

CF/Cell 공정 및 재료기술

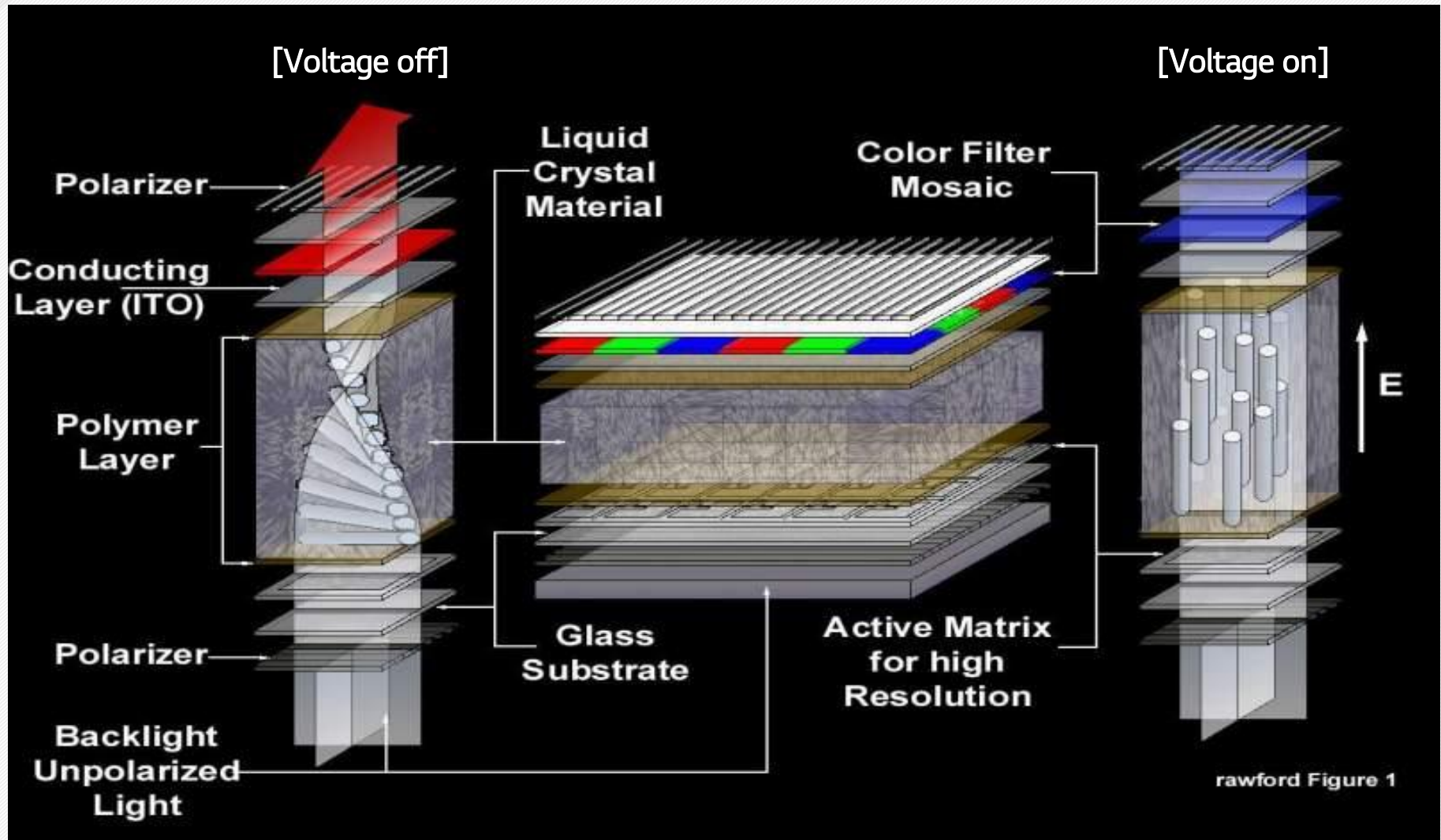
2018.10.17

WRGB OLED



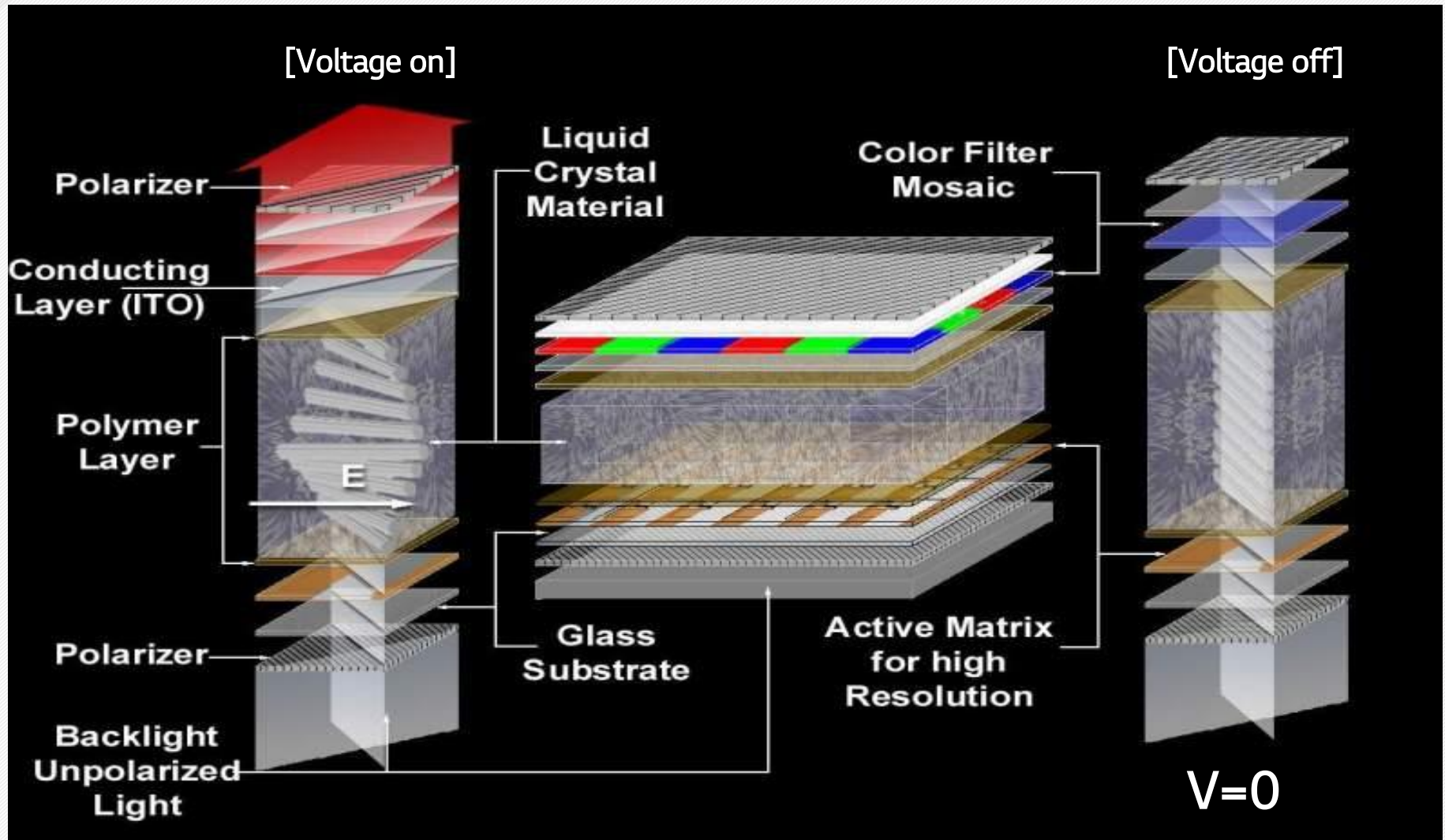
TN Panel 의 구조와 구동 방식

TFT 기판과 Color Filter 기판 사이의 상하 수직 전계를 이용하는 방식



IPS Panel 의 구조와 구동 방식

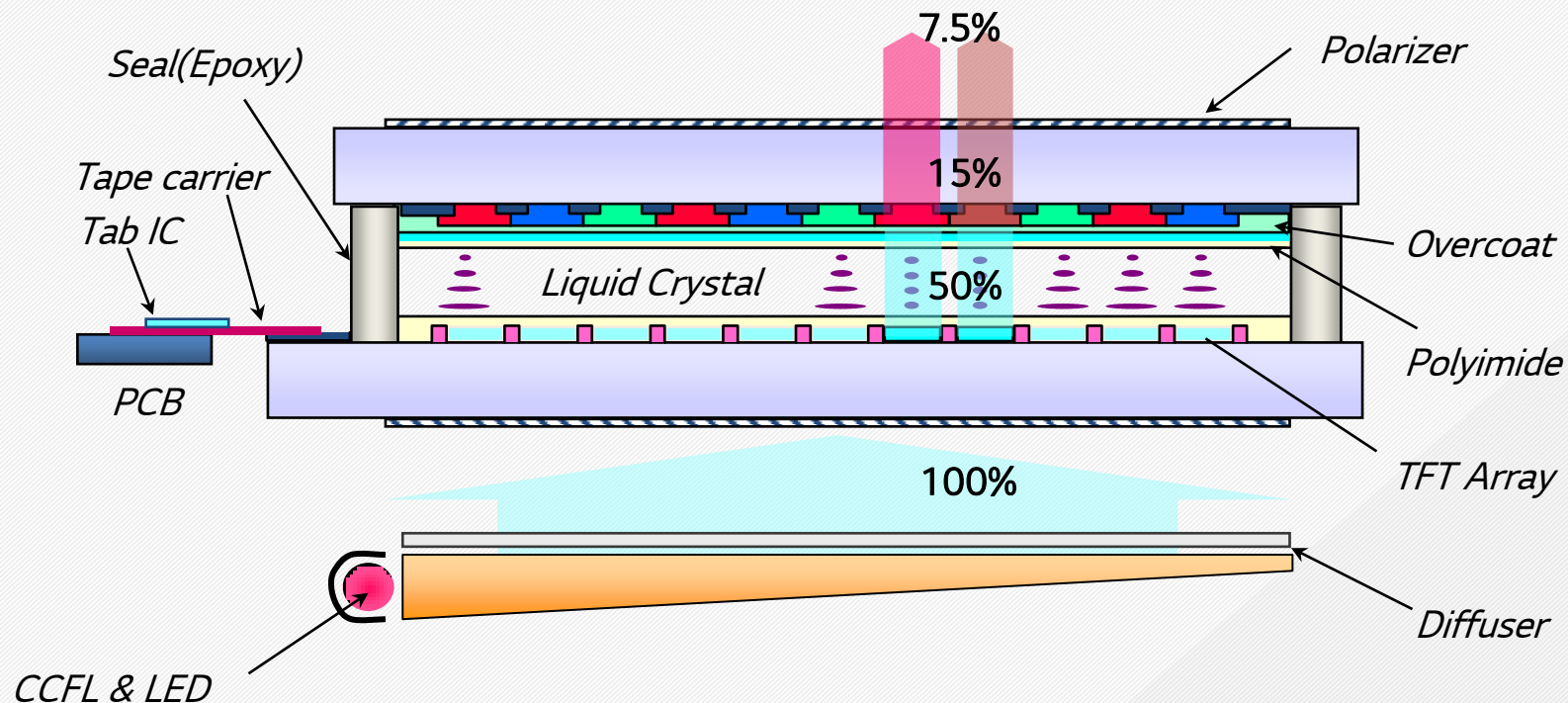
TFT 기판에서 Common 전극과 PXL 전극의 전위차를 이용하여 액정을 구동하는 방식



CF Process 와 재료 특성

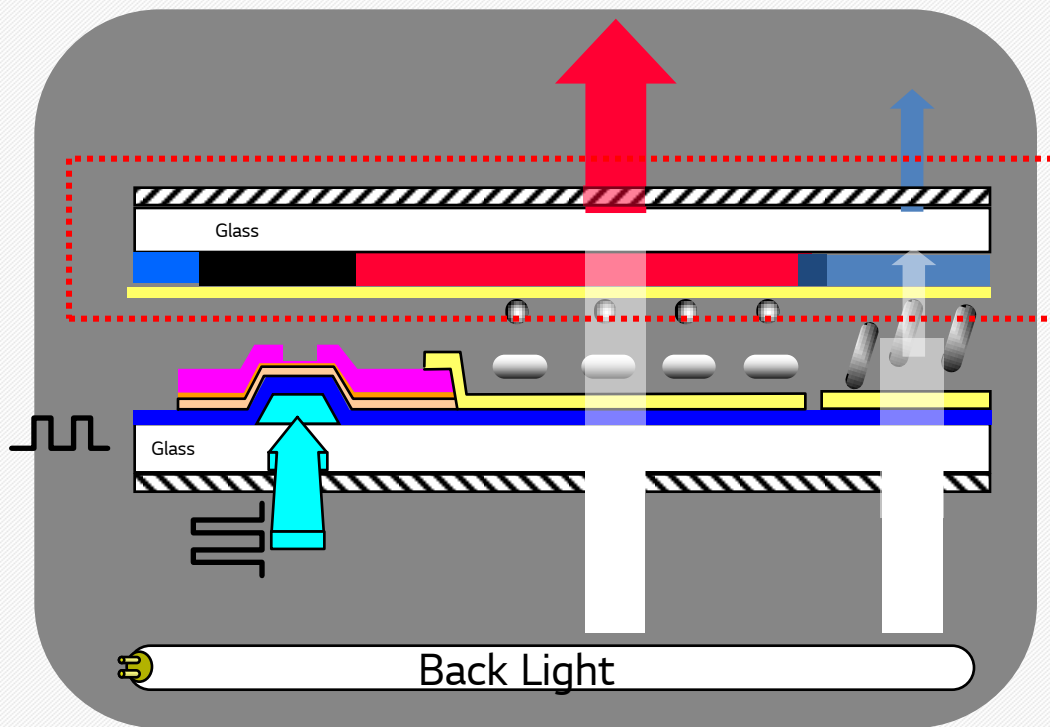
LCD에서의 Color Filter 역할

- 광원(Back Light)으로부터 나온 백색광을 빛의 3원색인 빨강(Red),녹색(Green),파랑(Blue)으로 분리하는 기판
- 하판 TFT를 제어 → Pixel 전극과 공통전극의 전위차를 제어 → 액정의 움직임을 제어
→ 각 Dot의 투과광량 제어 → Pixel의 색 제어 ⇒ 전체적인 화면 구성
(Pixel : RGB로 구성된 최소 색구현 단위, Dot : Pixel의 구성 단위 R/G/B)



Color Filter 가 관여하는 LCD 성능

- Color Filter는 Display의 휘도, 색재현율, Contrast Ratio, 색온도 등에 영향을 미침



빛의 투과량 (휘도)

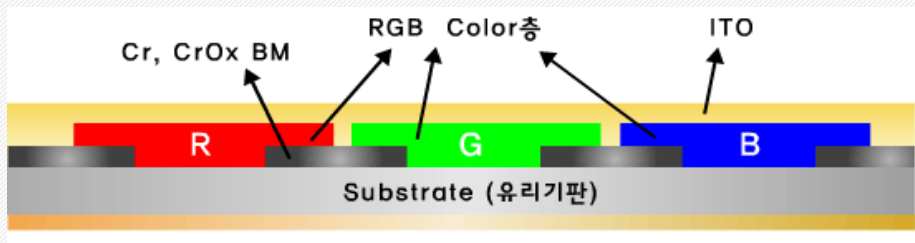
색의 표현범위

Contrast Ratio

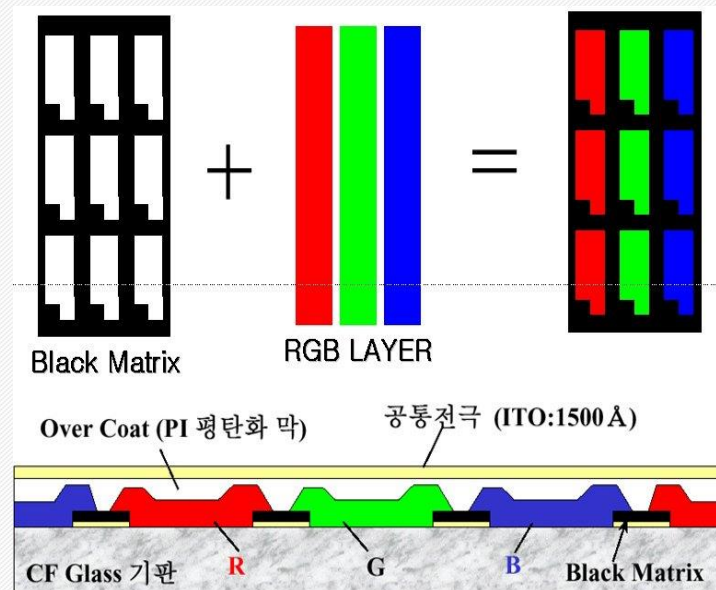
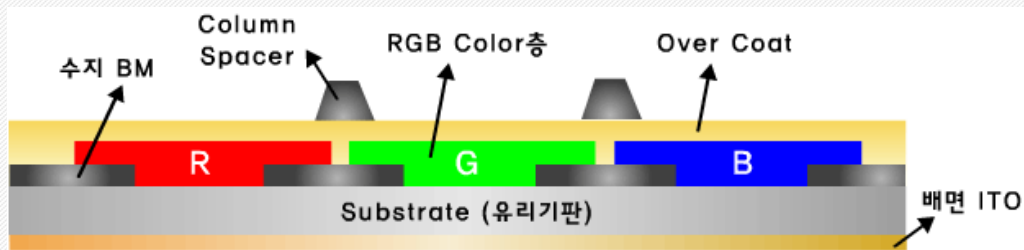
Color Temperature

Color Filter 구조

TN用 CF

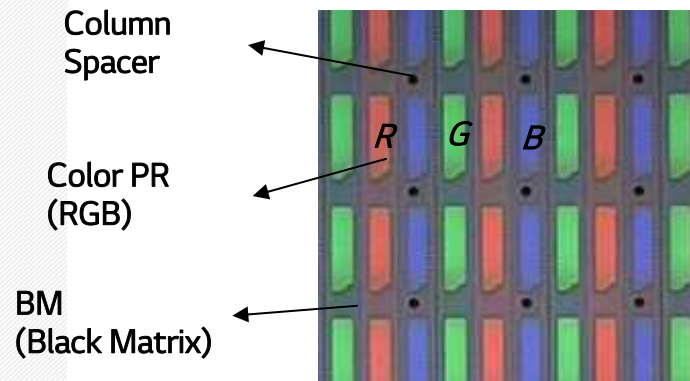


IPS用 CF

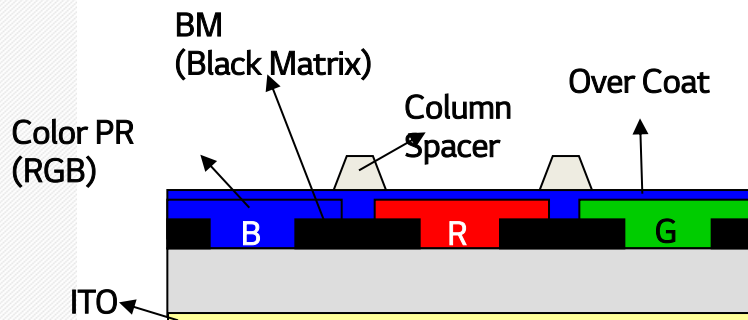


Color Filter 구성

- Color Filter- ITO, Black Matrix, Color PR, Over Coat, Column Spacer로 구성



< IPS용 – Top View >



< IPS용 – Vertical Section >

1. Black Matrix - BM

- B/L의 빛 차단
- 화소를 광학적 분리
- 광에 의한 누설 전류 차단

2. Color PR – RGB

- 색깔을 구현하는 영역
- Red 안료 층을 통과 하면 Red 색만을 나타냄.

