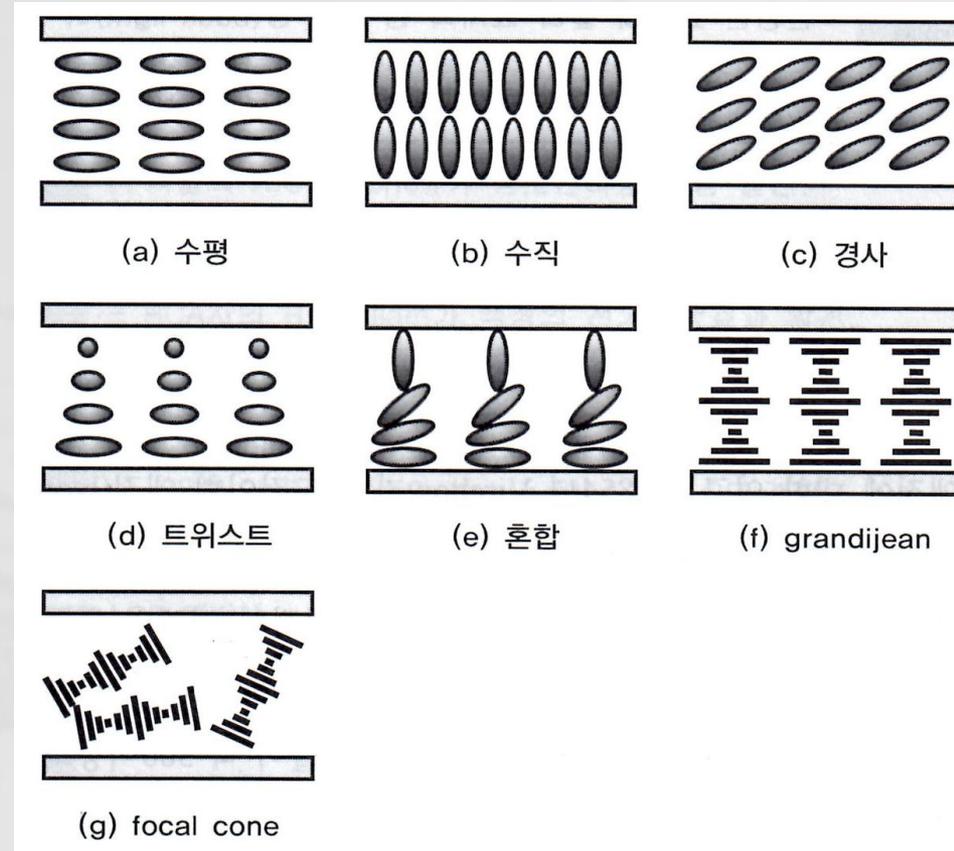
- 액정분자들은 평형상태에서 약간만 벗어나면 원래의 상태로 되돌아가려는 복원력이 발생함.
- 액정방향의 변형은 단축방향으로의 벌어짐, 장축방향으로의 꼬임 및 휨 등의 3가지 형태로 나타남.
- 외부에서의 자극이 없을 경우에 액정의 배열은 주로 배향막의 경계조건과 콜레스테릭 액정의 함유량 등에 의존함.
- 그림 3-6은 액정분자의 기본 배열을 나타냄.
  - ① 수평형(homogeneous) 분자배열  
액정분자의 장축이 배향막의 평면과 평행하게 배열.
  - ② 수직형(homeotropic) 분자배열.  
액정분자의 장축이 배향막의 평면과 수직으로 배열.
  - ③ 경사(pretilted) 분자배열  
액정분자의 장축이 배향막의 평면과 일정한 각도로 기울어져 배열함.

④ 트위스트(twist) 분자배열  
이웃하는 분자의 방향이 조금씩  
틀어져 있음.

⑤ 혼합(hybrid) 분자배열  
수평, 수직 및 기울어진 분자  
배열이 혼합된 상태.

⑥ Grandjean 분자배열 :  
분자배열이 나선형을 이루며  
나선형의 축이 상하 배향막에  
수직으로 배열함.

⑦ Focal cone 분자배열  
분자배열이 나선형을 이루며  
나선형의 축이 상하 배향막에  
대해 무질서하게 배열함.



▲▽ 그림 3-6 액정분자의 기본 배열

# • LCD의 장 단점 비교

구분	내 용
장점	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 수~수십 <math>\mu\text{W}/\text{cm}^2</math>의 낮은 소비전력으로 장시간 구동이 가능한 에너지 절약형</li> <li>· 10V 내의 저전압으로 동작하기 때문에 직접 IC 구동이 가능하여 구동 회로의 소형화 및 단순화가 가능</li> <li>· 수 mm로 소자가 얇고 대형 및 소형 표시가 용이</li> <li>· 비발광형 표시소자로 밝은 장소에서도 선명</li> <li>· 칼라화가 용이하여 표시기능의 확대 및 다양화 용이</li> <li>· 투사확대나 집적 표시가 가능하여 대화면 표시가 용이</li> </ul>
단점	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 비발광형으로 반사형 표시인 경우, 어두운 곳에서 표시 선명도가 저하</li> <li>· 선명한 표시나 칼라 표시의 경우, 후광(back light)이 요구</li> <li>· 표시 콘트라스트가 보는 방향에 따라 의존하여 시각에 제한</li> <li>· 응답시간이 주위온도에 의존함으로 저온 동작이 어려움</li> </ul>