

液晶ディスプレイ動作モードと液晶材料

山口東京理科大学

液晶研究所

高頭 孝毅

本日の講演

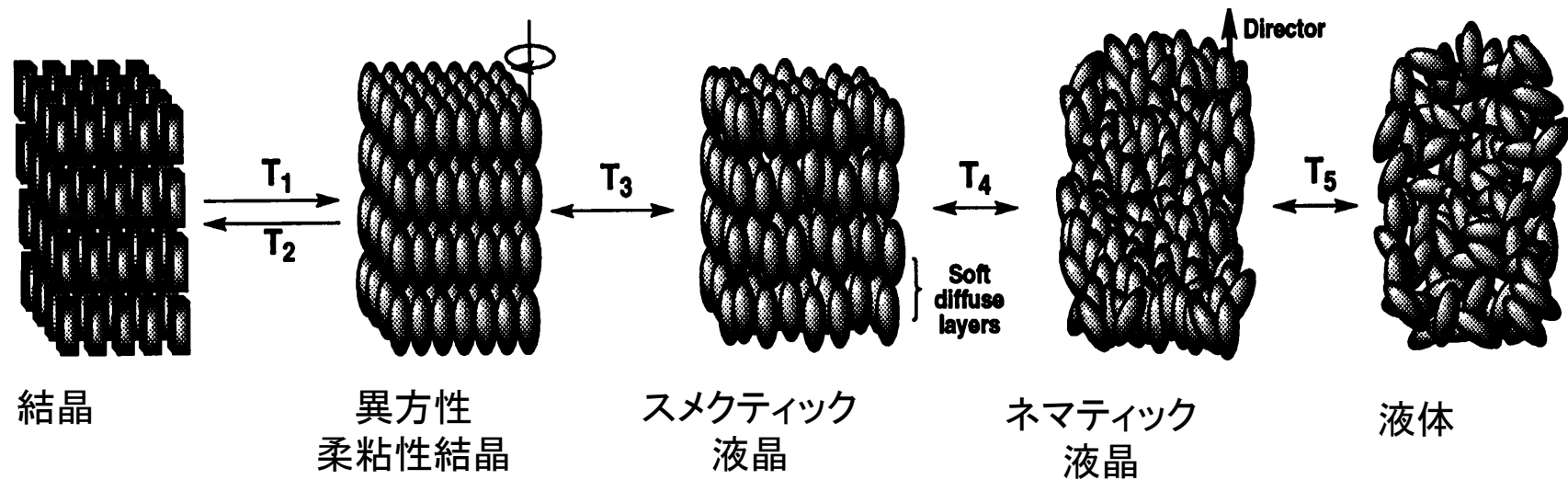
- 液晶ディスプレイの主な動作モードと液晶材料を概観する。
- TN液晶を基本として必要なトピックスを説明する。

■ 基礎	① 液晶相	②液晶の配向		
■ TN液晶	① 構成要件	ギャップ	ねじれ方向	
	② 特性	駆動電圧	視野角	応答速度
	③ 液晶材料	セグメント用	マトリックス用	TFT用