3. Column Spacer

- Cell Gap 형성

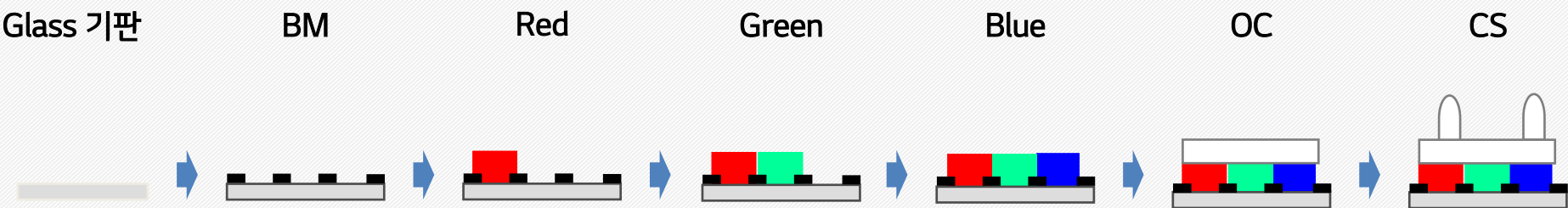
4. ITO - Common Electrode

- 공통 전극(TN용)
- 정전기 방지용(IPS용)

5. Over Coat - IPS용

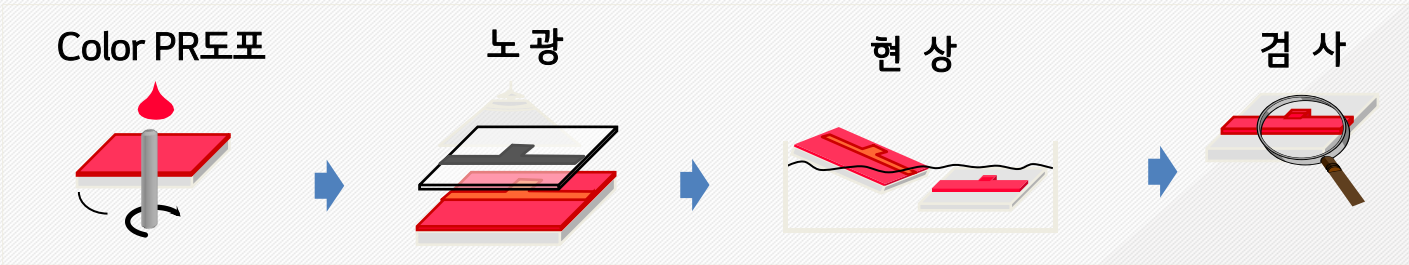
- 평탄화 하기 위함. (IPS용)

Color Filter 공정 Process



Color resin
Patterning

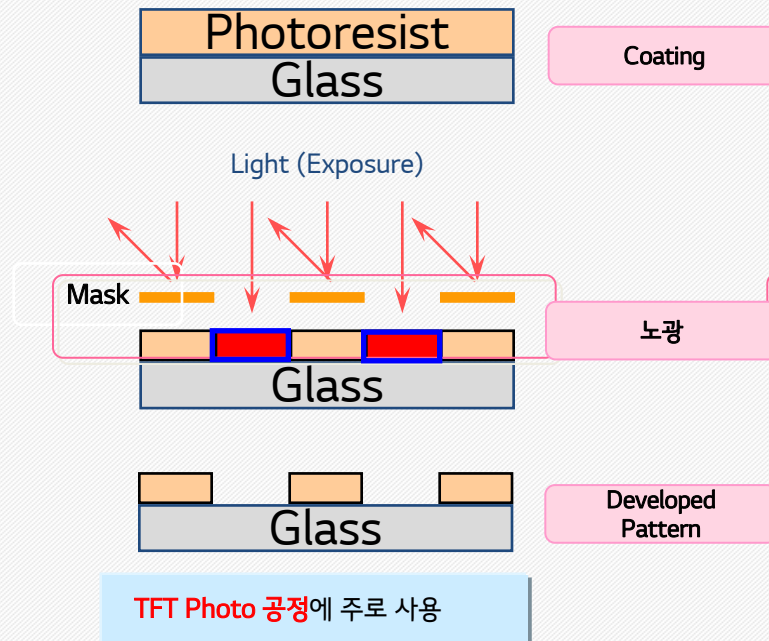
Color filter 형성



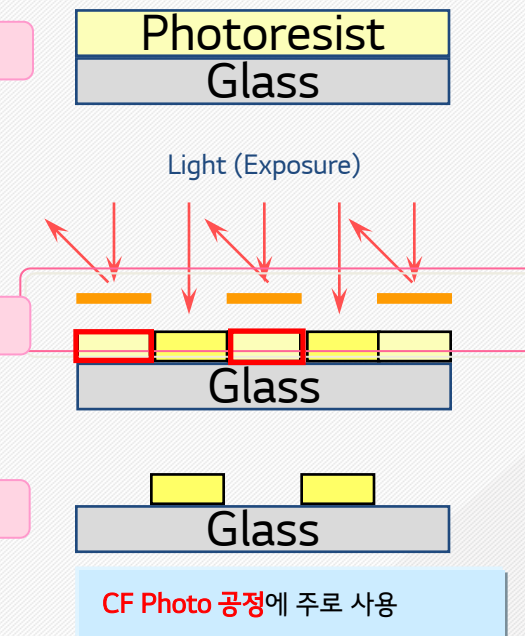
Photoresist의 Type

- PR은 Positive형과 Negative형 2 가지가 있으며
Positive은 빛을 받은 부분이 현상되어 PR이 없어지는 형이며
Negative형은 Positive형의 반대 개변으로 빛을 받은 부분이 현상되지 않고 PR이 남아 있는 형임
- TFT 공정에서는 주로 Positive형을 사용하며, 칼라 필터 공정에서 Negative형으로 사용함

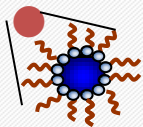
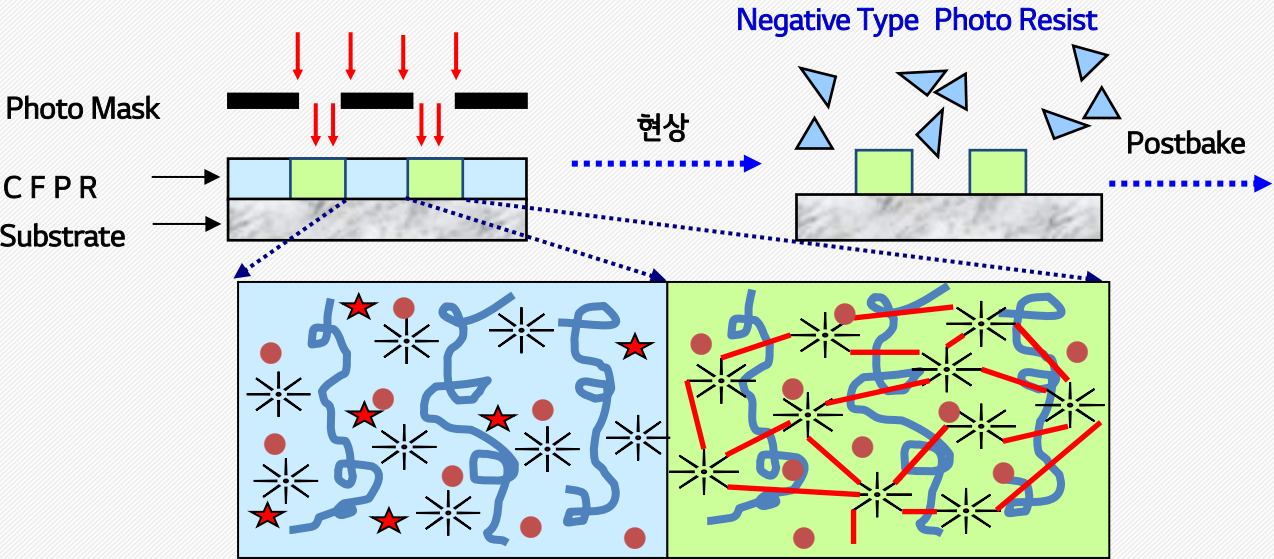
< Positive형 >



< Negative형 >



Negative Photoresist 의 작용 원리



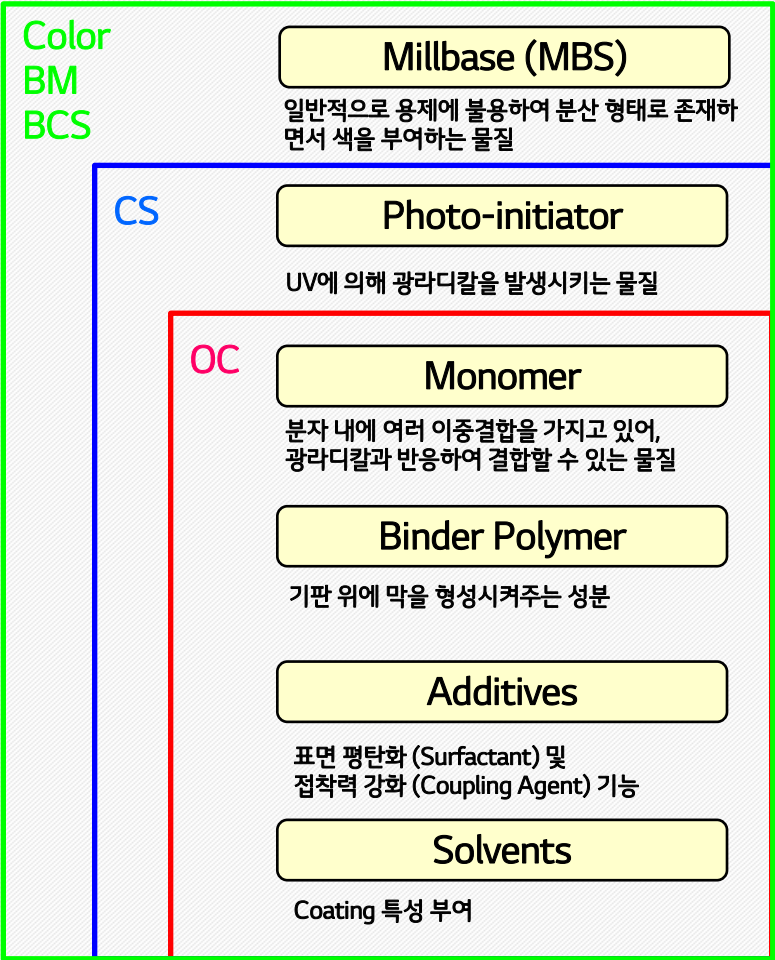
: Pigment(안료 입자)

★ : 광반응 개시제 빛을 받아 Radical을 발생시킴.

※ : Monomer Radical에 의해 중합을 개시하여 불용화됨.

~~~~~ : Binder Resin      ..... 계 전체를 막상으로 유지시키는 고분자.

# Photoresist 의 구성 요소 및 요구 특성



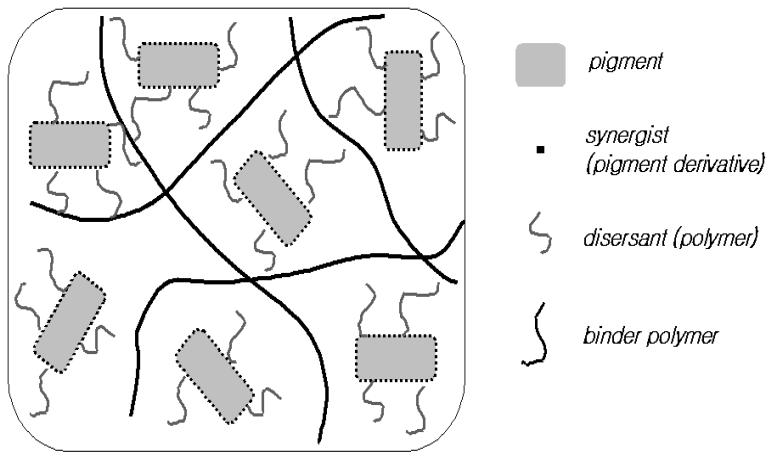
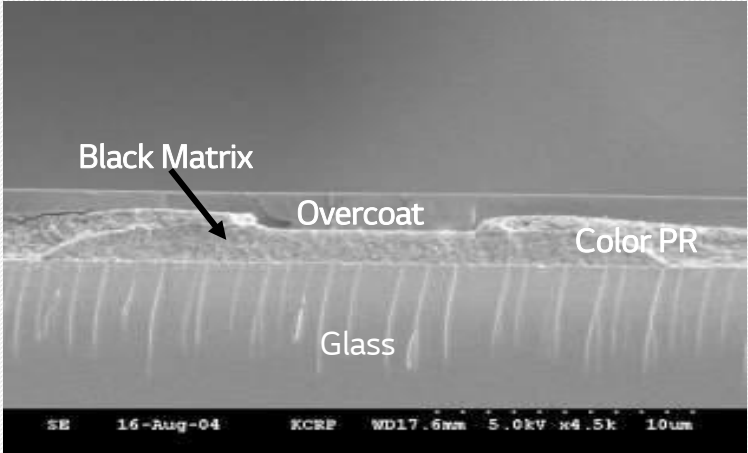
# Black Matrix 역할과 구성

## Black matrix란 ?

: B/L의 빛 차단, 화소를 광학적으로 분리, 광에 의한 누설 전류를 차단하는 고분자 재료

## Black matrix 구성

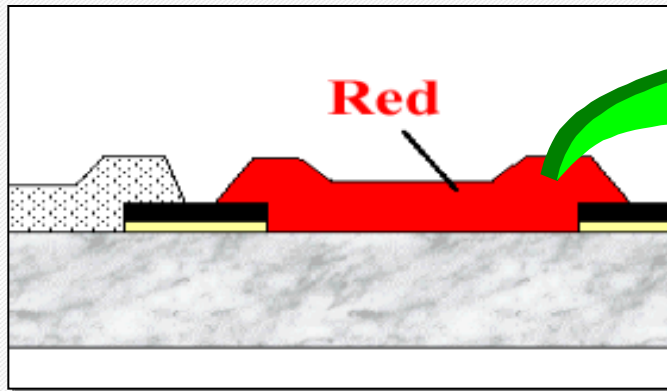
| Materials               | Roles                                                                  |
|-------------------------|------------------------------------------------------------------------|
| Solvent                 | 1. Solvation<br>2. Coating Property Control (Viscosity)                |
| Binder Polymer          | 1. Developing and Coating Property<br>2. Dispersion Stability          |
| Multifunctional monomer | 1. Cross Linking Property by UV<br>2. Surface Hardness Promotion       |
| Photoinitiator          | 1. Photo Radical Formation<br>2. Energy Transfer                       |
| Black Pigment           | 1. Resistance Control<br>2. Optical Property<br>3. Developing Property |
| Additives               | 1. Adhesion Promotions to Glass<br>2. Levelling Promotions             |



# Color Photoresist 역할과 구성

## Color Filter Photoresist 의 구성 성분 (Negative Photoresist)

→ Color Photoresist 는 색특성 성분과 Photoresist의 성분으로 나누어져 있다. `



### Color특성 구현

Color Millbase : Pigment + 분산제 + Binder

### 감광제 특성 구현

Binder Polymer

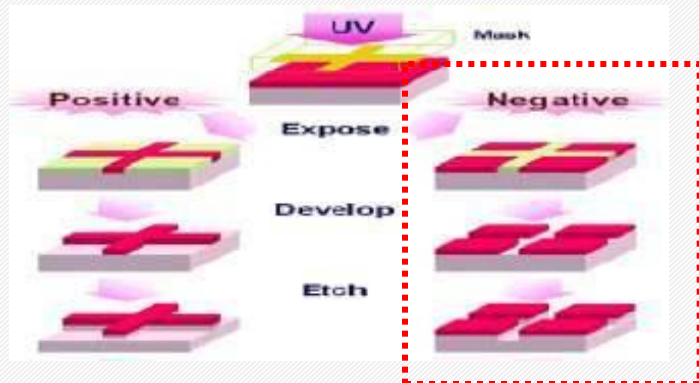
Photoinitiator

Cross Linker (Multifunctional Monomer)

Additives (Leveler, Adhesion Promoter, etc)

### Solution특성 구현

Solvent



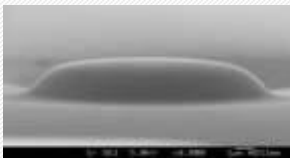
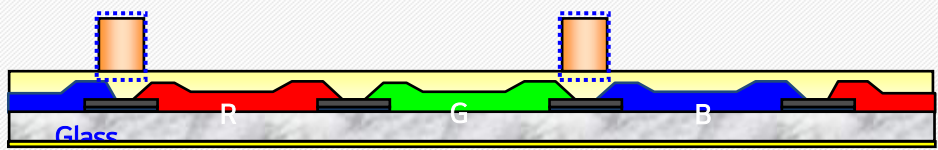
→ 기존 Photoresist의 구성성분에 Millbase라는 성분이 추가된 것이 Color Photoresist이다.



# Column spacer의 역할과 구성

## Column Spacer란 ?

: TFT 기판과 Color Filter 기판 사이 일정한 간격을 유지시켜, 액정이 Cell내부에 존재할 수 있도록 함.



## Column Spacer 구성

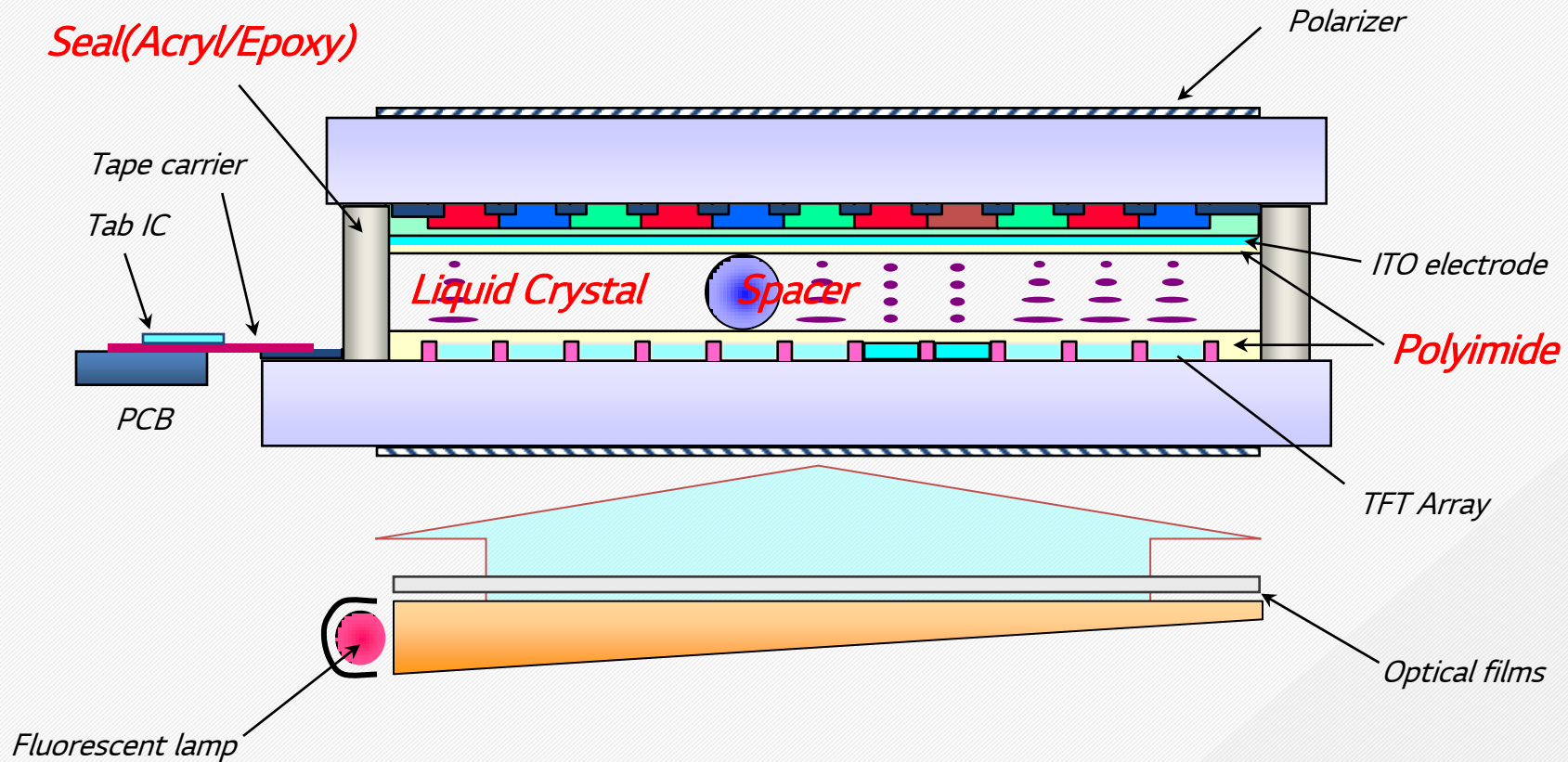
: Matrix Polymer, Crosslinking Agent, Active Compounds, Additives, Solvnet Agent로 분류됨.

| 구성 성분              | 특징                                                                                | 역할                                                             |
|--------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------|
| Matrix Polymer     | Film Forming<br>Mechanical & Physical Properties                                  | C/S의 Mechanical / Physical Properties의 특성 가짐                   |
| Crosslinking Agent | Solubility Change by Photo-Polymerization                                         | UV 노광에 의한 광 반응에 의하여 현상액에 의한 용해도가 변화함으로, patterning 성질을 나타나게 해줌 |
| Photo initiator    | Generation of active species by UV-exposure<br>initiation of photo polymerization | UV 노광에 의하여 C/S 물질의 광반응이 개시될 수 있도록 만들어 주는 부분                    |
| Additives          | Coating properties<br>Adhesion improvement<br>Storage stability                   | 하부 막인 Overcoat막과의 접착성을 위하여 사용됨<br>보관 안정성을 높여줌                  |
| Solvents           | Solvation<br>Coating property control                                             | C/S 재료를 장시간 사용하지 않아도 C/S의 물성을 유지시켜 주는 역할                       |

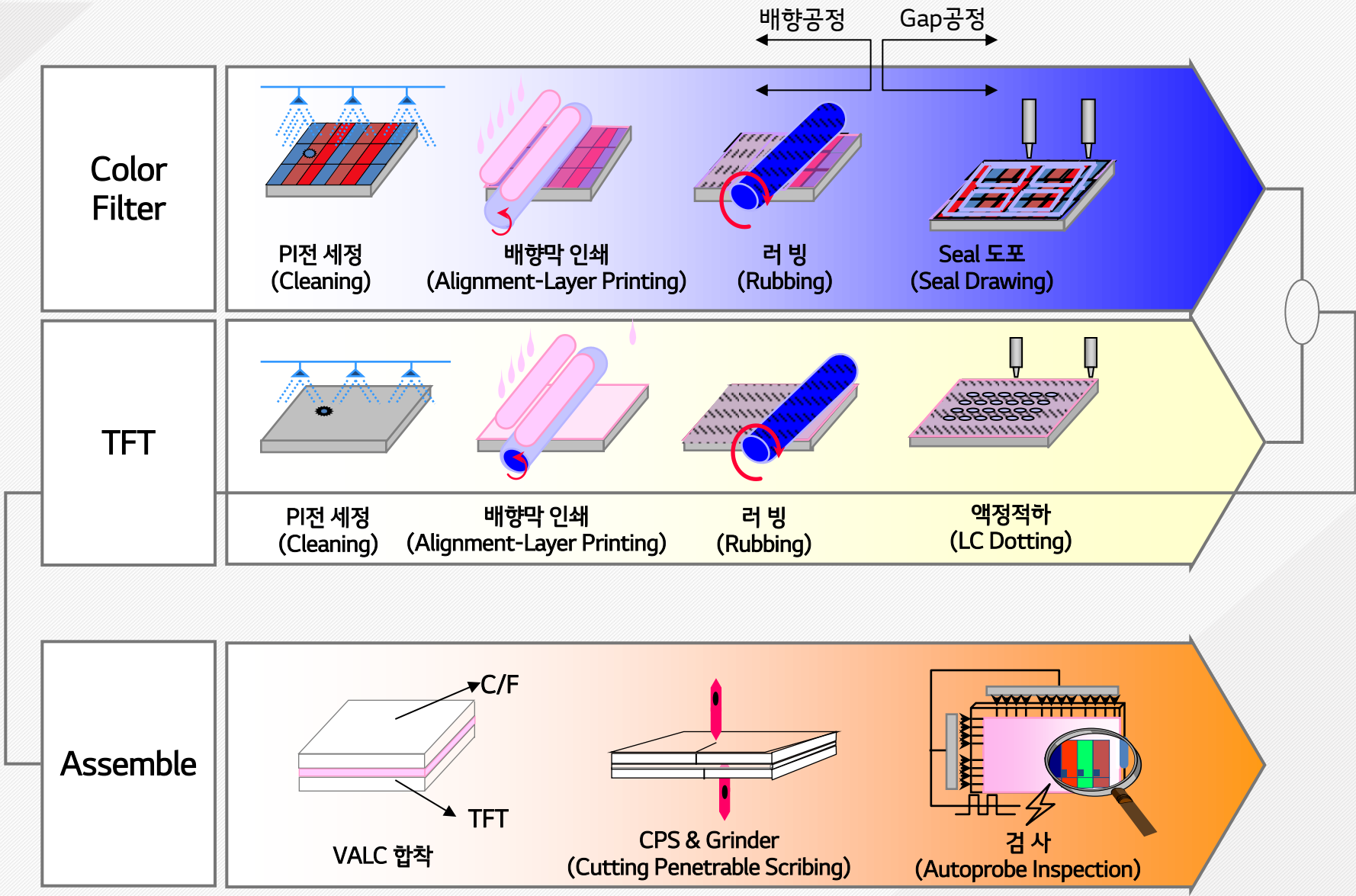
# Cell Process 와 재료 특성

# CELL 공정 개론

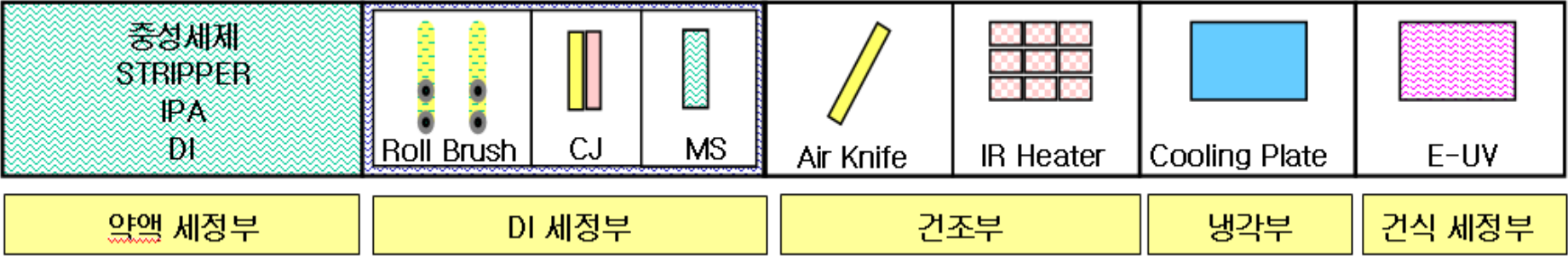
- Cell Process 란 완성된 상하 기판(CF, TFT)을 이용하여 액정을 주입, 합착하기 위한 제반 공정으로 배향막, 액정, Sealant, Spacer를 형성하고 상하판을 Align하여 합착하는공정



# CELL 공정 개론



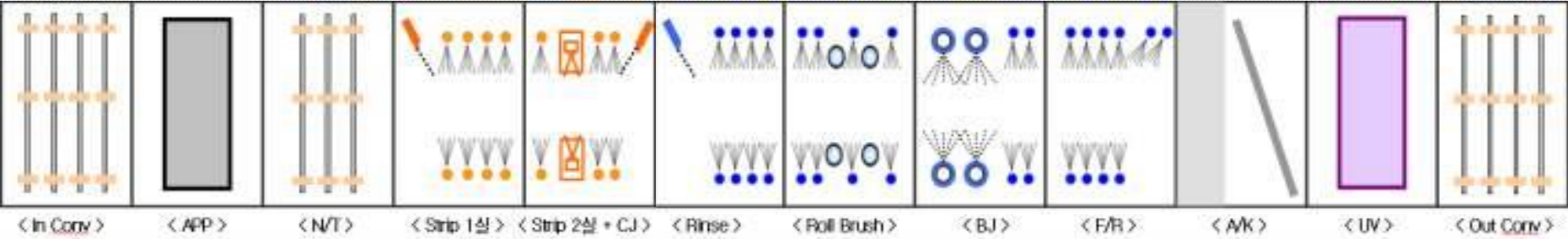
세정기 기본 LAYOUT



세정기 구성 설명

| ZONE   | 세부구성                      | 목적                                        |
|--------|---------------------------|-------------------------------------------|
| APP    | AP Plasma                 | GAS Mixing으로 Plasma 평성하여 GLASS 표면의 유기막 세정 |
| 약액 세정부 | SHOWER부, CJ부              | 중성세제,Stripper,IPA등을 통해 GLASS 표면 유기물을 세정   |
| DI 세정부 | ROLL BRUSH부, BJ부,CJ부, MS부 | 약액 세정 후 GLASS 표면에 잔존하는 약액 및 Particle 제거   |
| 건조부    | SPIN DRY ,AIR-KNIFE, IR부  | GLASS 표면 DI 제거                            |
| 냉각부    | CP부                       | IR처리로 가열된 GLASS 냉각                        |
| 건식 세정부 | E-UV, 저압 수은 UV            | UV광을 이용 잔존 유기물 분해                         |

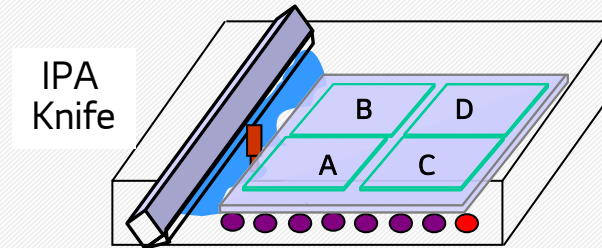
PI전 세정기 구성



# 세정공정\_세정방법

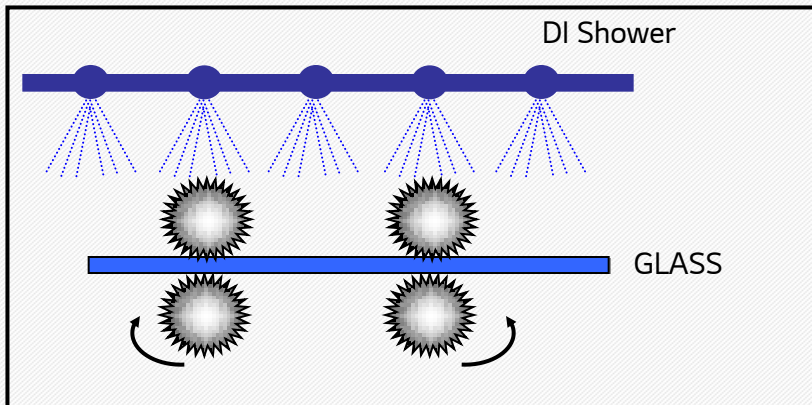
## ● IPA(Isopropyl Alcohol) 세정

Aqua Knife를 이용하여 Glass 전면에 IPA를 도포하는 세정 공정

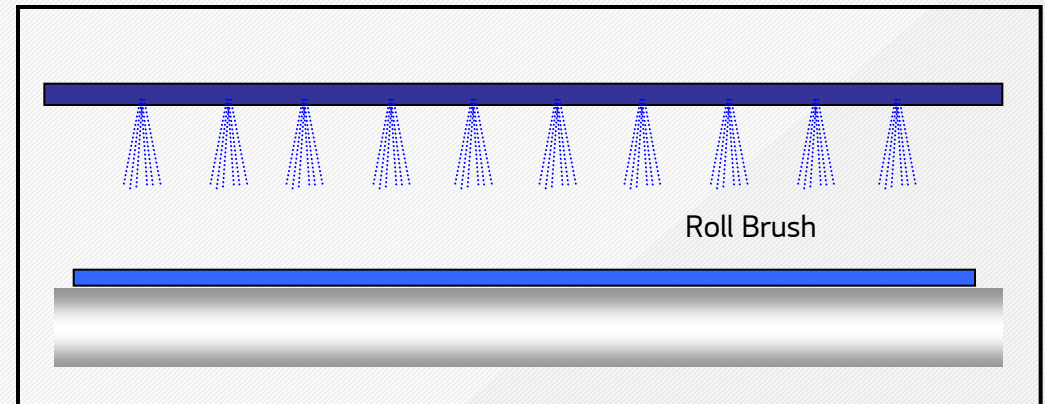


## ● Roll Brush 세정

Roll Brush (Nylon)의 회전력과 DI를 이용하여 표면에 물리적인 힘을 가하여 Particle을 제거한다.