- 他のモードはTNのアナロジーで捕らえる
 - VA
 - IPS
 - OCB
 - STN

液晶状態

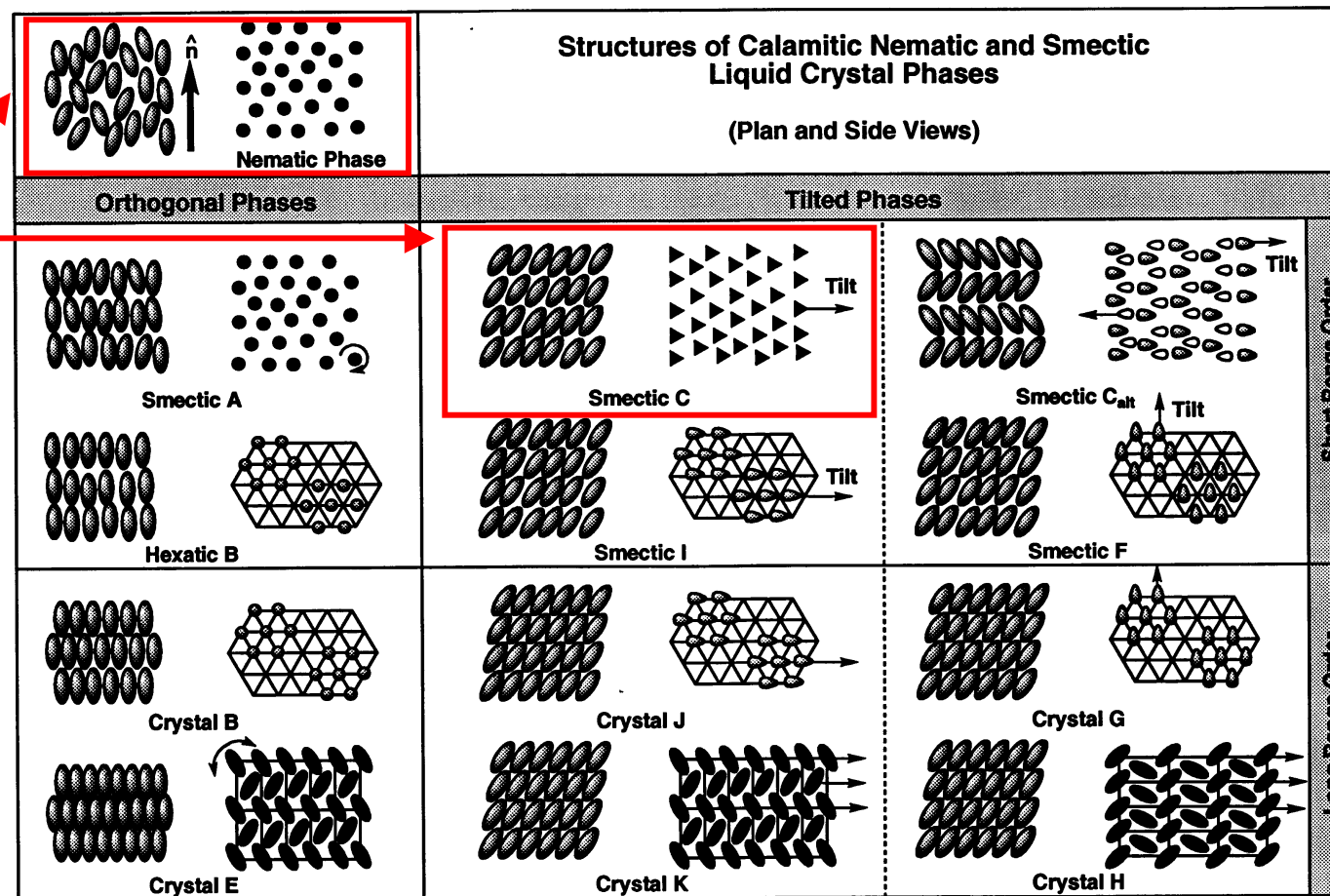
液晶相



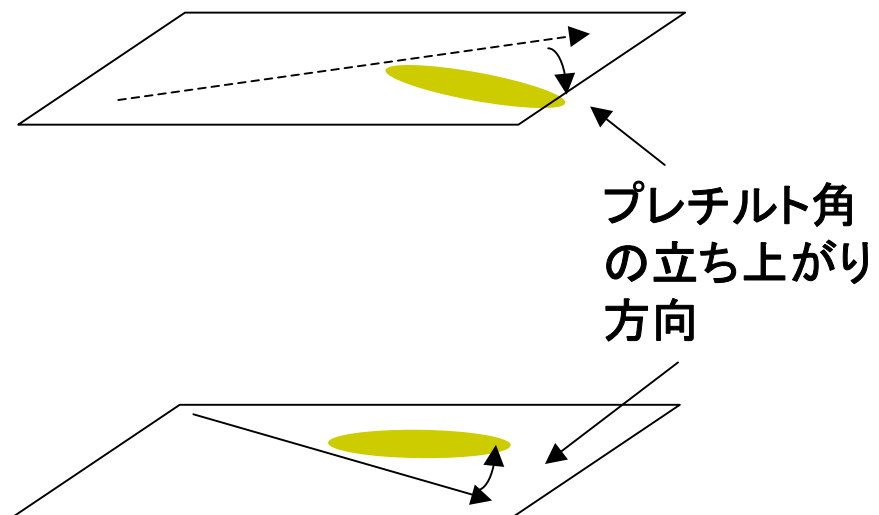
液晶相

液晶相のバリエーション

LCDに
応用
されている
液晶

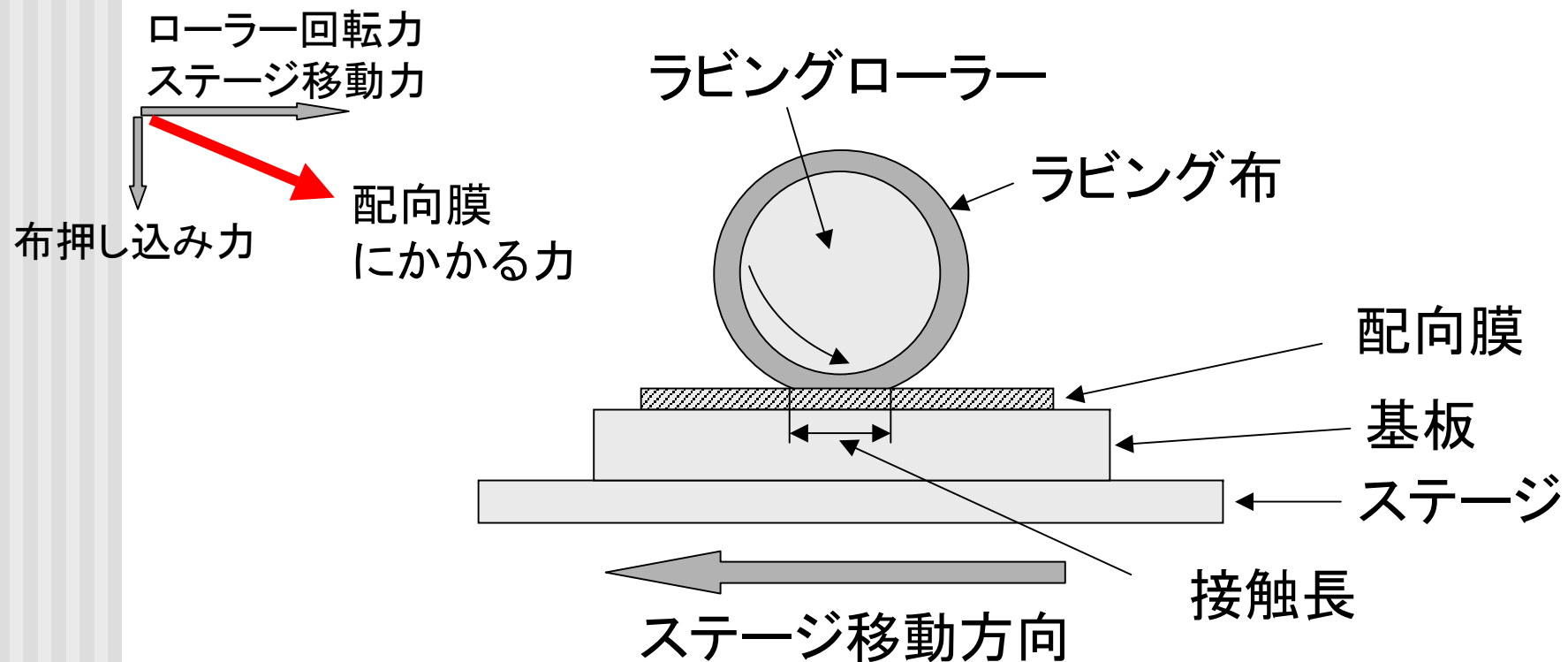


液晶の配向

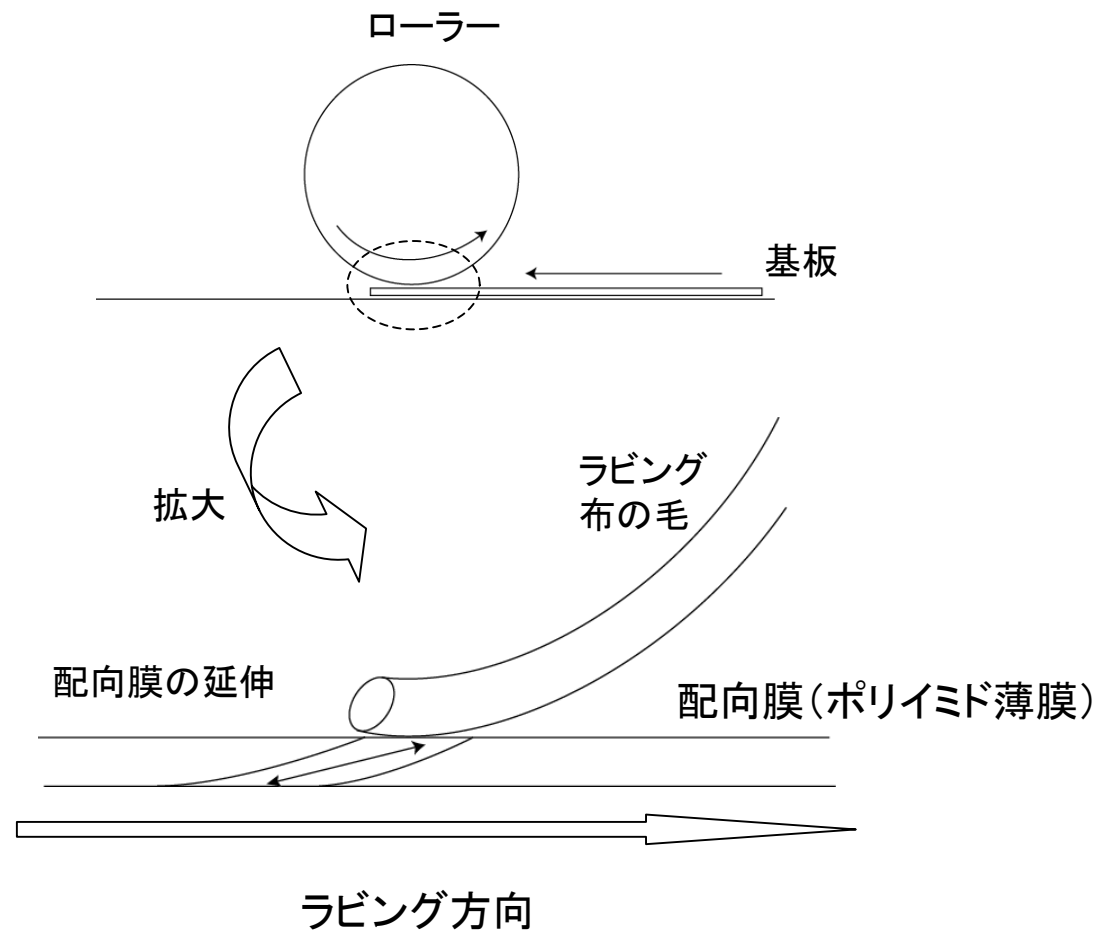


ラビングプロセス

■ 概略図

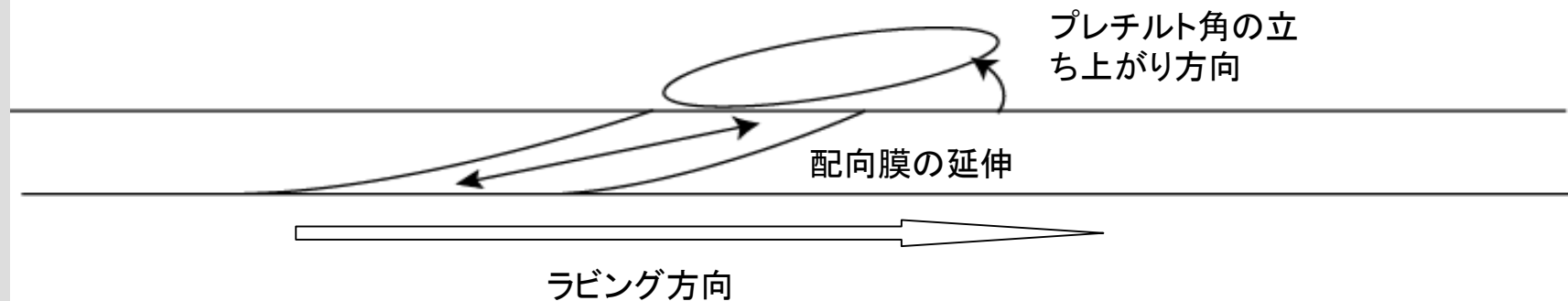


液晶の配向 メカニズム



液晶の配向

プレチルト角とラビング方向



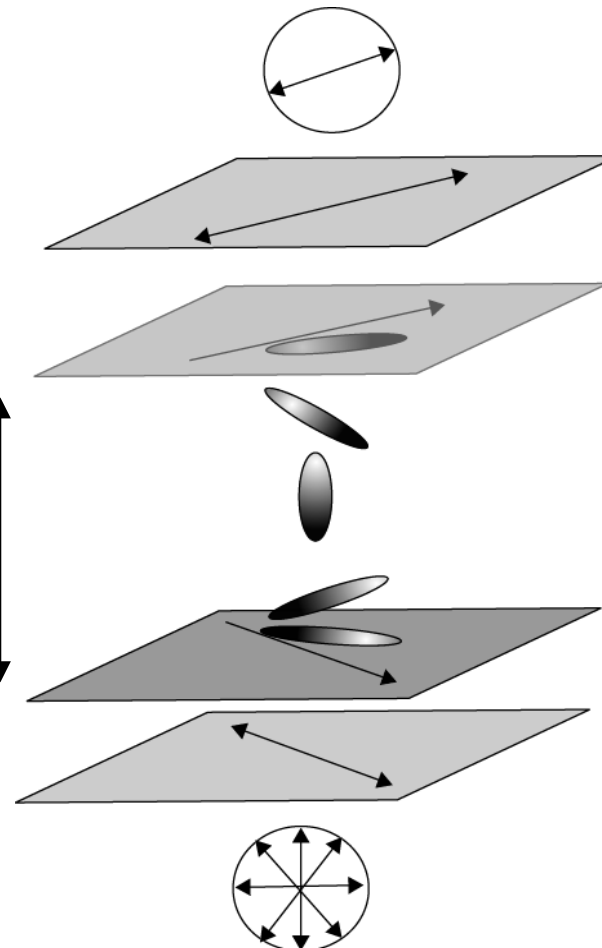
TN液晶

- 構成要件
 - ギャップ(d)を決めるもの
 - ねじれを決めるもの
- 特性
 - 駆動電圧
 - 視野角特性
 - 応答速度
- 液晶材料
 - セグメント用ブレンド シアノ系
 - マトリックス用ブレンド
 - TFT用ブレンド

TN液晶

$$\lambda \ll \Delta n \times (4d)$$

液晶層d



観察者側に出てくる
偏光

偏光板
(矢印は透過軸方向)

配向膜/ITO電極/基板
(矢印はラビング方向)

液晶分子

配向膜/ITO電極/基板
(矢印はラビング方向)

偏光板
(矢印は透過軸方向)