< Roll Brush 部 측면도 >



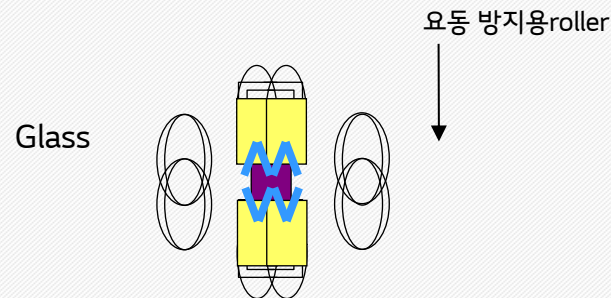
< Roll Brush 部 정면도 >



# 세정공정\_세정방법

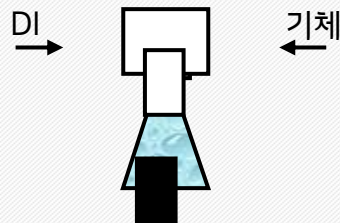
## ● CJ (Cavitation Jet)

일정 압력으로 DI분사 시키면 강한 압력으로 분사되는 DI의 세정 효과와 NOZZLE에서 대기중으로 나오면서 발생하는 압력 차이로 Cavitation이 발생하고 이 Cavitation이 Particle 표면에서 터지면서 강한 충격 작용으로 Particle을 기판에서 떨어뜨린다.



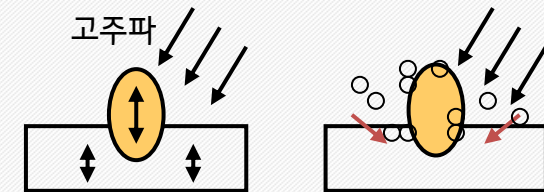
## ● BJ(Bubble Jet)

Cavitation 효과를 인위적으로 얻기 위해 공기방울과 DI를 섞어 일정 압력으로 분사하는 세정방법을 말한다.



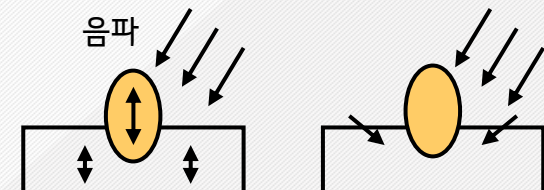
## ● MS( Mega Sonic )

고주파(MHz)로 인한 Particle(Sub Micro Size) 제거와 기판 표면간의 진동 및 음압에 의한 Cavitation 발생으로 Particle과 기판 사이에 Gap을 발생시켜 그 사이에 DI Water가 침투하여 세정함



## ● US( Ultra Sonic )

물 속에서 KHz대의 파장에 의한 효과를 이용 Particle을 제거



# PI 인쇄공정

## PI 인쇄공정이란?

Polyimide를 이용하여 유효 표시 영역에 배향막을 소정의 두께(500~ 1000Å)로 균일하게 인쇄하는 공정

▶ 공정 flow : 배향막 인쇄 → 예비 건조 → 목시검사 - 소성

\* 배향막 인쇄 : Roller에 부착된 고무 수지판 (볼록판)에 배향액을 균일하게 묻혀 기판 위에 인쇄

\* 예비 건조 : 용매를 증발시키면서 인쇄 배향막을 전체적으로 균일하게 퍼지게하는 단계

\* PI 소성로 : 예비 건조 후 Glass 기판 위에 남아있는 용매를 건조시켜 경화된 polyimide 막 형성

## PI 인쇄기 구성도

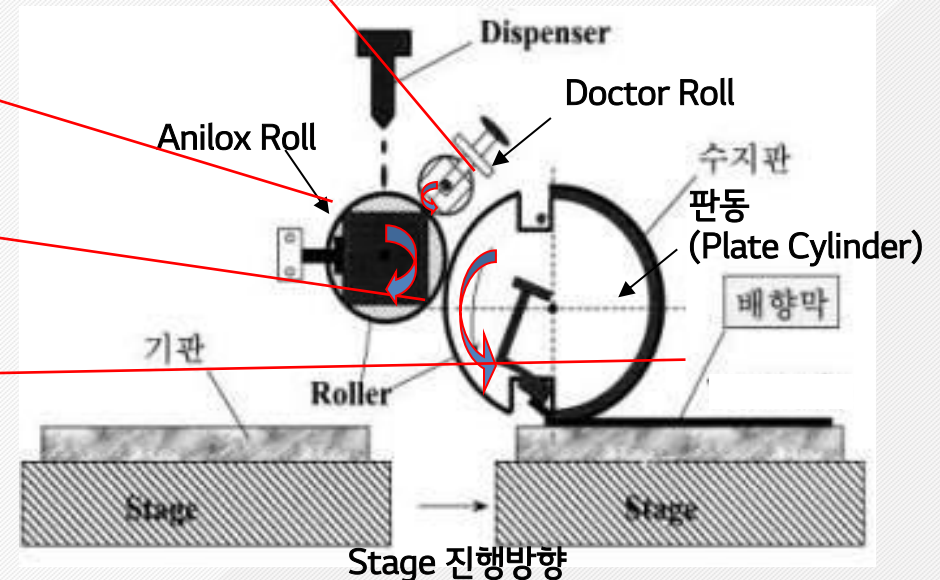
**Doctor roll** : Anilox roll과 접촉하여 Anilox roll 위에 PI가 고르게 분포할 수 있도록 묻혀주는 역할을 하는 roller

**Anilox roll** : PI 인쇄시 APR 고무판 위에 PI를 묻혀주는 둥근 원기둥의 roller

**판동** : PI 인쇄시 APR 고무판 위에 PI를 묻혀주는 둥근 원기둥의 roller

**APR 고무판** : Glass와 접촉하여 PI를 Glass 위에 묻혀주는, pattern이 새겨진 고무로 만든 판

▶ PI 인쇄 장비의 구성



# PI 인쇄공정

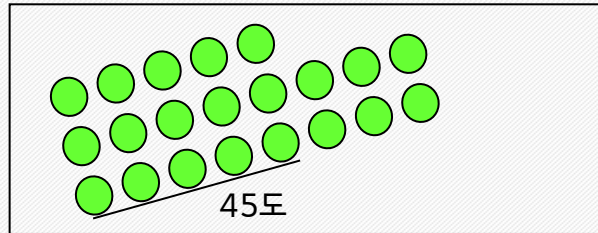
## PI Mask

(1) APR : Asahi Photosensitive Resin K11

Komura社 製, 양각 원통형 구조

(2) 망점 각도

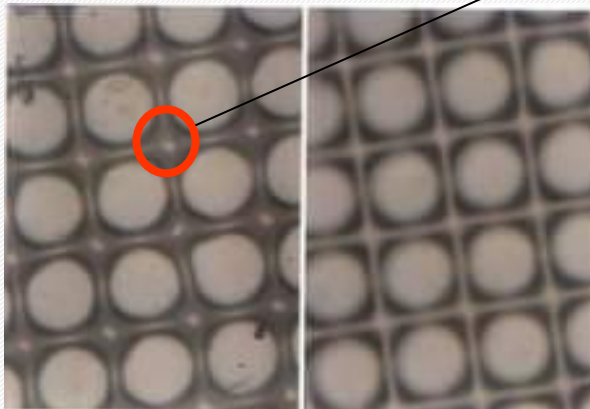
PI 인쇄성을 좌우하는 주요 Factor로서,  
A/R사양에 따라 공장별로 다양함.



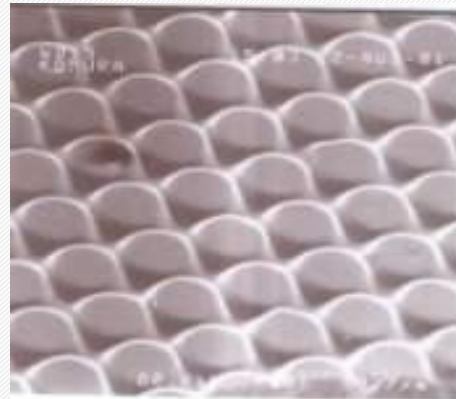
배열 각도 : 45도

400 Mesh (400ea/Inch), 개구율 30%

(4) 망점 사진



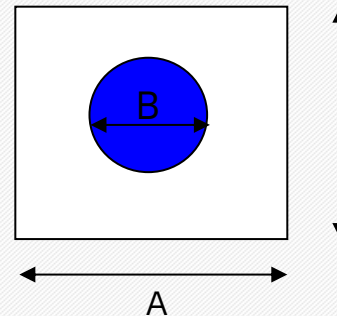
개구부



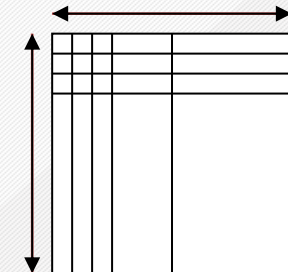
(3) 개구율

전체 면적 중 망점(동그라미) 제외 부분이 차지하는 비율  
액정 표시소자의 전체 화면 면적에서 정보표시가 가능한  
면적의 비를 의미한다.

즉, 유효구경을 표시판의 면적으로 나눈 값이다



(5) Mesh의 정의



400 mesh = 1 inch 인 사각형 안  
에 가로 세로 400 개의 선이 있다

# PI 인쇄공정

## PI 인쇄기 Type 비교 (Roll vs Ink-jet)

| 인쇄 방식                        |    | ROLL PI Printing                                                             | INK-JET PI Printing                                 |
|------------------------------|----|------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------|
| 개요                           |    | PI액을 Anilox-Roll에 분사 시키고 D/R 또는 D/B로 균일하게 한 다음 APR Plate를 이용 Glass에 인쇄 하는 방식 | PI액을 INKJET Head에 주입하여 Glass 진행 시 고주파 분사 시켜 인쇄하는 방식 |
| 구성                           |    |                                                                              |                                                     |
| Thickness                    |    | 500 ~ 1000 Å                                                                 | 300 ~ 700 Å                                         |
| Uniformity                   |    | ○ (양호)                                                                       | ○ (양호)                                              |
| 재료 사용량(BOM)                  |    | 2.7 g/Panel (P4, 18.1" IPS)                                                  | 1.5 g/Panel (목표)                                    |
| 적용 점도 범위                     |    | 20 ~ 40cps (PI고형분: 5 ~ 6%)                                                   | 5 ~ 15cps (PI고형분: 1 ~ 4%) (現: 7 ~ 9cps, PI고형분: 3%)  |
| PI Mask 적용                   |    | 有                                                                            | 無                                                   |
| Anilox-Roll / Doctor Roll 적용 |    | 有                                                                            | 無                                                   |
| 도포 방식                        |    | 면(面) 도포                                                                      | 점(dot) 방식                                           |
| Maker(日本)                    |    | NAKAN, NISSHA                                                                | SHIBAURA, ISHIHYOKI ('02.3月 현재)                     |
| Glass 대응성                    |    | 370*470 ~ 1100*1250                                                          | 1400*1400 대응可(Shibaura), 300*400 Demo(ISHIHYOKI)    |
| 효과                           | 장점 | 장비 대응성 - 양산 검증, 기술력 확보                                                       | 재료 이용 효율(70 ~ 95%) 증대 - 재료비 절감                      |