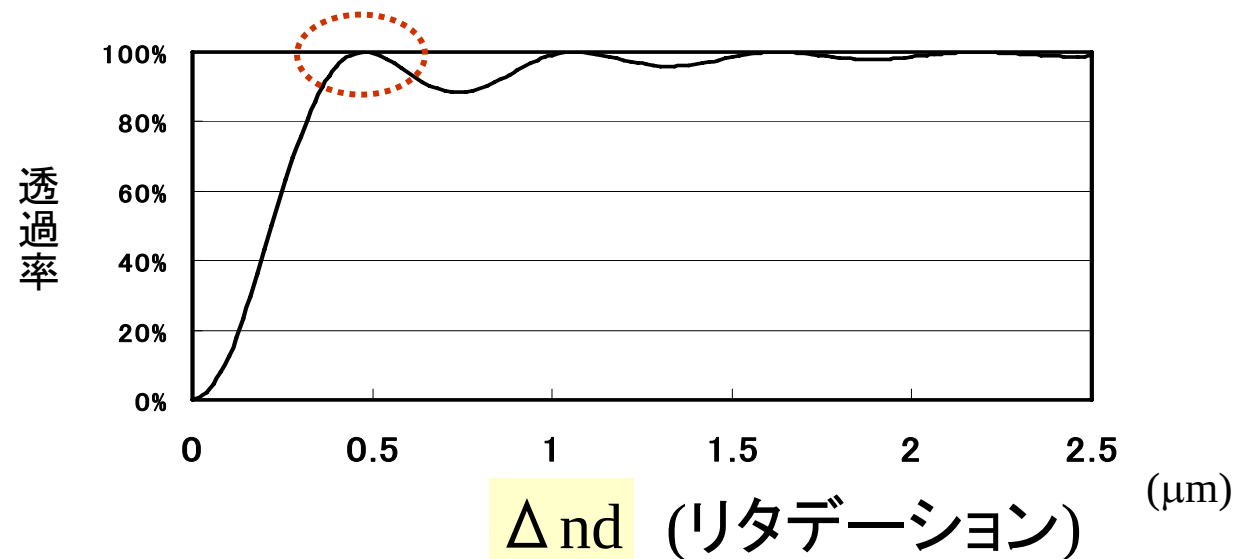
バックライト側からの入射光

構成要件 ギャップ(d)を決めるもの

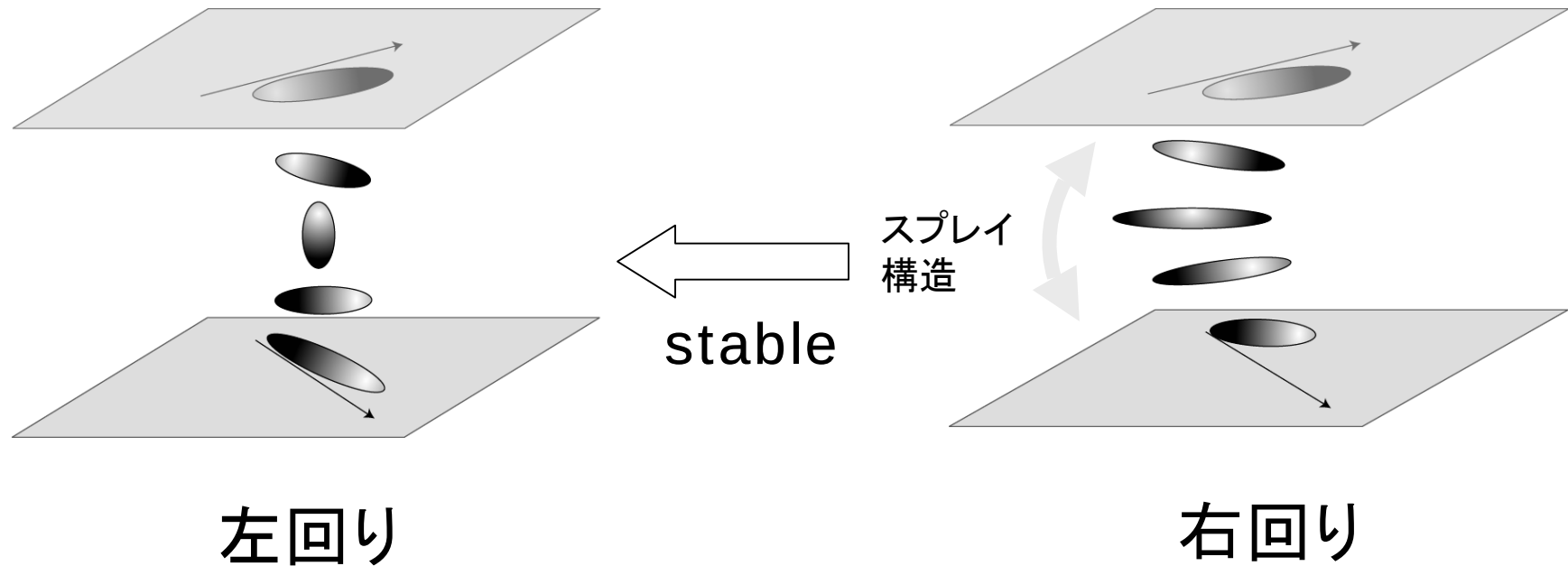
$$T = \frac{\sin^2(\frac{\pi}{2} \sqrt{1+u^2})}{1+u^2}$$

$$u = \frac{2d\Delta n}{\lambda}$$

$$\Delta n = n_e - n_o$$



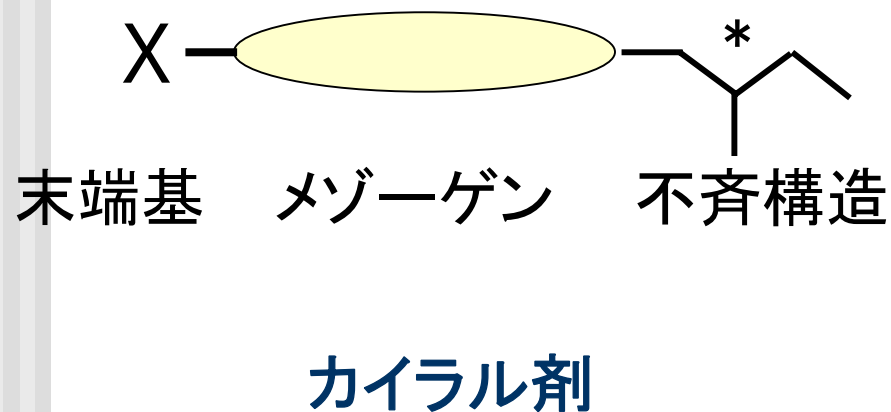
構成要件 ねじれ方向を決めるもの



ラビングの方向でねじれ方向が決まる

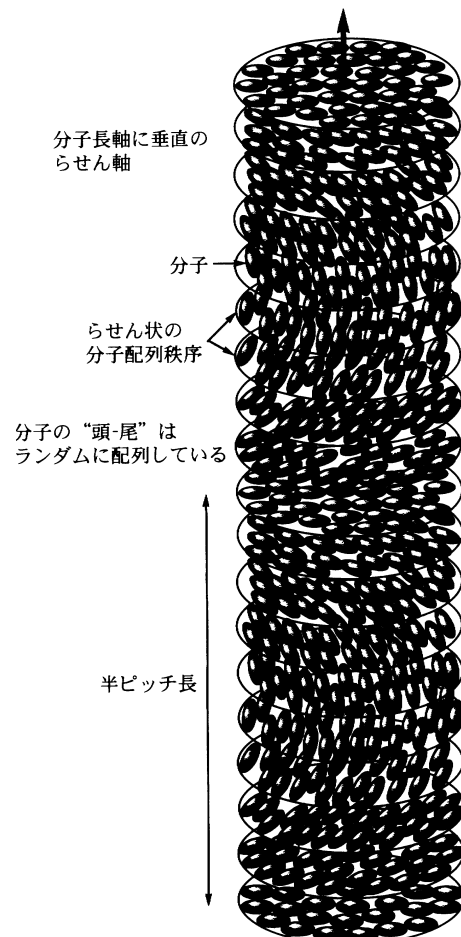
液晶のねじれ

液晶材料のカイラリティー



- 液晶材料のカイラリティーは液晶分子の光学活性部位の構造で決まる。
- 光学活性部位の構造と、捩れ方向に関して厳密な相関関係はない。温度で逆転することがある。

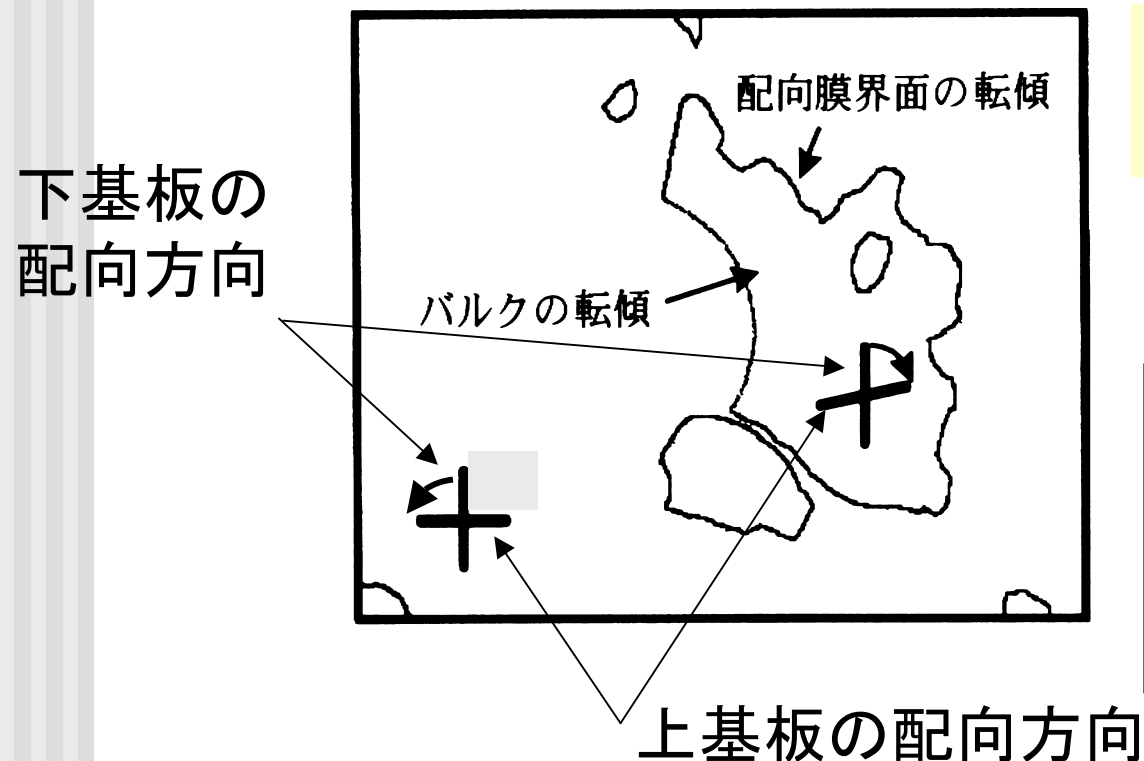
液晶のねじれ 液晶材料の螺旋構造



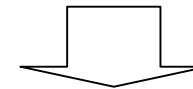
- 不斉構造の存在で発生する。
- 液晶材料に捩れを誘起する。
- LCDの応用にとって、重要な構成要素。
 - ネマティック液晶
 - TN液晶のカイラル剤
 - STN液晶
 - コレステリック液晶

液晶のねじれ ツイストリバーズ

■ ツイストリバーズ



液晶材料の捩れる
向きが逆になる



防止策

- ①カイラル剤の添加
- ②大きめのプレチルト角の適応

TNの構成要件のまとめ

- セルの厚みは、 $\Delta n d = 0.5$ の要請から液晶材料が決まれば自動的に決まる。
- 液晶のねじれ方向は、ラビング方向の組み合わせで決まる。
- 補助的にカイラル剤を使用する。