|                              |    | PI 재료 안정성 확보                                                                 | C/R 효율성 증대 및 투자비 절감(부대 설비 <u>未</u> 투자)              |
|                              |    |                                                                              | PI MASK 未 사용                                        |
|                              | 단점 | 재료 이용 효율(1 ~ 10%) - 재료비 소모 多                                                 | 장비 대응성 - 양산 검증 필요, 기술력 취약                           |
|                              |    | PI Mask 관리 어려움 - 검사, 원판 불가, 사용 주기, 세정 등                                      | 신 PI 재료 개발 - TN Model (15.0") 先 개발 예정               |
|                              |    | 부대 설비 관리 및 유지 - Anilox-Roll, Doctor Roll                                     |                                                     |

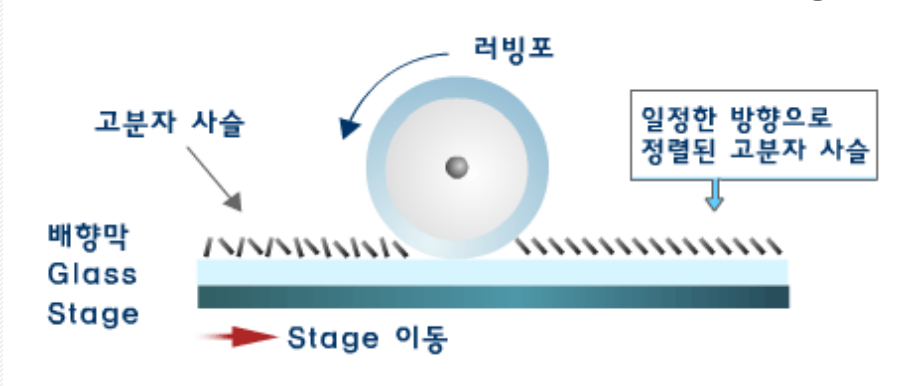


# 배향이란?

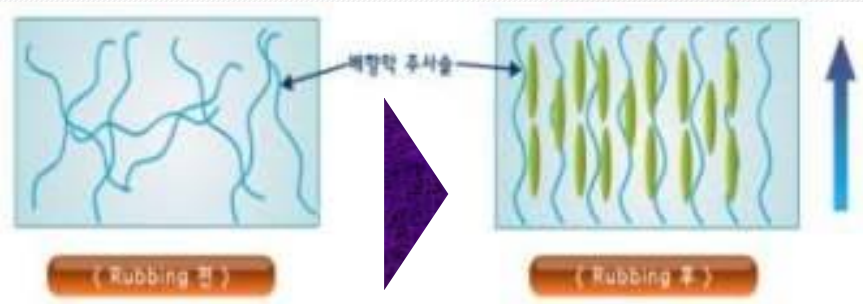
- What is happening on substrates ?
  - ⇒ Morphology & Polymer chain distribution



## Rubbing or LPUV exposure

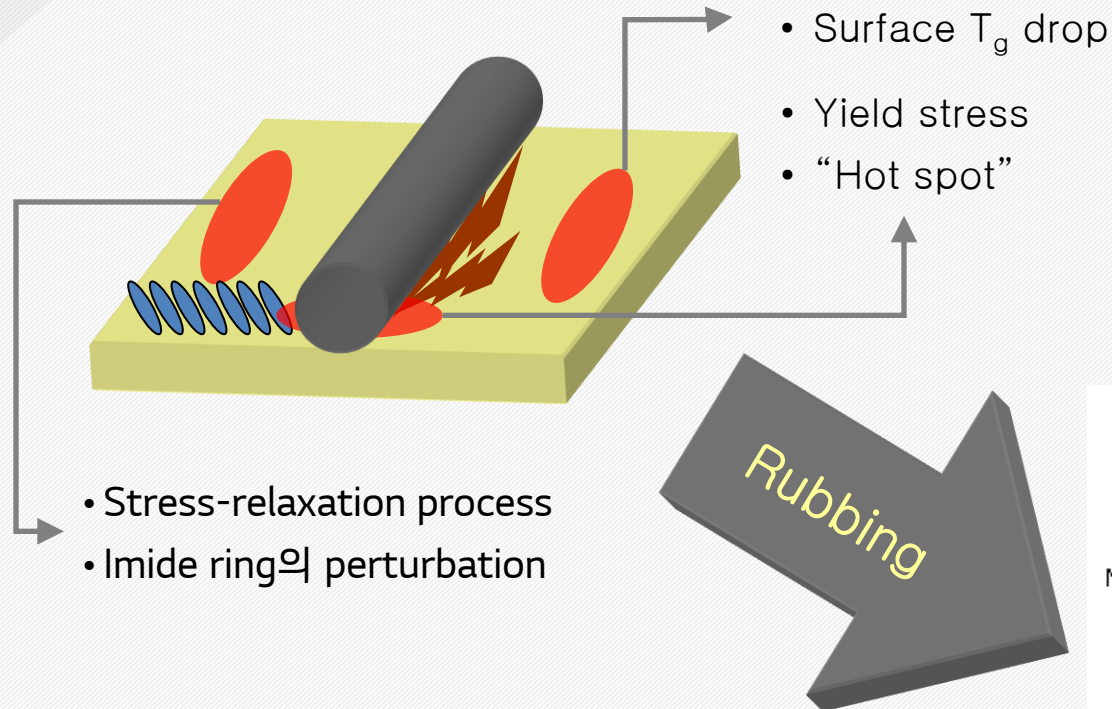


◆ Rubbing 前, 後 배향막(PI) 표면 변화



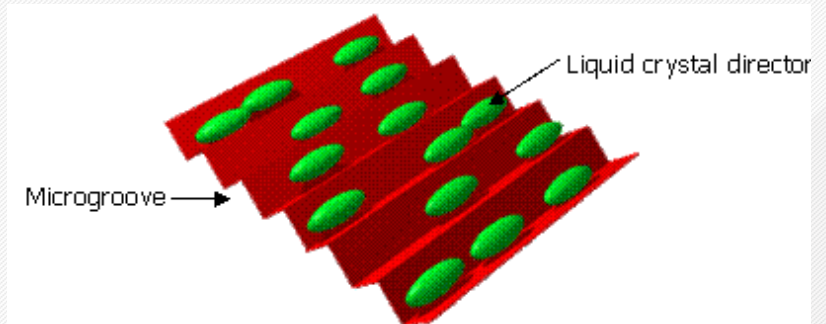
# 배향 Mechanism

## ● LC Alignment의 Mechanism에 대한 2가지 Model과 이론



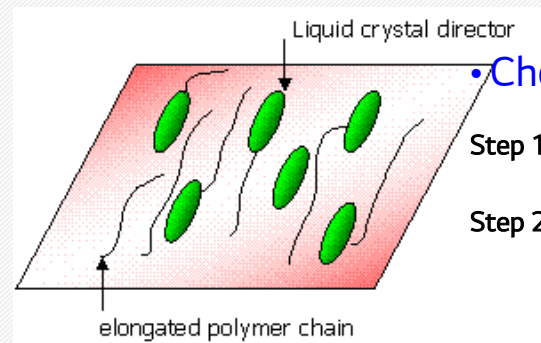
### • Physical morphology

Step 1. Microgroove is formed in the alignment film surface.  
Step 2. The distortion of the LC director is minimized in the alignment layer – LC boundary surface, and then liquid aligns.



### • Chemical interaction

Step 1. Alignment film is stretched along the alignment direction by rubbing treatment  
Step 2. By the intermolecular forces b/w polymer chain and LC molecule, LC molecule aligns along the alignment direction





## Why does LC align on the patterned surface?

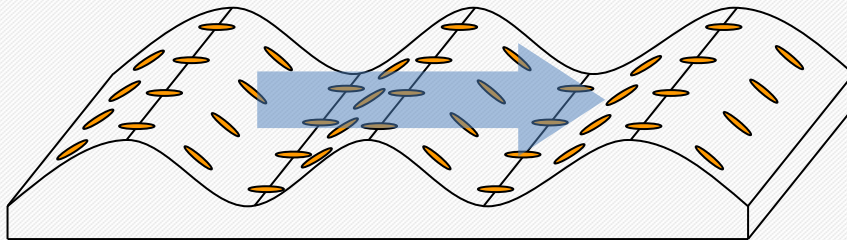
- ▶ Berreman theory : Groove (평행 패턴) 방향으로 액정이 배열될 때, 액정의 Distortion이 최소화 되고 액정 전체가 가장 안정한 상태 (최소의 Elastic Free Energy)로 존재하게 됨.

- ▶ Elastic Free Energy Density

$$\rho = \frac{1}{2} K_1 (\nabla \cdot \mathbf{n})^2 + \frac{1}{2} K_2 (\mathbf{n} \cdot (\nabla \times \mathbf{n}))^2 + \frac{1}{2} K_3 |\mathbf{n} \times \nabla \times \mathbf{n}|^2$$

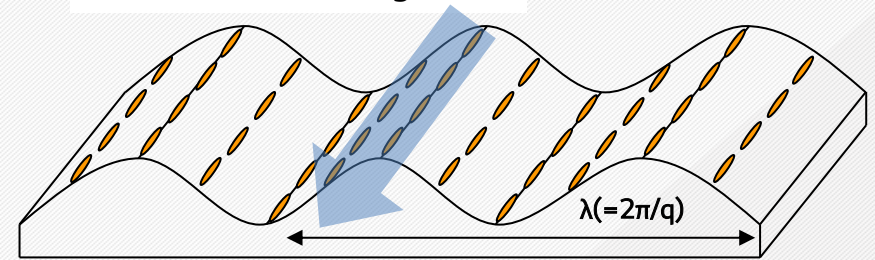
$$E = \iiint_{x,y,z} \rho(x,y,z) = \int_{z=0}^{\infty} \frac{K}{2} (Aq)^2 q^2 e^{-2qz} dz \sin^2 \theta = \frac{K}{4} (Aq)^2 q \sin^2 \theta$$

(1) Perpendicular to the groove ( $\theta=90^\circ$ )

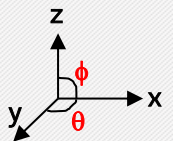


- LC distortion near groove wall
  - Elastic energy  $\uparrow$
  - Free energy of LC cell  $\uparrow$
  - Unstable state

(2) Parallel to the groove ( $\theta=0^\circ$ )



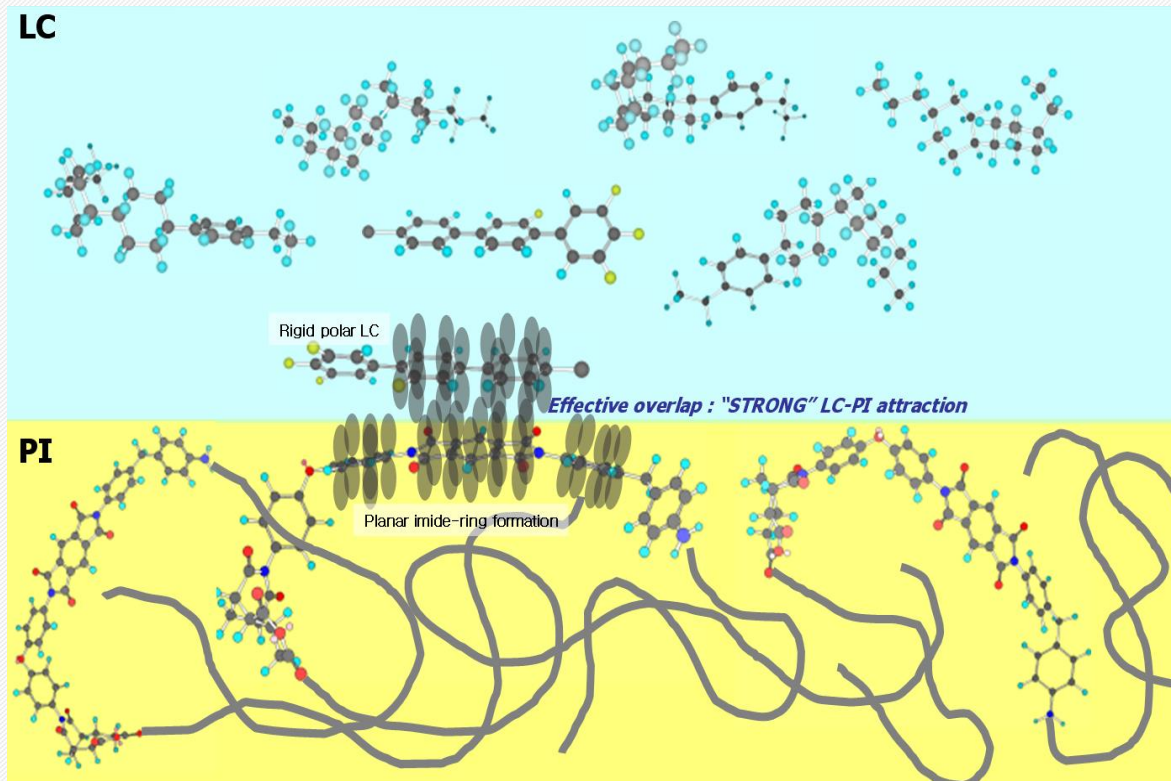
- No LC distortion near groove wall
  - Low free energy of LC cell
  - Stable state



- ▶ LC alignment along minimum free energy direction (groove direction)

## Chemical Interaction 모델링

Micro 영역에서 보면, PI 분자들은 직선 형태가 아닌 Random한 Helix 구조(꼬여있는 형태)로 이루어져 있으며, 액정 분자와 화학적 상호 작용(물리적 결합)을 형성함.



- Dipole-dipole
- Van der Waals
- p-p electron coupling

\* Chem-Office Simulation  
(Cambridge Soft)

# IPS 배향막의 특성

- IPS는 액정의 배향 각도에 관여하는 광학특성의 기여도로 인해 Black특성에 많은 상관관계가 있으며, 타 Mode대비 약한 Anchoring(AC특성)과 전극 구조자체의 DC Charging/Discharging에 대한 취약성(DC)으로 인해 잔상/신뢰성과 밀접한 관계를 가짐.

## LCD 특성

## PI 특성(관여인자)

### IPS 배향막

잔상 (Image Sticking)  
신뢰성 (흑열룩)  
Black (Contrast Ratio)  
Response Time  
Viewing Angle

Thin Film Resistivity, Residual DC, AC Stability  
Voltage Holding Ratio, Ion Density  
Rubbing Uniformity, Alignment-ability  
PI-LC Interaction (Azimuthal Anchoring Force)  
Pretilt Angle

# 배향막 재료의 요구 특성

## 배향막 재료

LCD에서 LC 분자에 직접 접하는 부분으로서, 액정분자의 배향 방향을 제어하는 기능성 박막이며, 배향막 재료는 LCD 특성을 결정하는 가장 중요한 역할을 하고 있다.

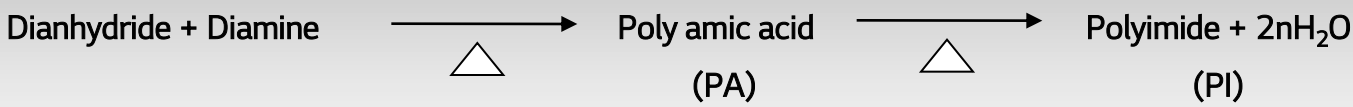
## 배향막 재료의 요구 특성

- 균일하게 성막되어야 함
- 배향력이 안정적으로 얻어져야 함
- 높은 투과도, 높은 비저항
- 하부층과의 접착성이 양호해야 함.

## 배향막 재료의 종류

- Polymer (polyimide, poly amic acid, UV curable polymer 등)
- 무기막 (SiOx, DLC, Au, Pt 등)

### ※ 배향재료의 종류와 특징

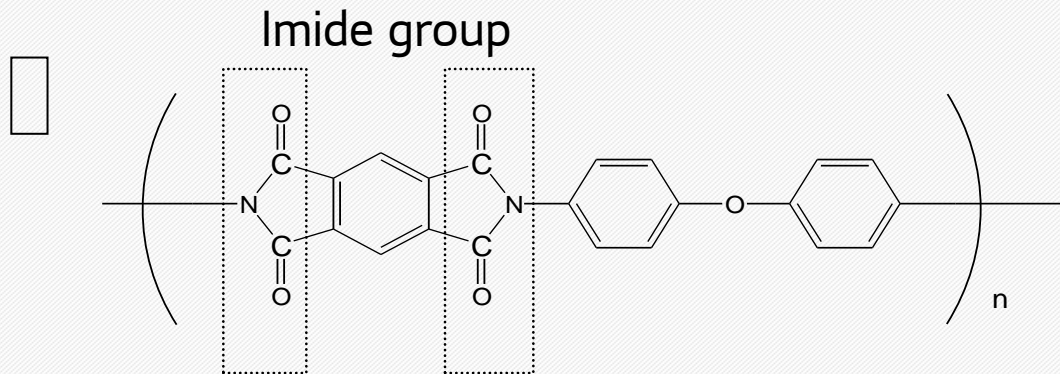


| 종 류                 | 방 식                                         | 장 점                           | 단 점                             |
|---------------------|---------------------------------------------|-------------------------------|---------------------------------|
| poly-amic acid (PA) | 기판에 도포후 열처리에 의한 이미드화                        | 인쇄성 양호<br>다양한 재료 선택<br>접착력 양호 | 이미드화율에 따라 막특성 변화 (온도 의존성)       |