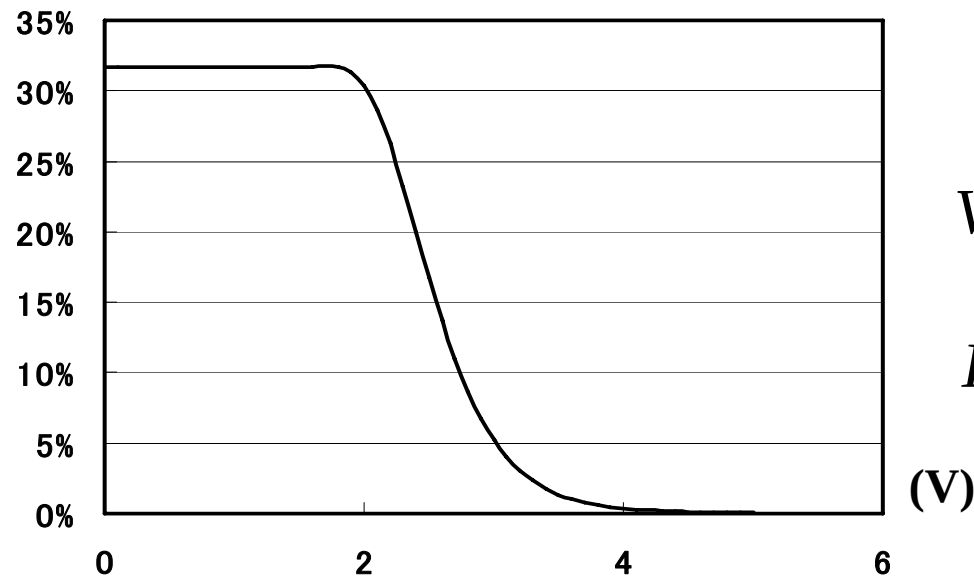
TN液晶

- 構成要件
 - ギャップ(d)を決めるもの
 - ねじれを決めるもの
- **特性**
 - **駆動電圧**
 - **視野角特性**
 - **応答速度**
- 液晶材料
 - セグメント用ブレンド シアノ系
 - 時分割駆動用ブレンド
 - TFT用ブレンド

特性

閾値電圧

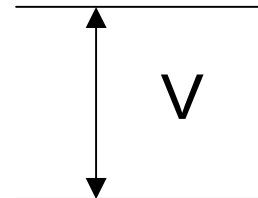
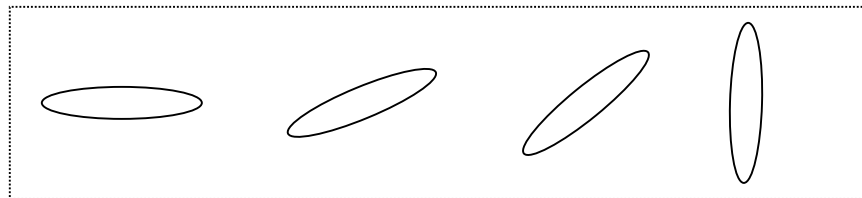
透過率



$$V_{th} = \pi \sqrt{\frac{K_{eff}}{\epsilon_0 \Delta \epsilon}}$$

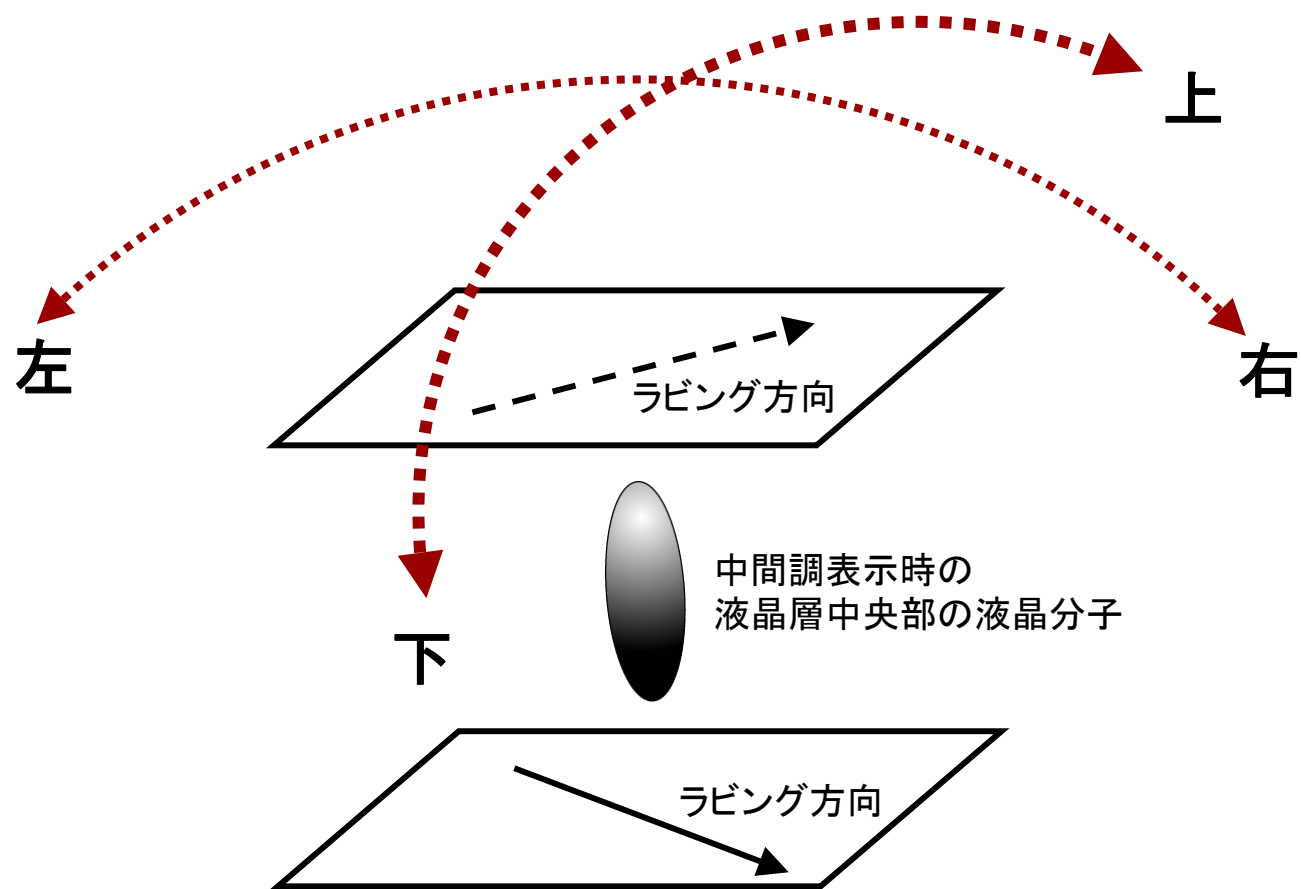
$$K_{eff} = K_{11} - 0.5K_{22} + 0.25K_{33}$$

印加電圧



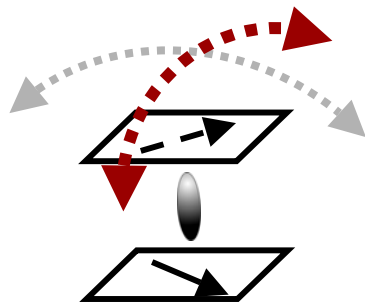
特性

視野角特性

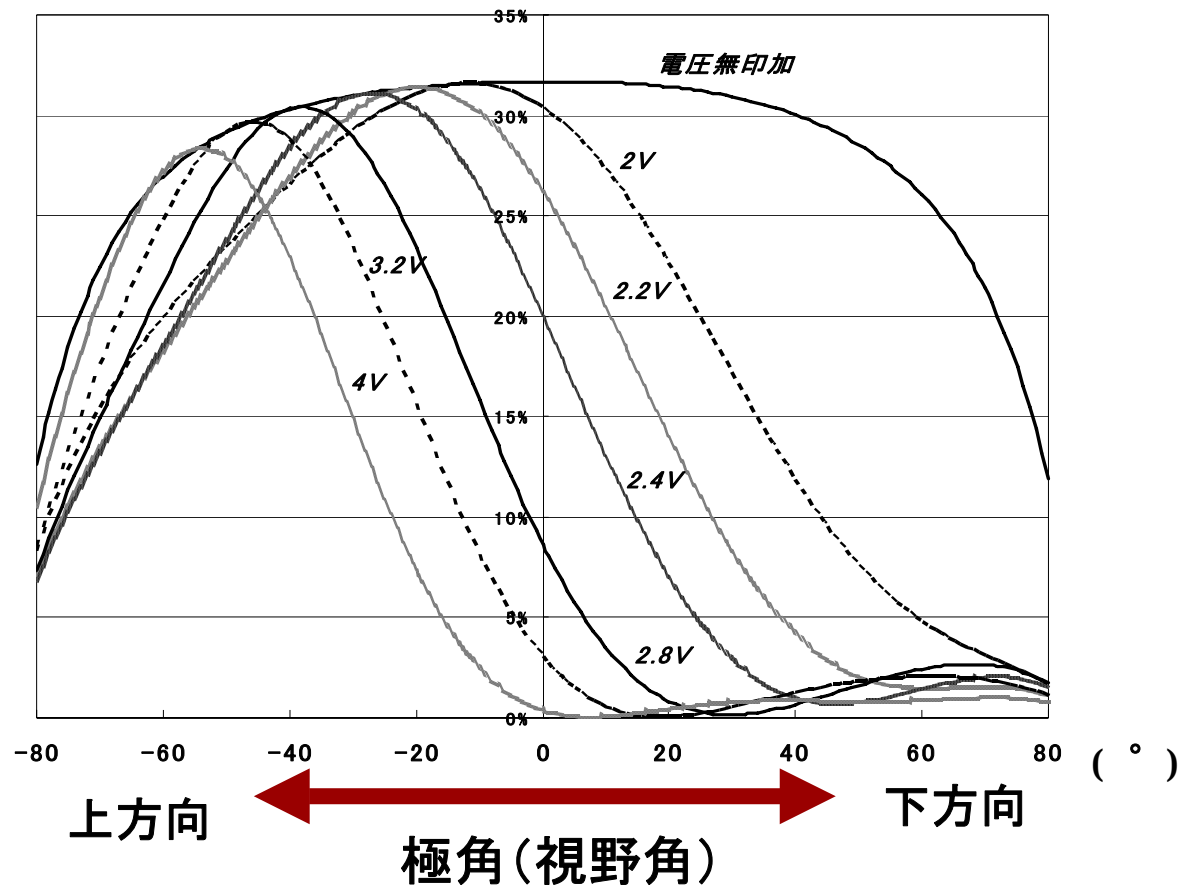


特性

視野角特性 上下方向

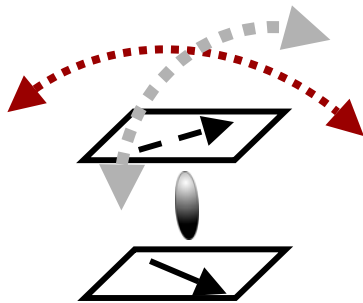


透過率

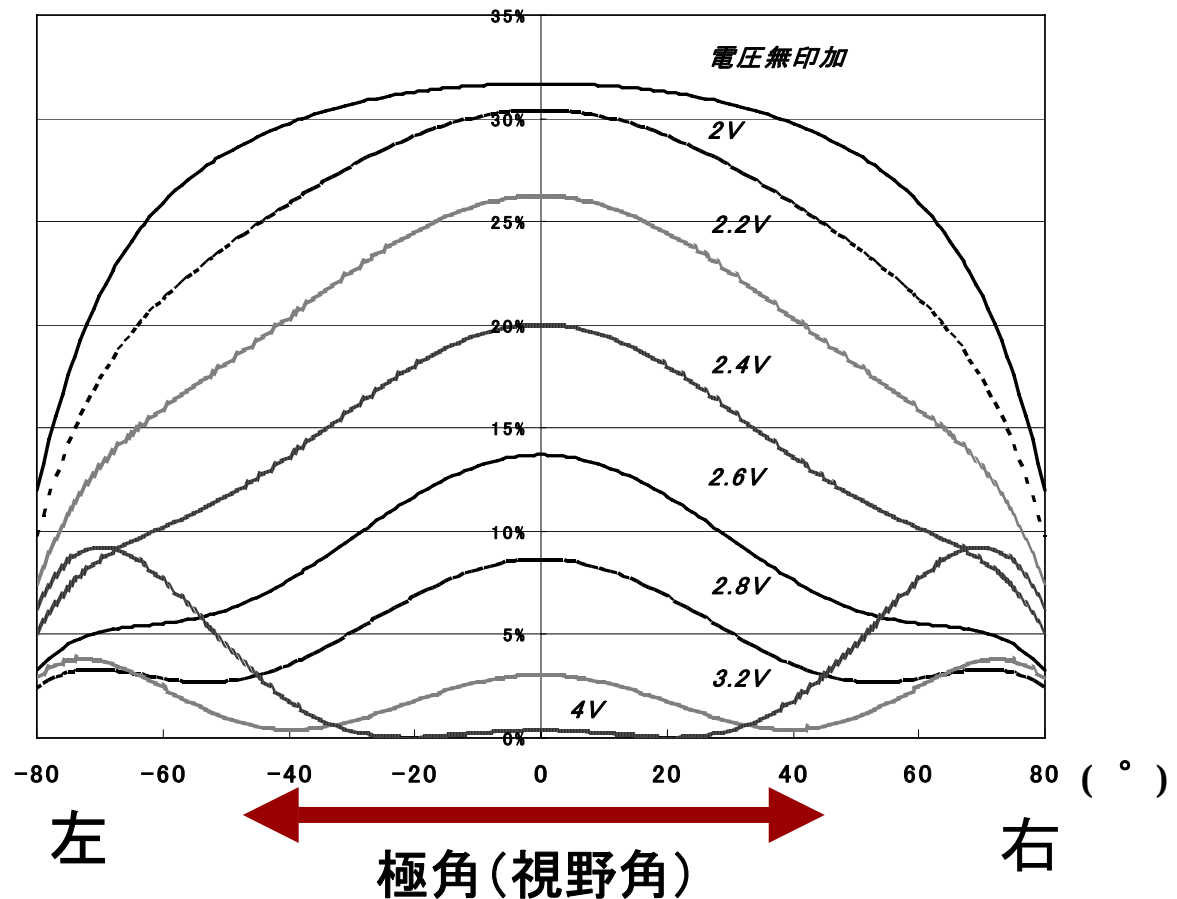


特性

視野角特性 左右方向



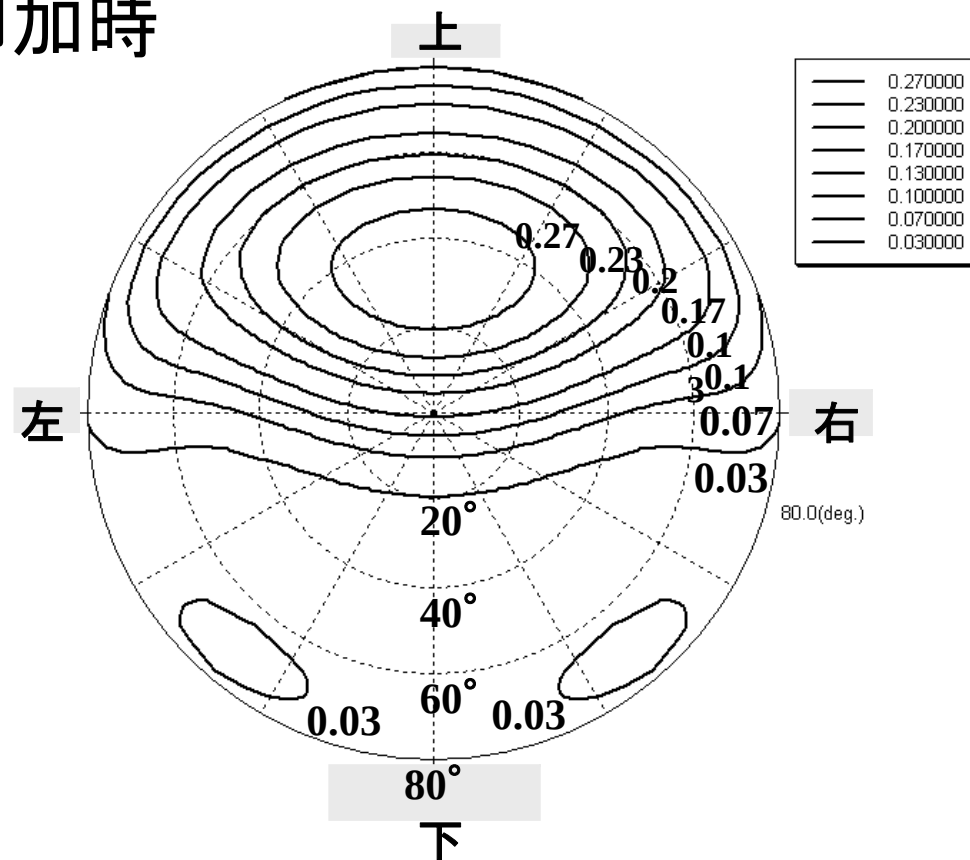
透過率



特性

視野角特性

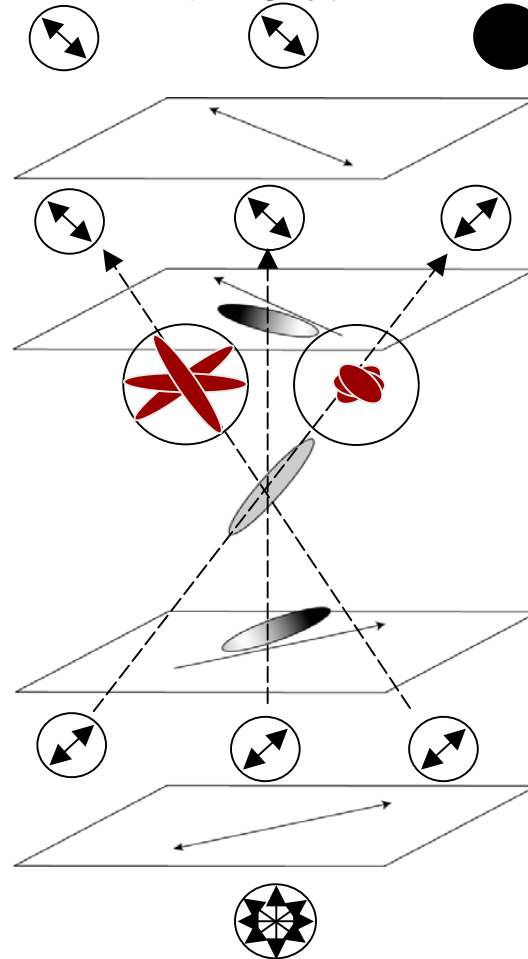
2. 6V印加時



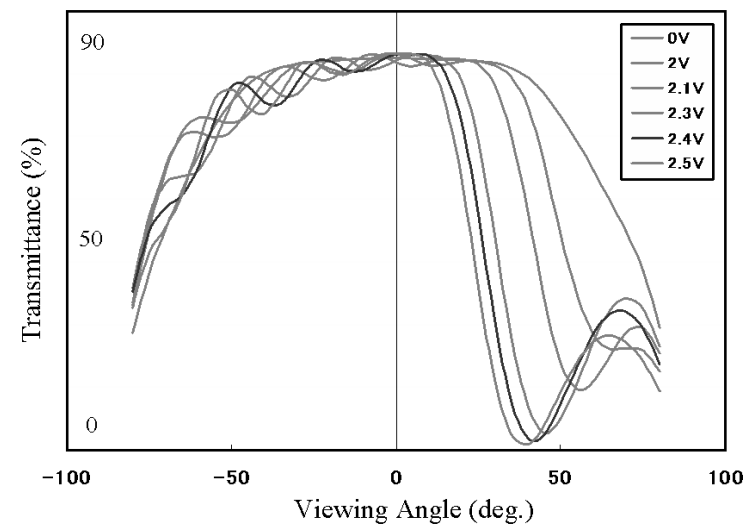
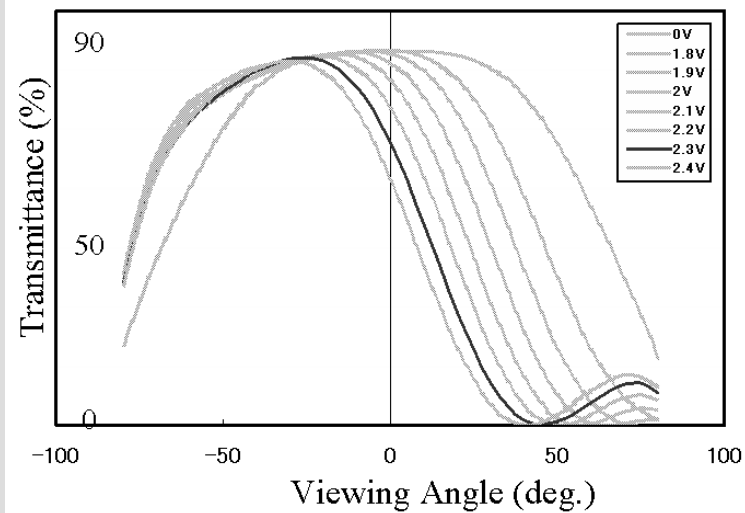
特性