| polyimide (PI)      | 폴리 아믹산을 열적/화학적으로 이미드화한 용액을 도포후 가열처리하여 용매 제거 | 저온소성 가능<br>경화시 막특성 변화 없음      | 인쇄성이 나쁨<br>접착성이 나쁨<br>제한된 재료 선택 |

# 배향막의 기본구조

- 일반적인 배향막은 Cell 내부 액정과 Direct접촉을 하고 있는 재료로서, 기본적으로 전기적/화학적/열적 안정성이 높은 고분자 구조를 띄는 것이 일반적이며, 현대 LCD공정에서는 Polyimide를 가장 많이 사용하고 있음.

- Oblique evaporation inorganic material
- Polyvinyl alcohol(PVA)
- Polyimide(PI)

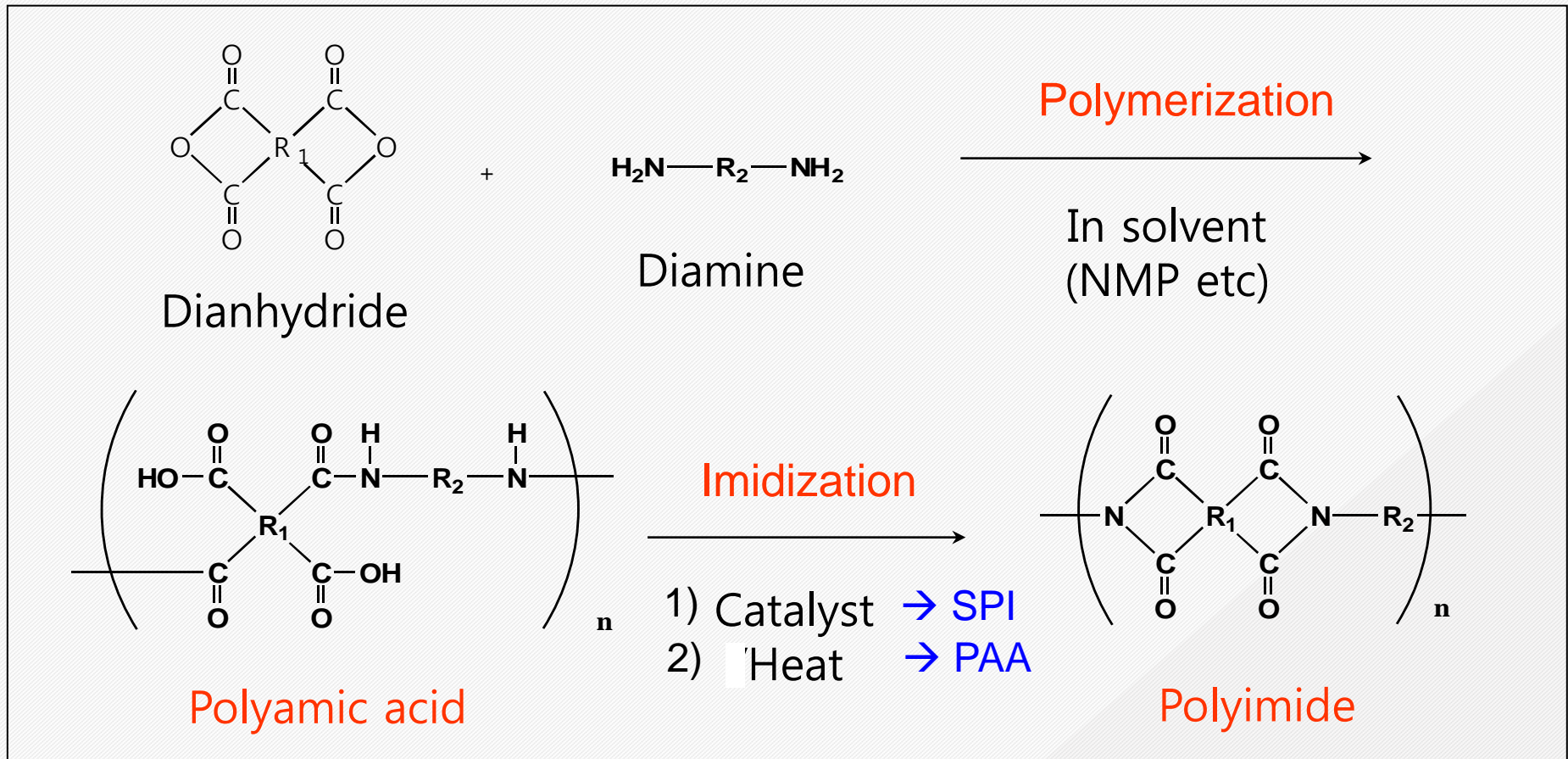


Typical polyimide(PMDA/DDE)

- Excellent electric insulation
- Excellent chemical stability
- Excellent heat stability

# 배향막의 기본구조

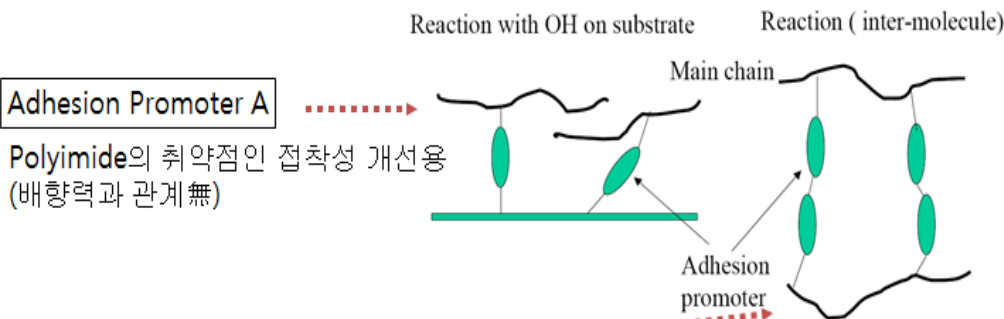
- Polyimide의 경우 안정적 구조형태로 인해 가공성이 떨어지며, 이러한 가공성을 부여하기 위해 Polyimide의 전단계인 Polyamic acid단계로 박막형성을 한 후 LCD공정상에서 경화공정을 거쳐 최종 Polyimide를 형성하는 것이 일반적임.





# 배향막의 기본구조

- 배향막 첨가제의 경우 소량의 함량이 포함되며, 하부 기저면과 배향막의 접착성향상, 분자간의 Networking형성, 배향막 상층으로 떠올라 Rubbing시의 물리적 Damage를 완화하는 기능을 가짐.



**Adhesion Promoter B**

약한 Cross Linking과 함께 배향막 표면에 소량 떠올라 Rubbing Scratch감소에 효과 (Buffer역할)

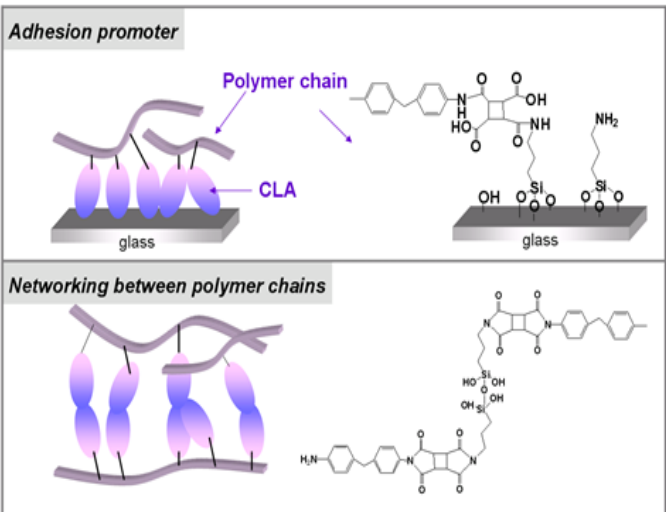
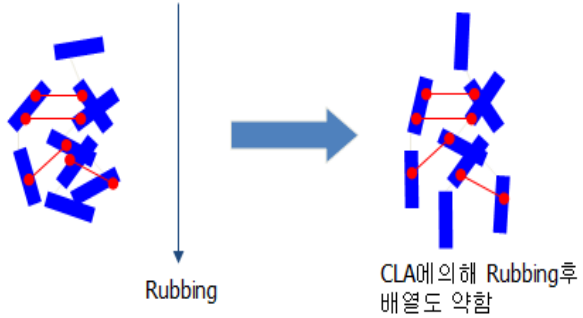
→ 과량 사용시 도포과정에서 배향막 표면에 많이 분포 → 배향력 저하됨

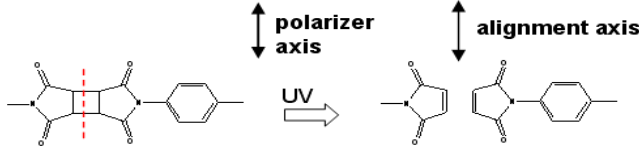
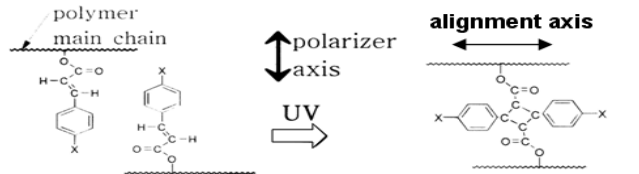
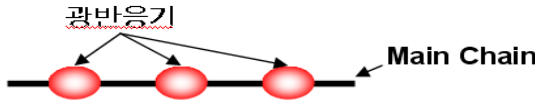
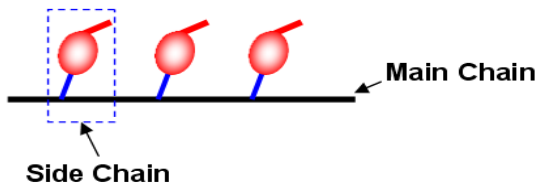
**Cross Linker(MM)**

강한 Cross Linking과 함께 PA의 Carboxylic acid Protecting 효과 탁월

→ 신뢰성에 우수한 효과 나타냄 (Epoxy CLA : JSR)

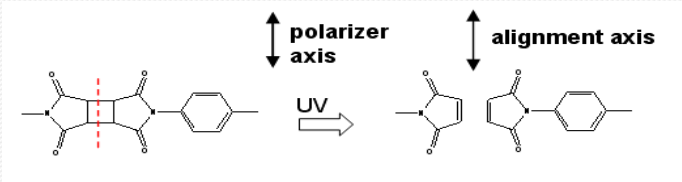
→ 반면 촘촘한 Cross Linking으로 인해 Rubbing 잘안됨 → AC특성 약화됨



| 재료 분류   |            | Concept                                                                             |
|---------|------------|-------------------------------------------------------------------------------------|
| 반응 Type | 광분해        |   |
|         | 광중합        |   |
| 재료 구조   | Main Chain |   |
|         | Side Chain |  |

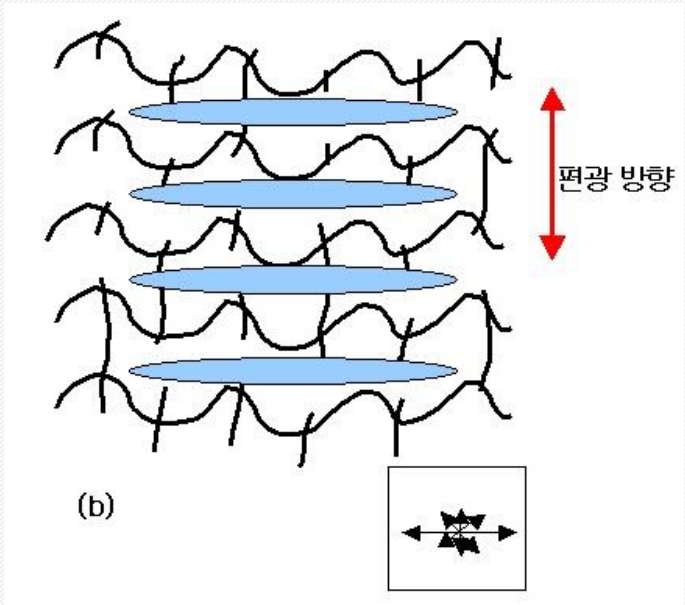
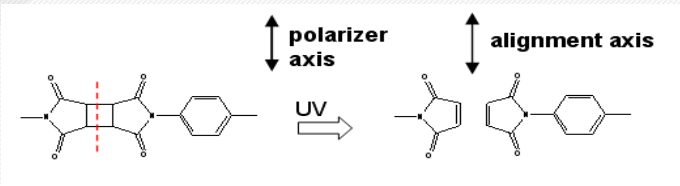
- 주반응 파장 : 230~280nm (Deep UV)
- 광안정성 매우 우수
- 잔류 분해물 제거를 위한 후처리 공정 필수

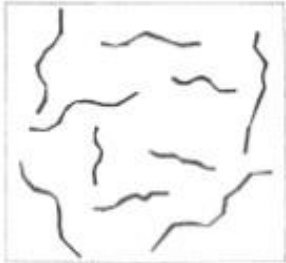


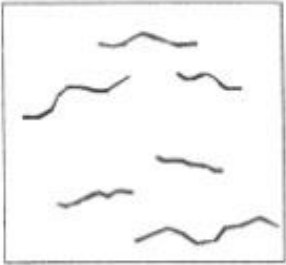
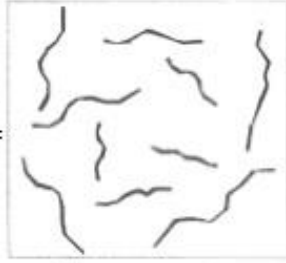


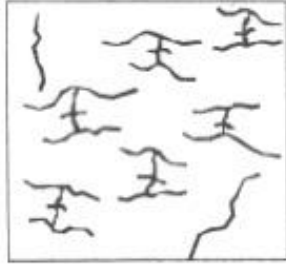
- 주반응 파장 : 280~360nm (일반 UV)
- 광안정성 취약 (가시광선 반응 가능)



- 광반응기가 Side Chain내 존재
- High Pretilt 형성 가능함(0~90°)
- TN / VA Mode 적용

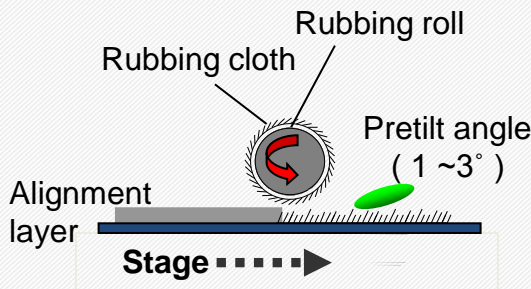
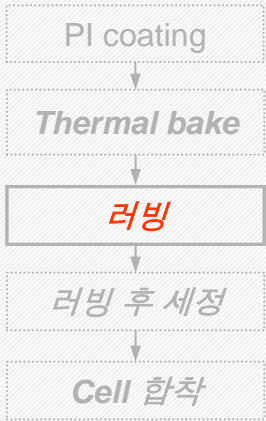
# New 배향 기술\_UV 배향 mechanism (광분해형)



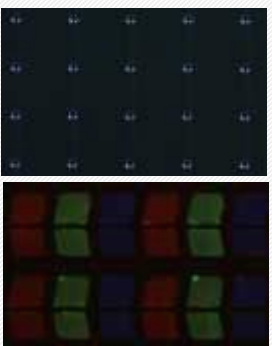
|       | 조사 前                                                                                                                                                                                                                            | 조사 後                                                                                                                                                                             |
|-------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 전미분해  | <p>폴리머 분자<br/>고리의 모양<br/>(Polyimide)</p>  <p>액정 배향</p>    | <p></p>    |
| 광가역분해 | <p>광반응성 폴리머<br/>분자고리의 모양<br/>(PVCi)</p>  <p>액정 배향</p>  | <p></p> |

- UV배향 공정은 비접촉 배향법으로 서 Cell 러빙 공정을 대체함.
- UV 배향을 AH-IPS 적용 시, 배향 균일도 개선과 Pretilt 0° 특성으로 인해 CR 및 시야각 개선이 가능함.

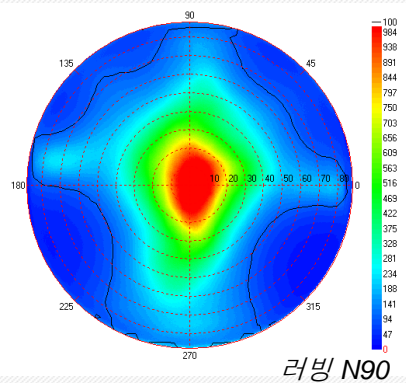
## Rubbing



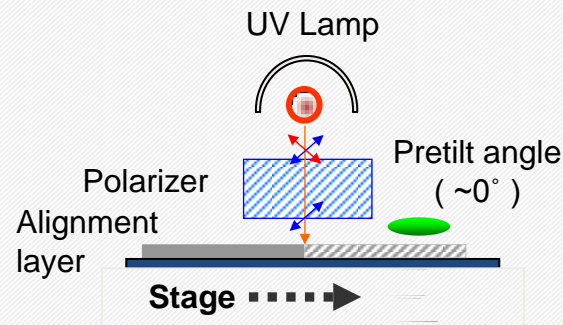
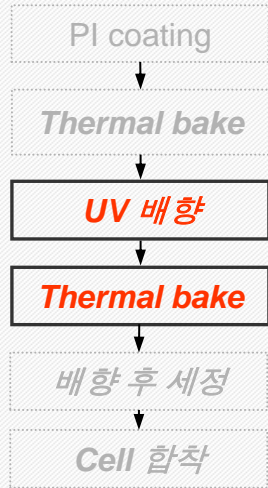
1 Light leakage



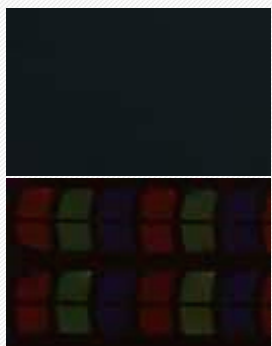
2 Viewing angle chart



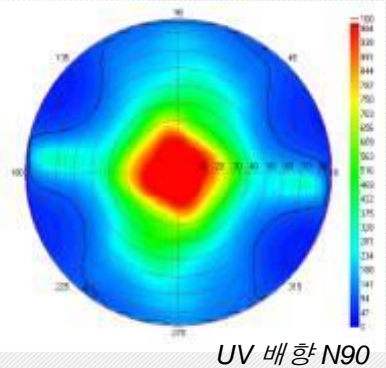
## UV 배향



1 Low light leakage

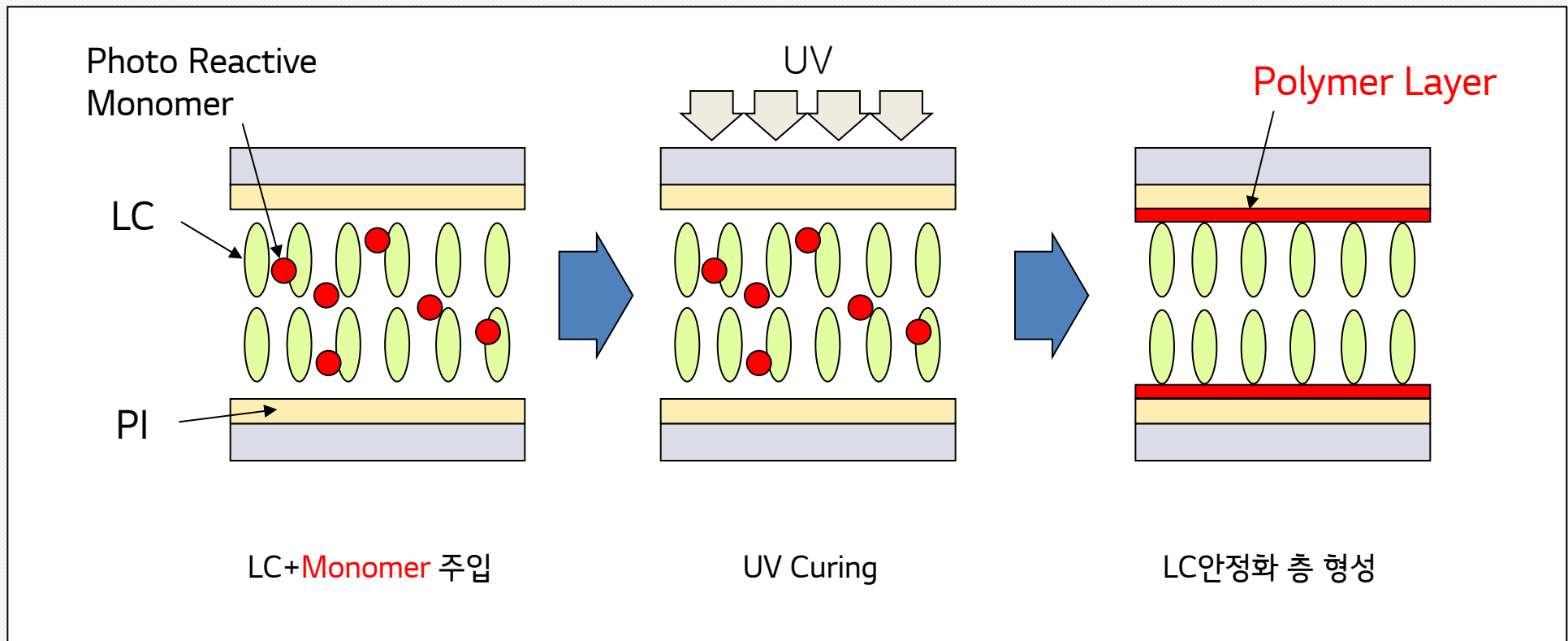


2 More wide viewing angle (@ diagonal direction)



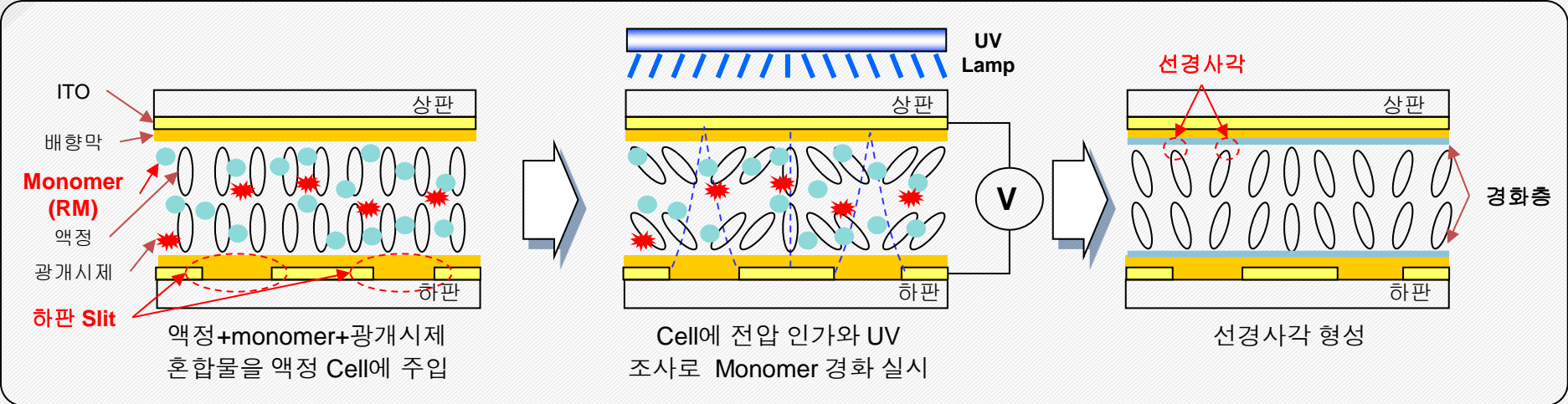
## ● PS-LCD (Polymer Sustained Liquid Crystal Display) Technology

기존 배향안정성이 취약한 OCB Mode, FLC등에서 배향안정성 확보를 위해 집중 연구가 되던 기술로 액정과 배향막 사이 층에 액정의 배향안정성을 부여할 수 있는 이종Polymer층을 도입함으로써 배향 안정성 및 기타 LCD 광학 특성의 향상을 구현하는 기술임

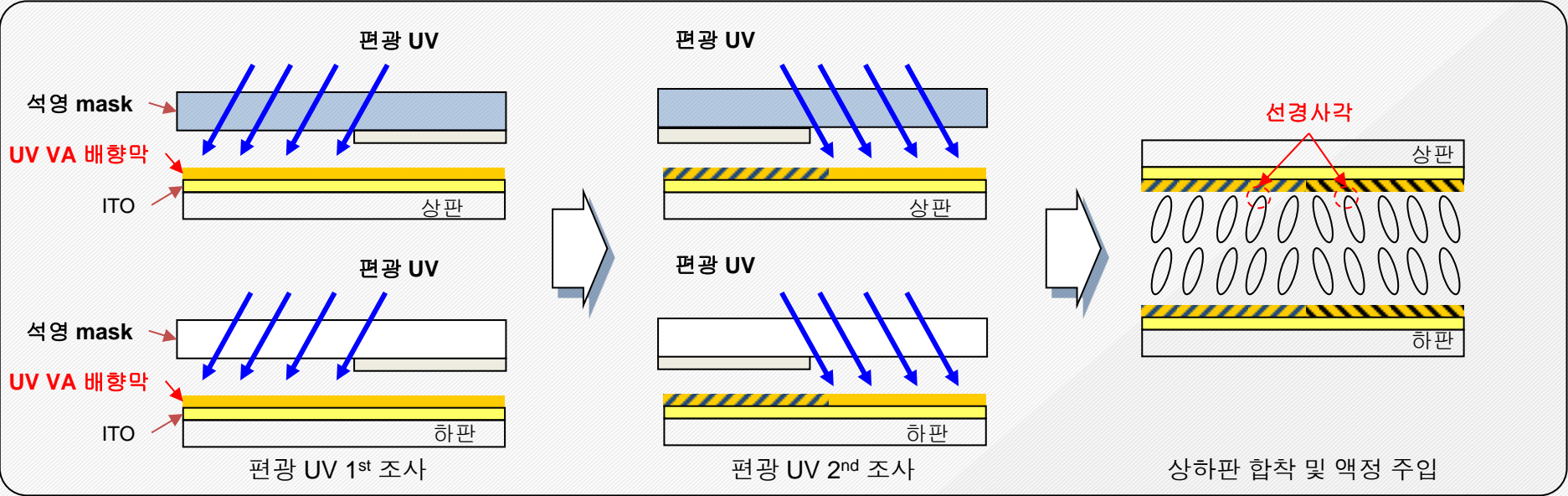




## PS-VA 공정 개요



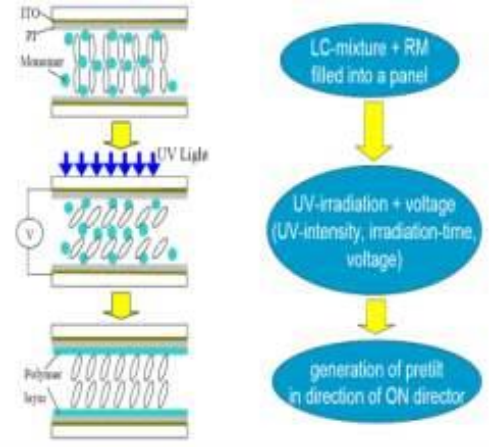
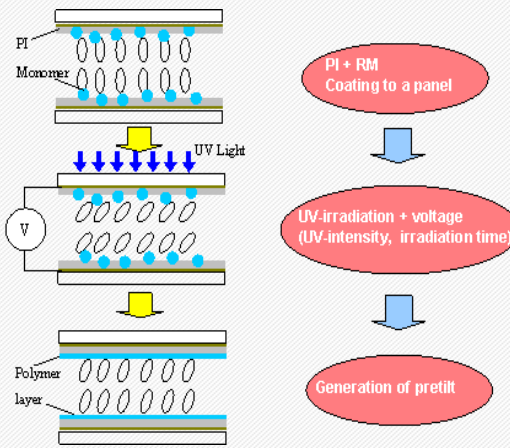
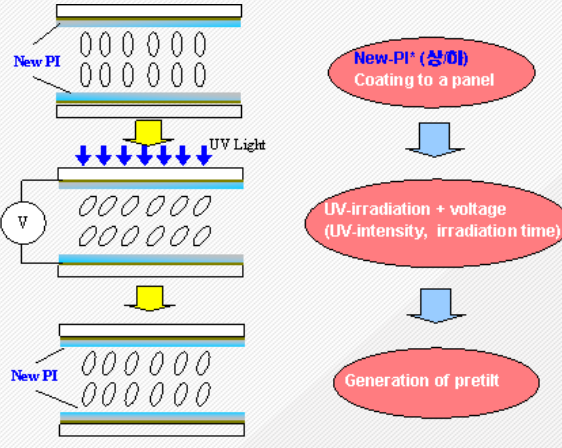
## UV<sup>2</sup>A 공정 개요





# New 배향 기술\_Polymer-Sustained(VA Mode)

- SC-VA는 광반응성 monomer를 배향막 포함하며, FPA는광반응성 치환기를 함유한 수직배향막을 이용해 전압 인가 / UV조사를 통해 Domain을 형성하는 기술임.

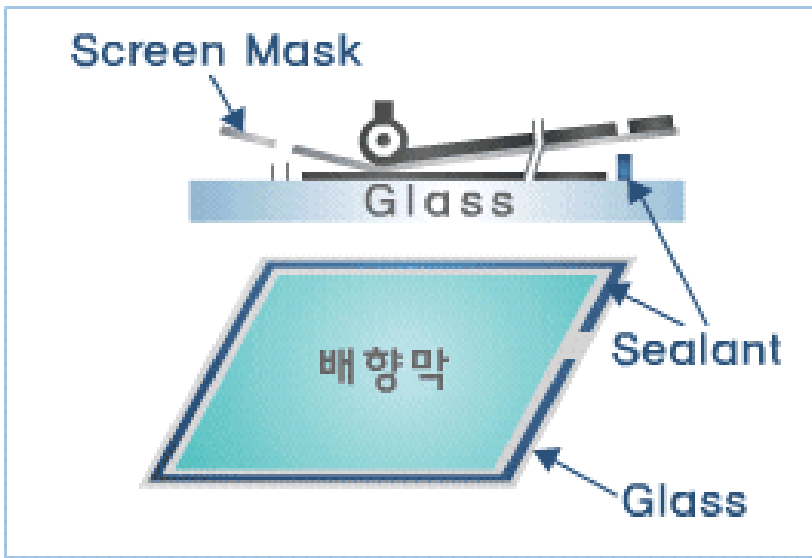
| Mode | PS-VA                                                                                        | SC(surface control)-VA                                                                        | FPA<br>(Field-induced Photo-reactive Alignment)                                                                    |