視野角特性の発生理由

正常部より明るい 光の強度は正常 正常部より暗い



視野角の制御

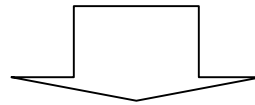


特性

応答速度 (1)

$$T_{on} = \frac{\gamma_1 d^2}{\varepsilon_0 \Delta \varepsilon} \cdot \frac{1}{(V_{on} - V_{th})^2} \quad \xrightarrow{V_{th} = \pi \sqrt{\frac{K_{eff}}{\varepsilon_0 \Delta \varepsilon}}} \quad T_{on} = \frac{\gamma_1 d^2}{K_{eff} \pi^2} \cdot \frac{1}{\left(\frac{V_{on}}{V_{th}} - 1\right)^2}$$
$$T_{off} = \frac{\gamma_1 d^2}{K_{eff} \pi^2}$$

$$K_{eff} = K_{11} - 0.5K_{22} + 0.25K_{33}$$



$$\tau_{on,off} \sim \frac{\gamma_1 d^2}{K_{off}} \sim \frac{\gamma_1}{\Delta n^2 K_{eff}} (\because \Delta n d = const.)$$

特性

応答速度 (2)

$$\tau_{on,off} \sim \frac{\gamma_1 d^2}{K_{off}} \sim \frac{\gamma_1}{\Delta n^2 K_{eff}} (\because \Delta n d = const.)$$

高速応答の実現

パネル構成での改善

dを小さくするほど高速応答

$\Delta n d = 0.5 \mu m$ ($\Delta n < 0.25$)

材料面での改善

$\gamma_1 / \Delta n^2$ を指標に材料を選択

TNの特性のまとめ

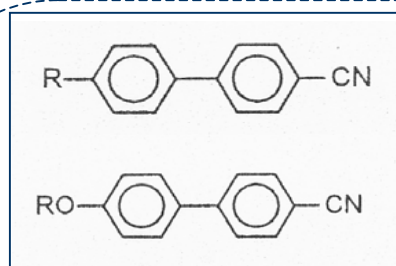
- 液晶の低電圧化は $\Delta \varepsilon$ を大きくすることで、実現できる。
- 視野角依存性は、低 Δn となる方向に現れる。
- 応答速度の改善は下記方法で行われている
 - ギャップを小さくする (パネル)
 - $\gamma_1 / \Delta n$ を小さくする (材料)

TN液晶

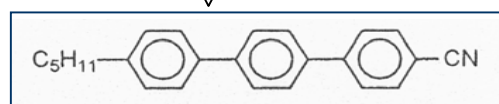
- 構成要件
 - ギャップ(d)を決めるもの
 - ねじれを決めるもの
- 特性
 - 駆動電圧
 - 視野角特性
 - 応答速度
- 液晶材料
 - セグメント用ブレンド シアノ系
 - 時分割駆動用ブレンド
 - TFT用ブレンド

液晶材料

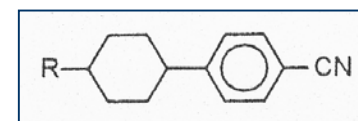
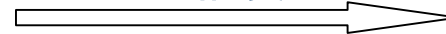
(旧)セグメント用ブレンド シアノ系



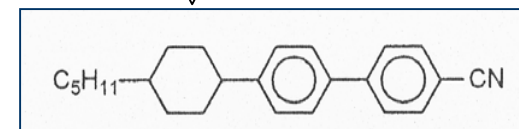
液晶温度拡大



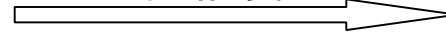
低粘度



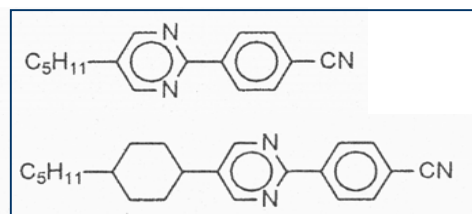
液晶温度拡大



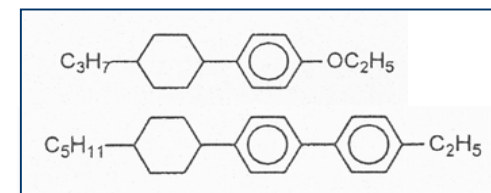
低粘度



低粘度 高速化



低誘電率



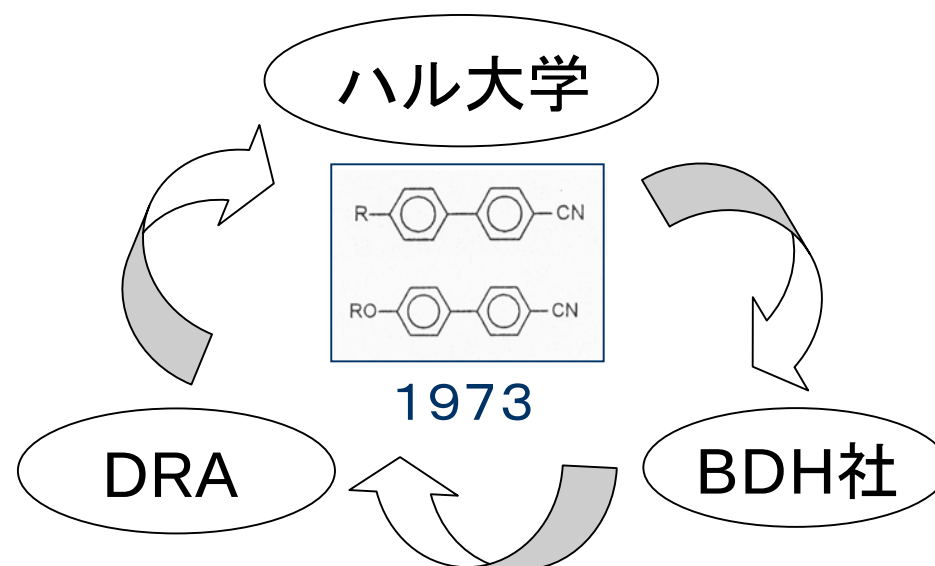
2006/03/19 高頭

10~20のブレンド

産官学連携で生まれたCB液晶

TN液晶の発表 1973

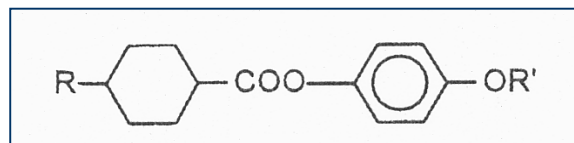
 ほとんど同時の発表



この材料が、タイムリーに発見されたためその後のTNの発展があった

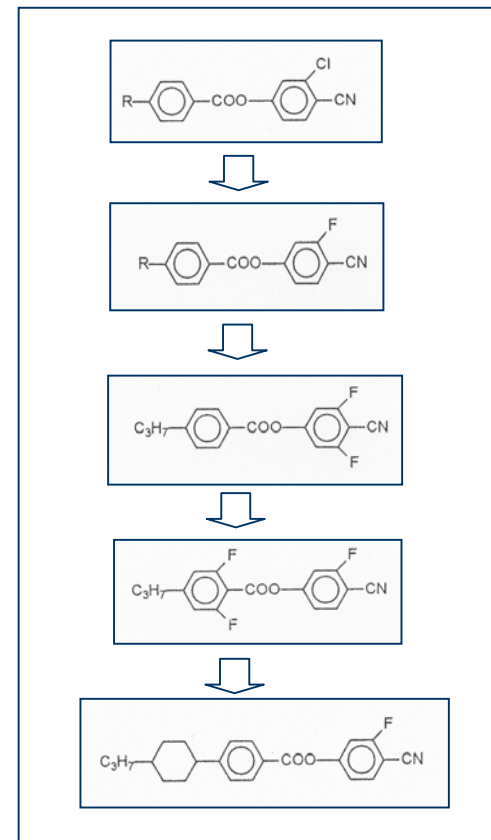
この関係は、高頭の留学中の伝聞と記憶に基づくものであり、現在資料に基づき確認はできておりません。

液晶材料 異なる性能の材料のブレンド



低 $\Delta \epsilon$
低粘度

+

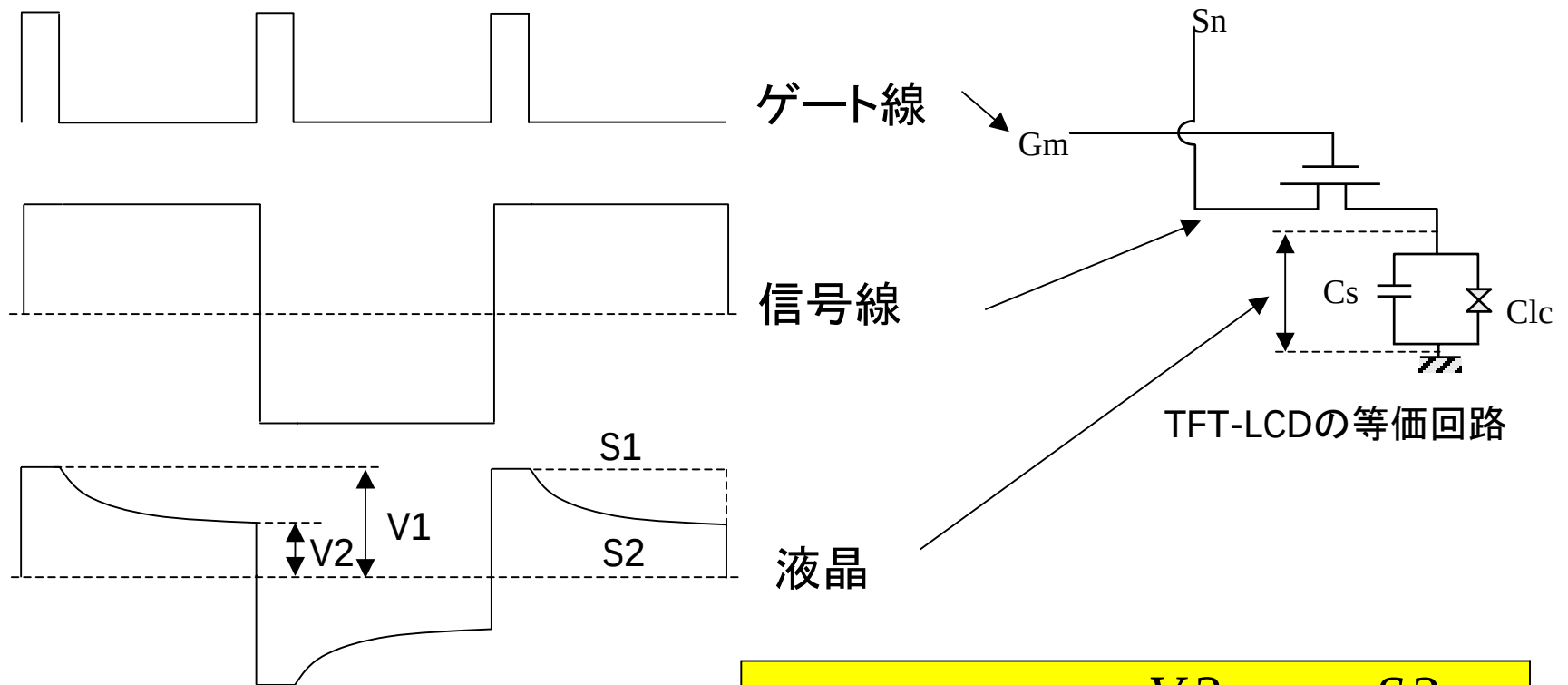


高 $\Delta \epsilon$

液晶材料 電圧保持率

イオン性不純物を溶け出さないことの保証

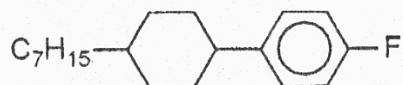
通常は99.XX%



$$\text{電圧保持率} = \frac{V2}{V1} \quad \text{or} \quad \frac{S2}{S1}$$

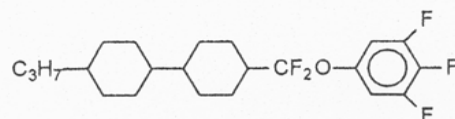
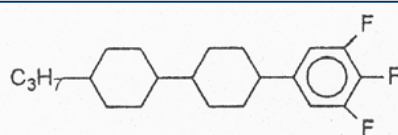
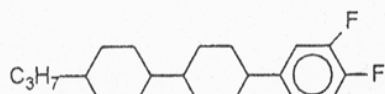
液晶材料

TFT用液晶材料

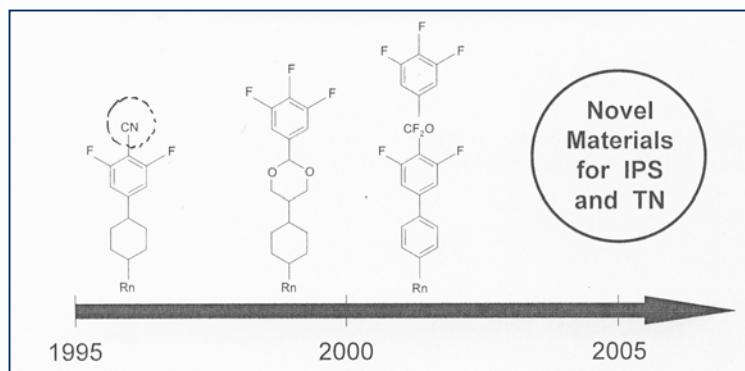
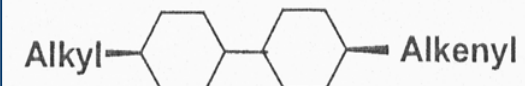


基本材料

広温度範囲+高 $\Delta\epsilon$

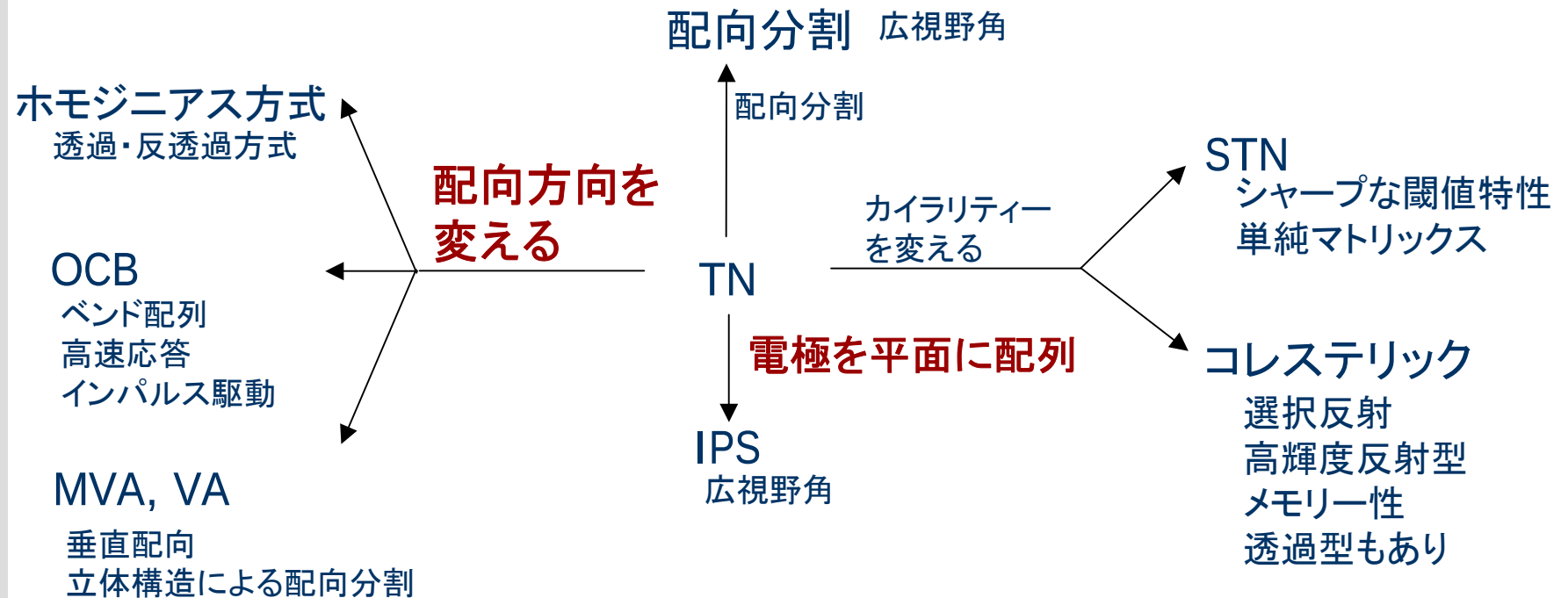


低粘度 (diluter)

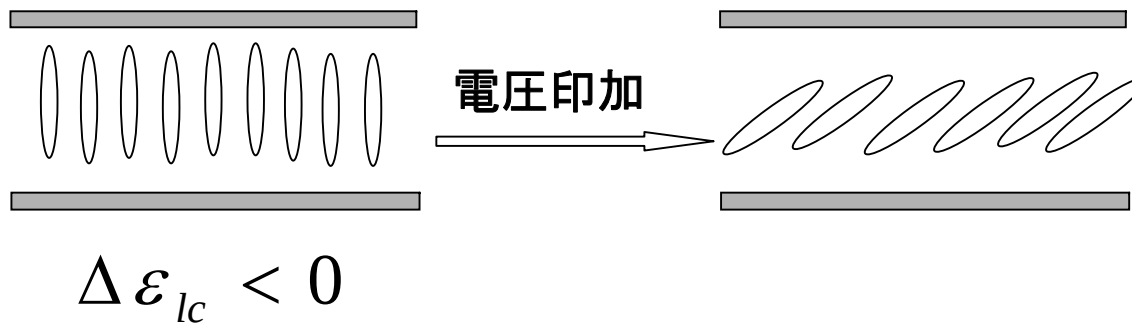


Merck社

各方式のTNとの差

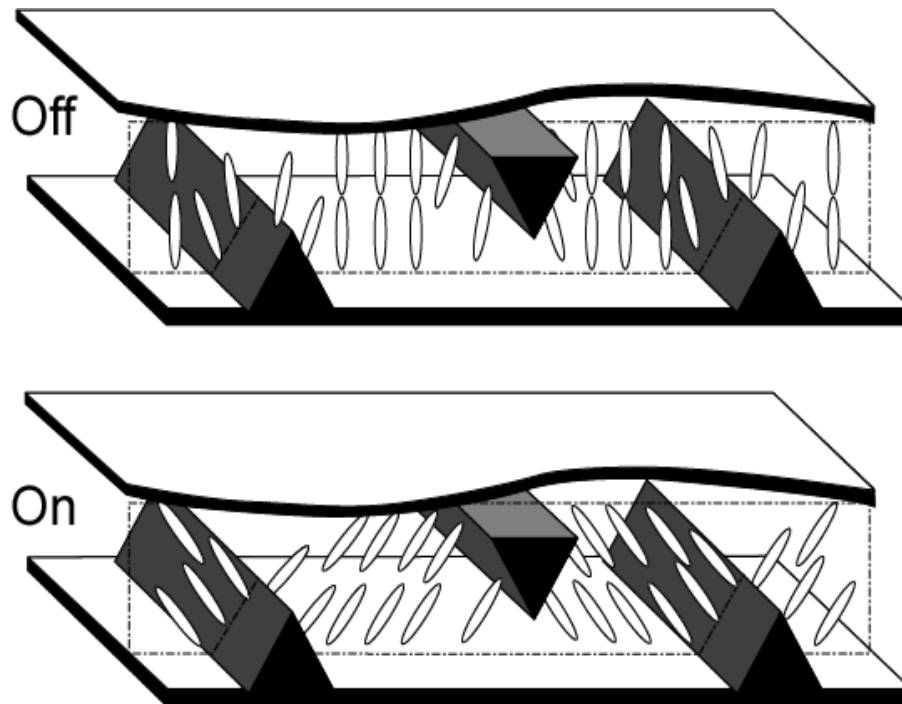


垂直配向 VA液晶

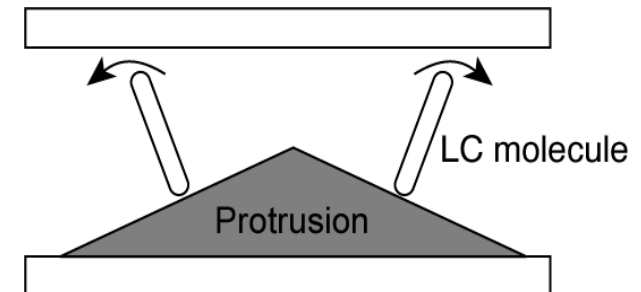


- 誘電率異方性が負のネマティック液晶材料を使用。
- 配向膜は通常垂直配向用のポリイミド膜を使用。

基板形状による配向分割 (1)