|------|----------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 구조   |            |            |                                |
| 원리   | <ul style="list-style-type: none"><li>액정에 *RM을 첨가하여 전압 인가 상태로 UV조사함으로 Domain을 형성함.</li></ul> | <ul style="list-style-type: none"><li>배향막에 *RM을 첨가하여 전압 인가 상태로 UV조사함으로 Domain을 형성함.</li></ul> | <ul style="list-style-type: none"><li>광반응성 치환기를 함유한 수직 배향막 (New-PI)을 적용하여 전압 인가 상태로 UV조사함으로 Domain을 형성함.</li></ul> |

\*RM : reactive mesogen

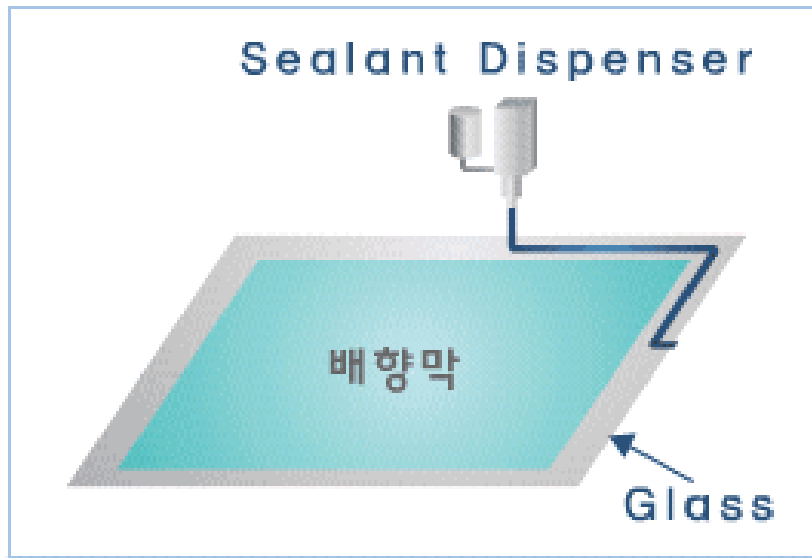
# Seal Dispensing 공정

- Sealant의 인쇄 방식에는 Screen 방식과 Dispenser 방식이 있음.
  - Screen 방식은 Print식으로 생산성이 우수하나 Mask 제작의 한계로 인하여 대형 Glass에 적용하기가 어렵고 Mask와 배향막의 접촉에 의해 Rubbing 상태에 영향을 줄 수 있음. (1공장에서만 적용)
  - Seal Dispenser 방식은 하나의 Seal을 그리는 방식으로 미세한 Seal Pattern 형성이 가능하고 대면적 적용이 가능하나 Screen 방식과 반대로 생산성이 낮음.

< Screen Mask >



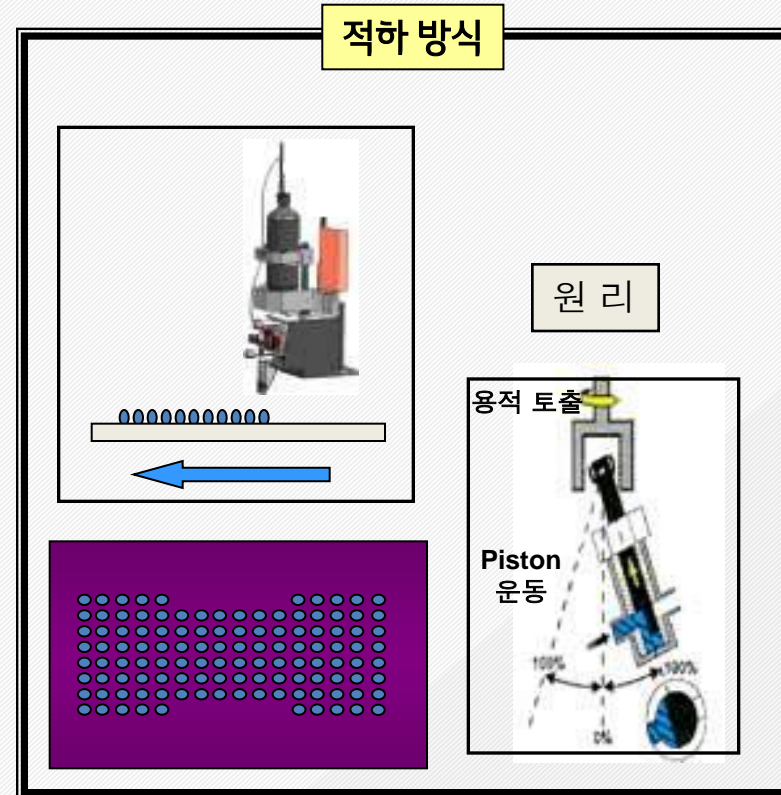
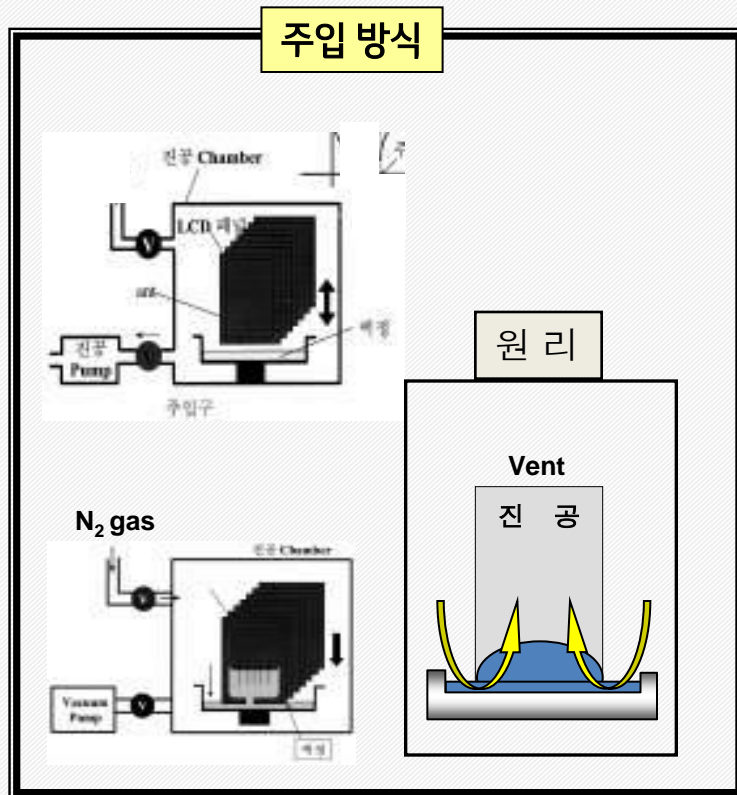
< Seal Dispenser >



# LC 주입/적하 공정

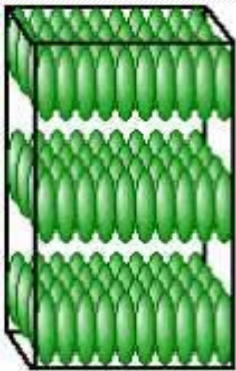
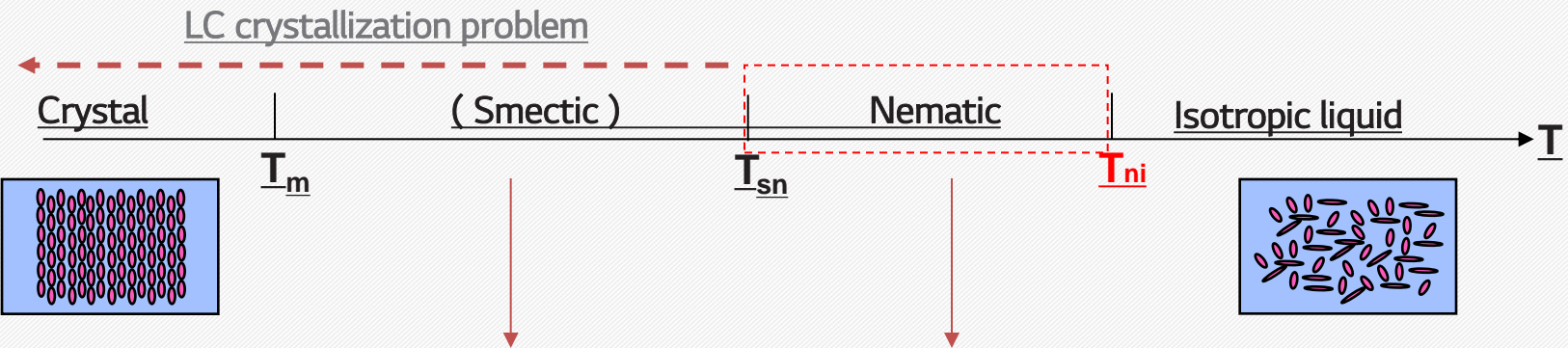
## ● LC Dispenser (액정 적하) 란

- 1) 액정 주입 방식은 TFT,C/F Glass 합착 후, 원장을 Panel 상태로 만든 후 액정을 주입하는 방식으로 액정 주입하므로, 시간이 많이 소요되고 많은 공정을 거치는 단점이 있음
- 2) 액정 적하 방식은 합착 전 단판 Glass에 LC Pump를 사용하여, 전면에 일정한 Pitch로 정량의 액정을 균일하게 Dotting 한 후 Seal Drawing된 Glass와 합착함으로써 액정 사용량 최소화, 공정 축소, Tack Time 단축 등이 가능함

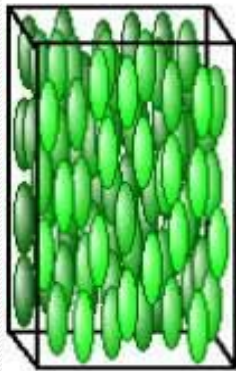


- Nematic Range ( $T_{ni}$  &  $T_{cn}$ ).

고체(crystal)와 액체(Isotropic liquid) 사이에서 display로써 활용 가능한 Nematic 액정상을 가짐.  
자사의 경우 application에 따라 다르나 보통  $-20^{\circ}\text{C} \sim 75^{\circ}\text{C}$ 의 nematic range를 갖는 액정을 사용함.



A theoretical picture of the smectic phase (left) and a photo of the same phase (above).  
*Photo courtesy Kent State University*



A theoretical representation of the nematic phase (left) and a photo of a nematic liquid crystal (above).  
*Photo courtesy Kent State University*

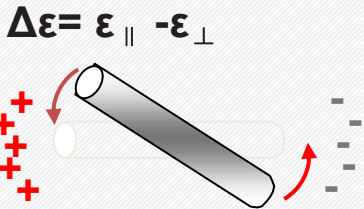
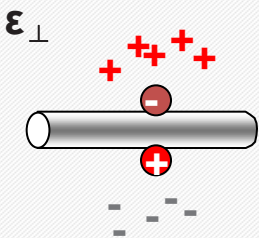
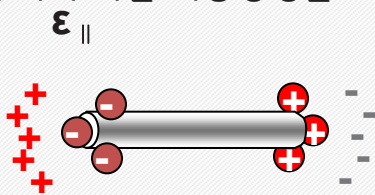
- (1) Crystal-nematic transition temperature.
- (2) Nematic-isotropic transition temperature

# LC properties

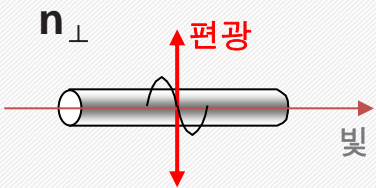
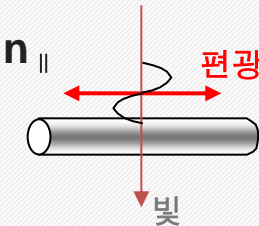
액정 재료의 고유한 특성

액정 재료의 물성은 방향에 따라 다른 비등방성을 보임

유전율



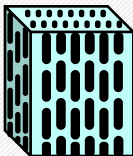
굴절율



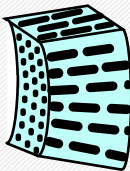
$\Delta n = n_{||} - n_{\perp}$   
위상차 유발

탄성계수

① 평형상태

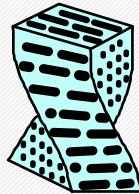


② Splay



$K_{11}$

③ Twist



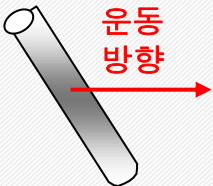
$K_{22}$

④ Bend

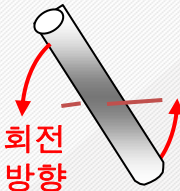


$K_{33}$

점도



Translational Viscosity



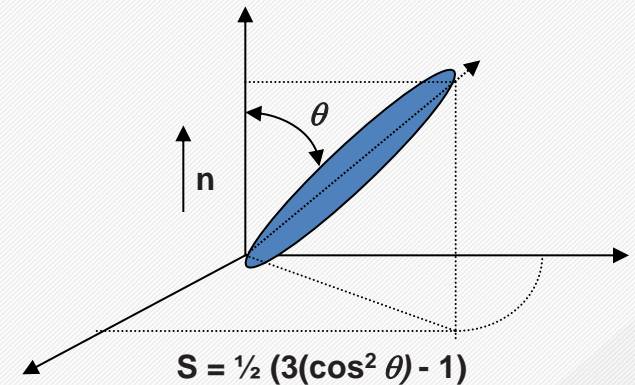
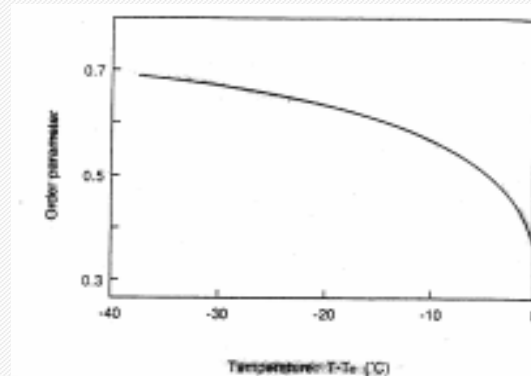
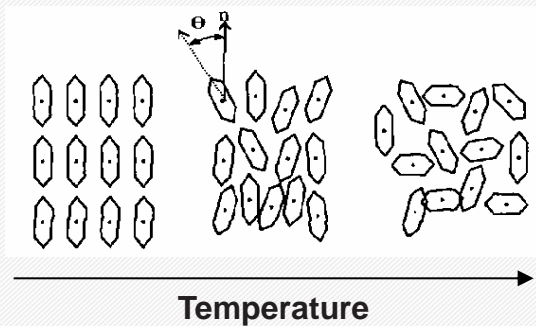
Rotational Viscosity



# Order Parameter

## ● 분자배열 질서도; S (Order parameter)

모든 LC 분자가 상호 완전하게 평행을 이루거나, 기판에 대하여 수직이나 평행으로 정연하게 배열하는 것만은 아니고, 그 배열의 정렬 정도는 본질적으로 분자의 열 운동에 의한 산란에 따라 저하되고, 또한 분자의 구조나 형상에 따라서도 좌우된다.



전체 액정 분자를 거시적으로 바라보았을 때 분자 길이축이 우선적으로 배향되어 있는 방향의 단위 vector를 director(n)라 하고, 이 때 개개의 액정 분자가 길이축 방향으로부터 벗어난 각도를  $\theta$ 라고 하면 Order parameter (S)는 다음과 같이 정의된다.  $\rightarrow S = \frac{1}{2} (3(\cos^2 \theta) - 1)$

- 1)  $S = 0$  등방성 액체와 같이 분자 길이축의 배향 방향이 완전히 산란되어 있는 경우  $\rightarrow$  liquid
- 2)  $S = 1$  모든 분자가 완전히 평행 배향하여 있는 이상적인 경우.  
절대온도 영역에서나 가능하며, 일시적으로 실현될 수 있음  $\rightarrow$  Crystal
- 3)  $S = 0.3$  통상적인 Nematic 액정.



# Order Parameter

## Order Parameter와 액정 물성과의 관계

Order Parameter는 액정의 물성, 특히 탄성력 및 이방성 특성을 결정 짓는 중요한 factor임.  
온도가 증가함에 따라 액정 산란에 의해 액정 배열정도 (order parameter)는 저하되어, 이방성 및 탄성력이 감소되는 특성을 나타내게 된다.

| Parameter             | Nomenclature     | proportional to $\propto$ |
|-----------------------|------------------|---------------------------|
| Elastic Constant      | $K_{ij}$         | $S^2$                     |
| Birefringence         | $\Delta n$       | $S$                       |
| Dielectric Anisotropy | $\Delta\epsilon$ | $S$                       |

**Example :** Does the threshold voltage for a TN increase or decrease as the operating temperature increases?

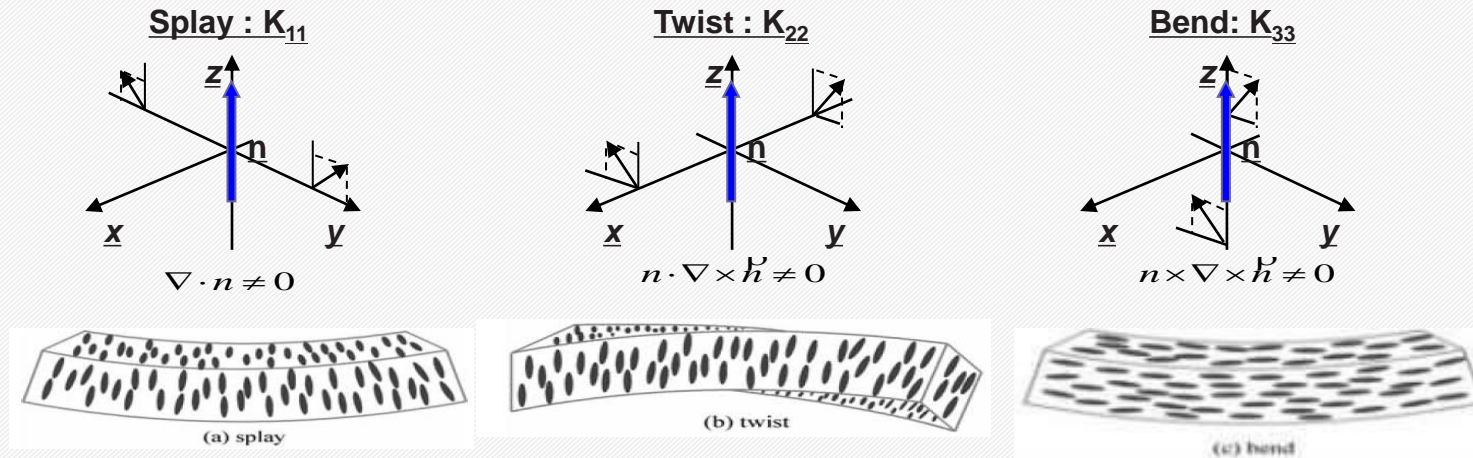
$$V_{th} \propto \sqrt{\frac{K}{\Delta\epsilon}} \propto \sqrt{\frac{S^2}{S}} = \sqrt{S}$$

**Scales as the square root of S**  
**Therefore,  $V_{th} \downarrow$  as  $T \uparrow$**

# Elastic constant

## 탄성 계수(K, Elastic Constant)

탄성계수란 외부 힘에 의하여 변형을 일으킨 물체가 힘이 제거되었을 때, 원래 상태로 되돌아 가려는 복원력에 비례하는 물성으로, 물질마다 고유한 탄성 상수 K로 표시함.

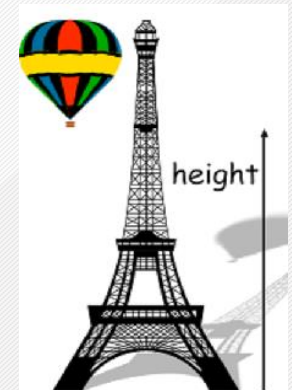


## The Elastic Energy Density (free energy without electric field, Oseen-Frank equation)

액정 분자의 배열에 따른 potential energy density이 값이 낮을 수록 안정한 상태가 되기 때문에, 최소가 되는 방향으로 액정 분자들이 정렬한다.

$$U_{EL} = \underbrace{\frac{1}{2} k_{11} (\nabla \cdot n)^2}_{\text{Splay}} + \underbrace{\frac{1}{2} k_{22} (n \cdot \nabla \times n)^2}_{\text{Twist}} + \underbrace{\frac{1}{2} k_{33} (n \times \nabla \times n)^2}_{\text{Bend}}$$

$\underline{n}$  : unit vector representing the director distribution in the cell



Potential energy가 낮을 수록 안정한 상태

- 탄성 계수(K, Elastic Constant)

1. 최근의 개발 동향(탄성 계수 측면)

1) 탄성계수 증대를 통한 명암비 개선; 고탄성 액정 적용시 액정내 빛산란 감소 → CR 향상에 기여!

$$S_{lc} = \frac{\left\{ \Delta n^2 (n_e + n_o) \right\}^2 d}{K}$$

: Scattering index

$$K = \frac{k_{11} + k_{22} + k_{33}}{3}$$

2) 탄성 계수 증대를 통한 Falling time 개선

$$\tau_{on} \propto \frac{\gamma_1 \cdot l^2}{\epsilon_o \cdot \Delta \epsilon (V^2 - V_{th}^2)}$$

$$\tau_{off} \propto \frac{\gamma_1 d^2}{\pi^2 K_2}$$

액정의 응답특성 중 Falling time은 액정의 물성 Parameter에 의존되며, 최근에는 탄성계수 증대를 통한 falling time개선 노력이 있음.

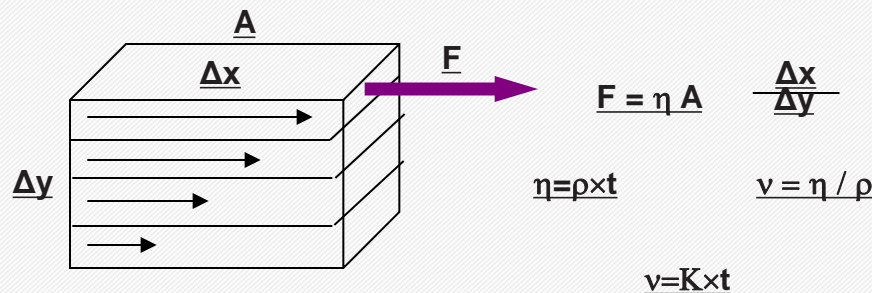
2. Neck issue

그러나, 탄성계수의 증가시 구동전압 증가를 수반하게 됨으로, 실제 개발 시에는 유전율 이방성 및 점도를 반영하여 액정 설계가 이루어 지고 있음.

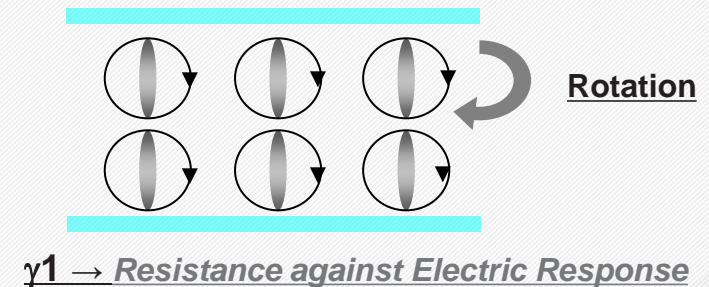
# Viscosity

- 유체의 흐름에 해당하는 flow viscosity와 전기장 인가에 따른 액정 director 재배열에 해당하는 rotational viscosity의 두 종류가 있음.
- 액정의 점도는 주어진 전기장에 대한 액정의 응답속도를 결정하는 중요한 특성으로 점도가 작을 수록 응답 속도는 빠름.

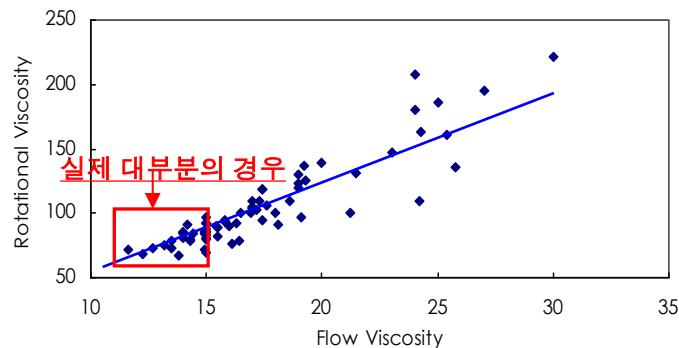
## Flow Viscosity [ $\eta$ ]



## Rotational Viscosity [ $\gamma_1$ ]



## Flow viscosity와 Rotational viscosity의 관계



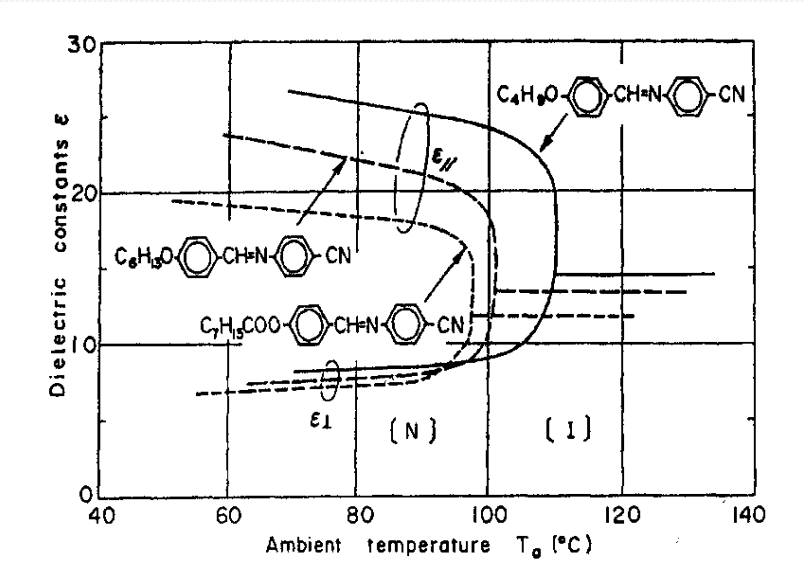
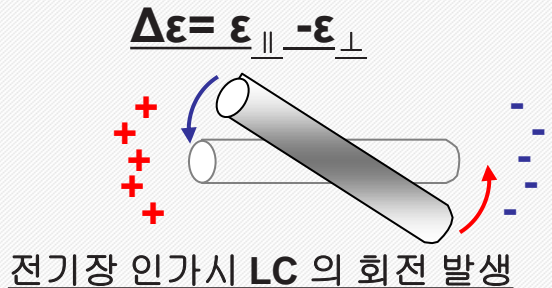
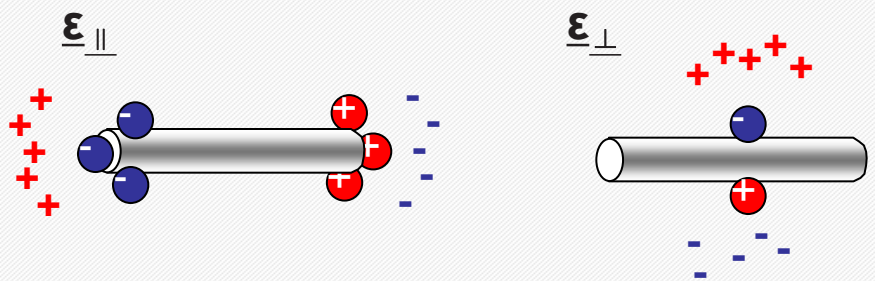
$$\tau_{on} \propto \frac{\gamma_1 \cdot l^2}{\epsilon_o \cdot \Delta \epsilon (V^2 - V_{th}^2)} \quad \tau_{off} \propto \frac{\gamma_1 d^2}{\pi^2 K_2}$$

$\gamma_1$  (Rotational Viscosity)

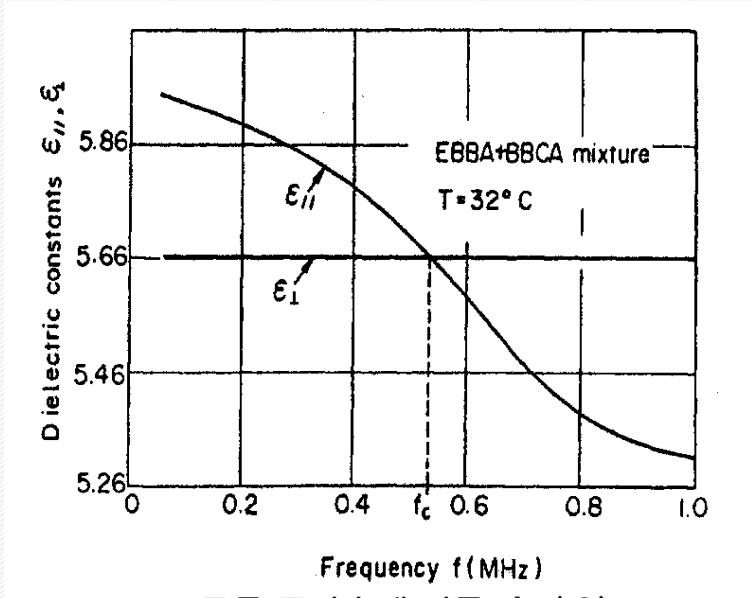
$\rightarrow$  Parameter to Decide Response Time!!!

Dielectric Anisotropy ( $\Delta\epsilon$ , 유전율 이방성)

액정 분자들의 비등방 배열에 의해 발생하는 액정의 고유 물성이며, 값이 클수록 액정 분자가 외부 전기장에 의해 쉽게 회전함



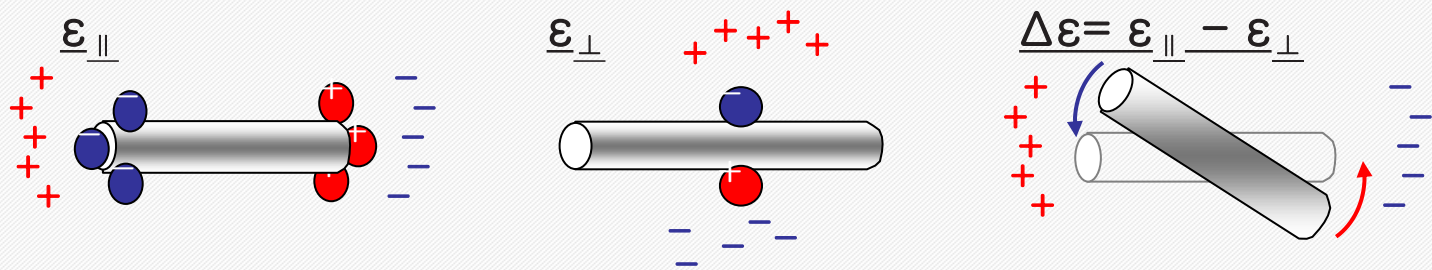
상전이 온도 (  $T_{ni}$  ) 이상이 되면  $\Delta\epsilon=0$  이 됨



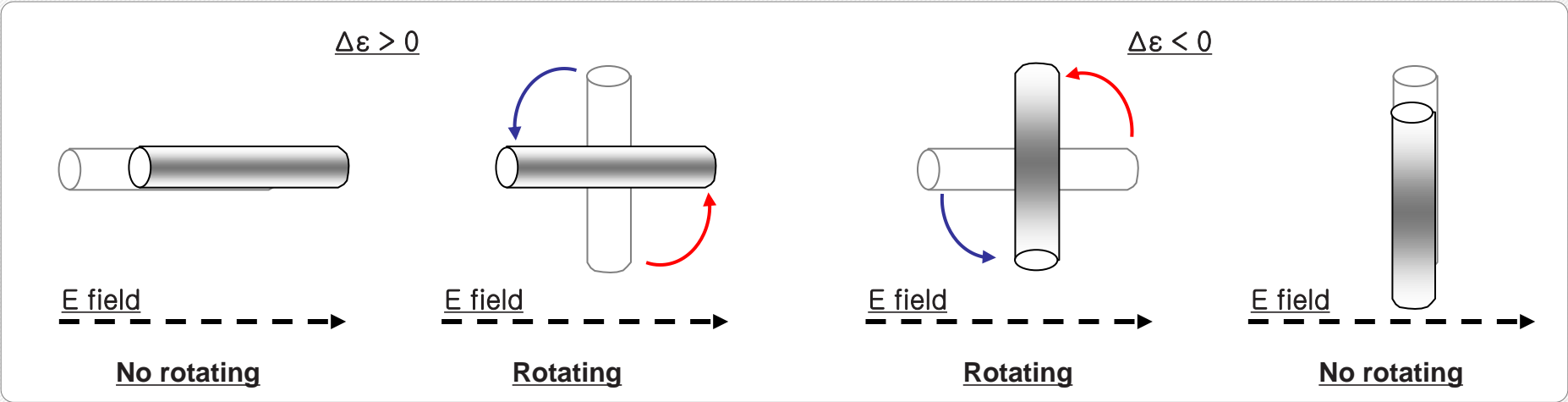
구동 주파수에 의존:  $\Delta\epsilon(f)$

- Dielectric Anisotropy ( $\Delta\epsilon$ , 유전율 이방성)

Positive & Negative LC



Positive LC (If  $\epsilon_{\parallel} > \epsilon_{\perp}$ ,  $U_{\min}$ \*: Parallel )  $\rightarrow$  전기장에 평행한 방향으로 액정이 배열 : TN, IPS mode  
Negative LC (If  $\epsilon_{\perp} > \epsilon_{\parallel}$ ,  $U_{\min}$ : Perpendicular )  $\rightarrow$  전기장에 수직한 방향으로 액정이 배열 : VA mode



\*  $U_{\min}$ : Lowest Electro-static Energy



# Dielectric Anisotropy

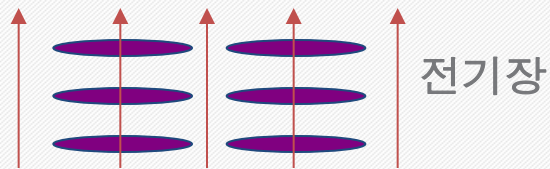
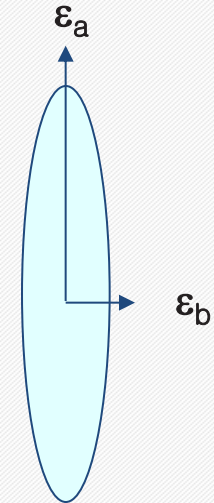
## 유전율 이방성( $\Delta\epsilon$ )에 의한 LC 회전

(1) Dielectric energy density  $F$

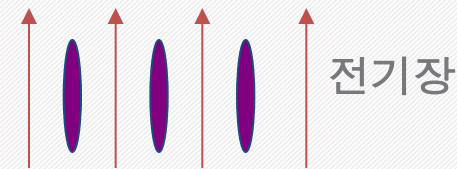
- 전기장 인가시 발생하는 energy: 유전율  $\times$  (전기장)<sup>2</sup>에 비례
- $F$ 의 크기가 작을수록 안정된 상태
- 전기장 인가시  $F$ 를 최소화 하는 방향으로 액정이 정렬

(2) 비등방성 특성 때문에 LC의 경우 전기장에 대한 LC의 방향에 따라  $F$ 의 값이 달라짐

(3) Nematic LC : 전기장 인가 시 액정 배치



$$F_b = -\epsilon_b E^2 / 2$$



$$F_a = -\epsilon_a E^2 / 2$$

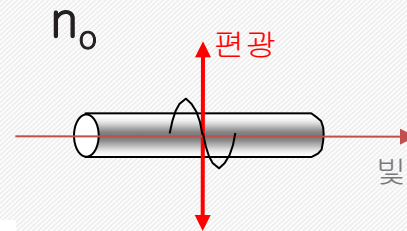
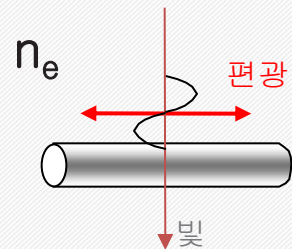
Positive LC (If  $\epsilon_b < \epsilon_a$ ,  $F_b > F_a$ ) → 전기장에 평행한 방향으로 액정이 배열 : TN, IPS mode

Negative LC (If  $\epsilon_b > \epsilon_a$ ,  $F_b < F_a$ ) → 전기장에 수직한 방향으로 액정이 배열 : VA mode

# Birefringence

## Birefringence ( $\Delta n$ , Optical Anisotropy)

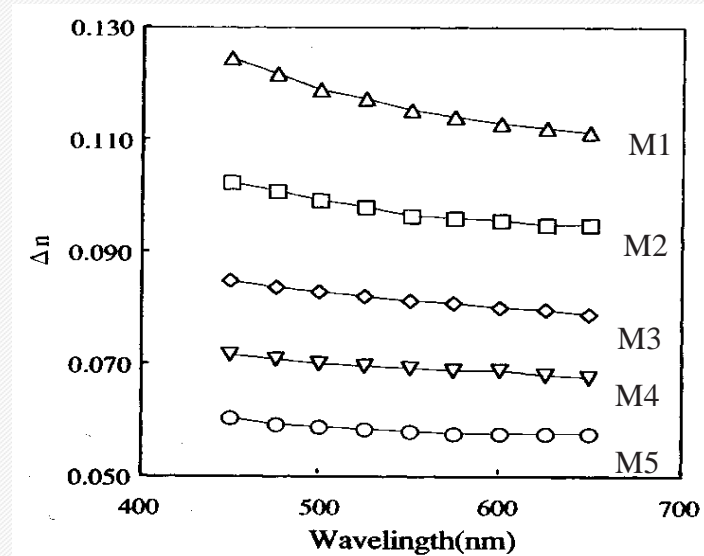
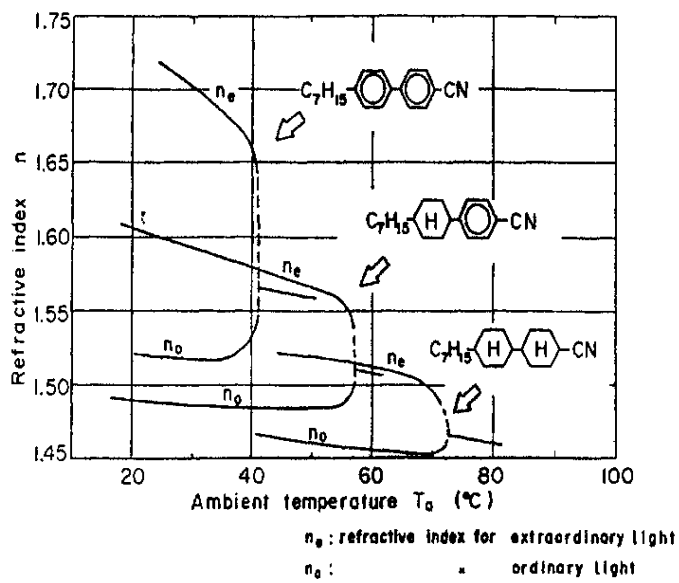
: 액정 분자들의 비등방 배열에 의해 발생하는 액정의 고유 물성 값이 클수록 입사광의 편광을 변화시키는 효과가 증가



$$\Delta n = n_e - n_o$$

→ 위상차 유발

Basic Concept of Liquid Crystal Cells



# LCD 특성과 물성의 관계

- 전기 광학 특성 overview

- Response Time (MPRT)**

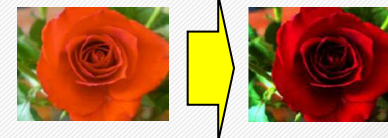
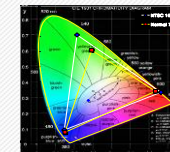


- Resolution**

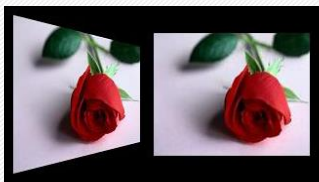
- Luminance (Brightness)**

- Low Power**

- Color Gamut**



- Viewing Angle**



- Contrast Ratio**

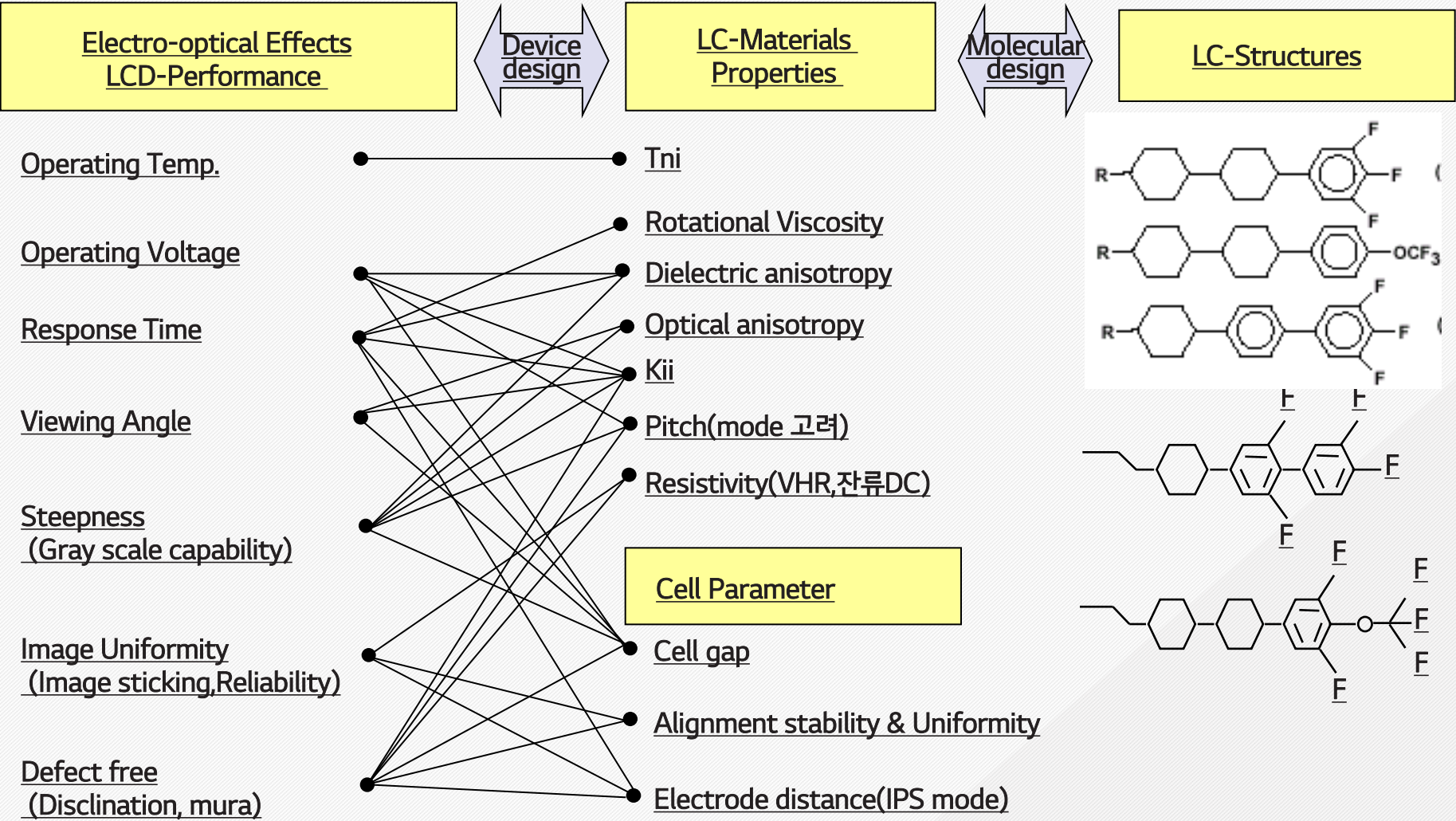


- Color Depth (Grey Level)**

8 bit → 10 bit → (12 bit)

# LCD 특성과 물성의 관계

## 액정 물성과 전기적 특성과의 상관관계



# *Where Your Value Creation Begins*



[www.lgdisplay.com](http://www.lgdisplay.com)