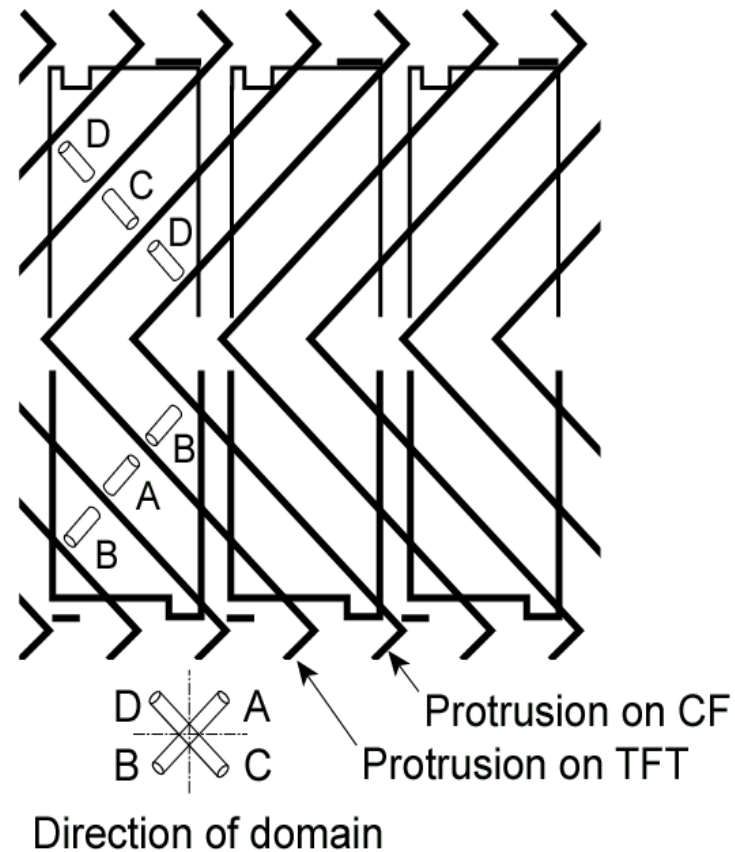


■ 液晶材料の倒れる方向を立体的構造物によって制御する。



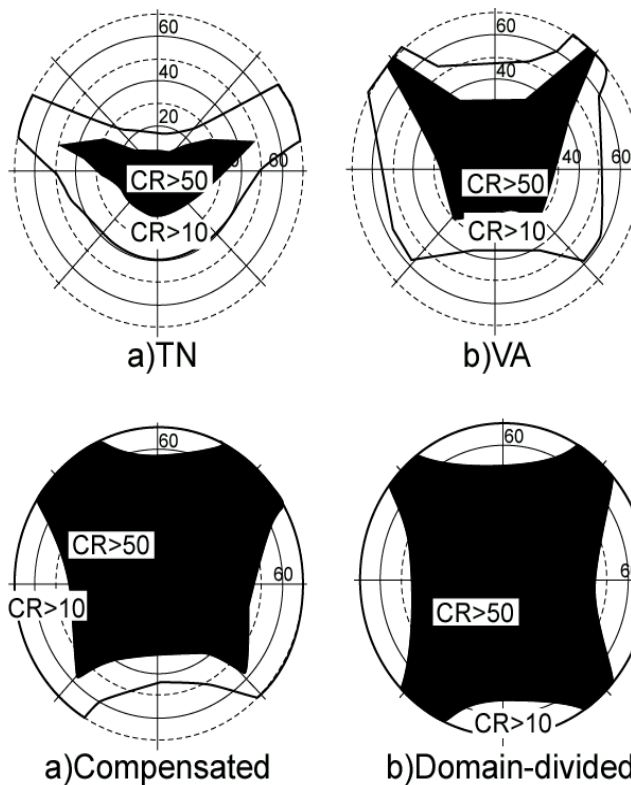
K. Koike, S. Takaoka, T. Sasaki, H. Chida, H. Tsuda, A. Takeda and Ohmuro,
Proc. AM-LCD 97, 25 (1997)

基板形状による配向分割 (2)

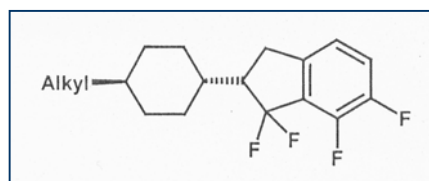
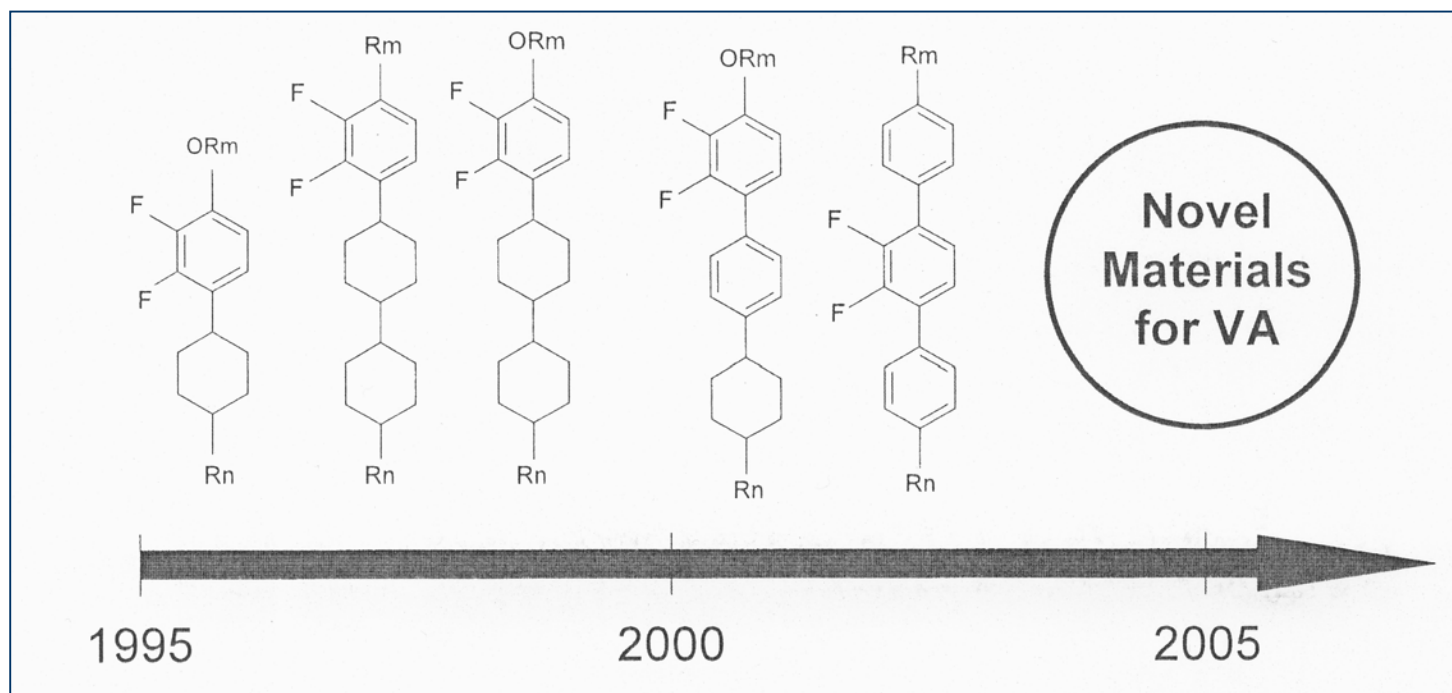


A. Takeda, S. Kataoka, T. Sasaki, H. Chida, H. Tsuda, K. Ohmuro and K. Koike, SID 98 DIGEST, 1077 (1998)

視野角依存性



K. Koike, S. Takaoka, T. Sasaki, H. Chida, H. Tsuda, A. Takeda and Ohmuro,
Proc. AM-LCD 97, 25 (1997)

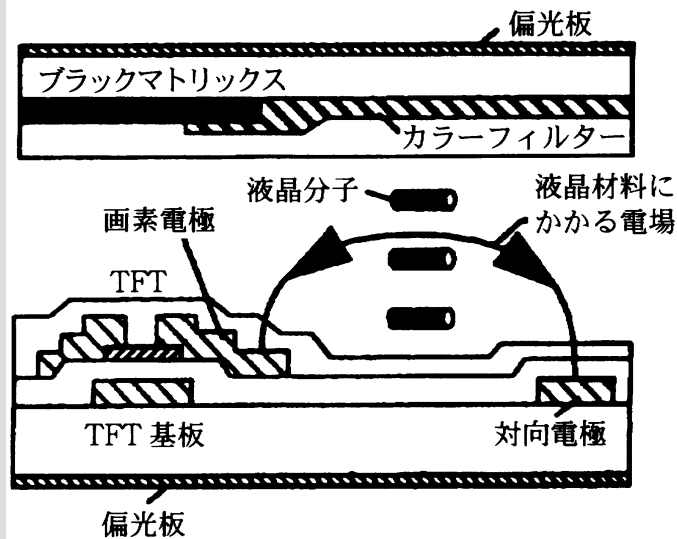


電極構造を変える

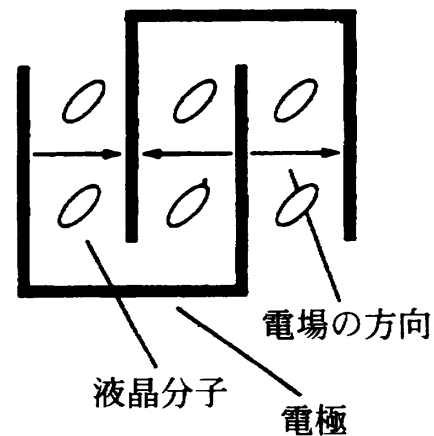
■ IPS 構造・スイッチング

電極構造を変える

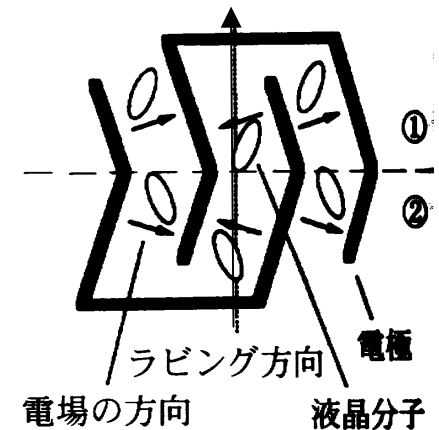
■ 電極構造による視野角の改善



IPSの基本構造



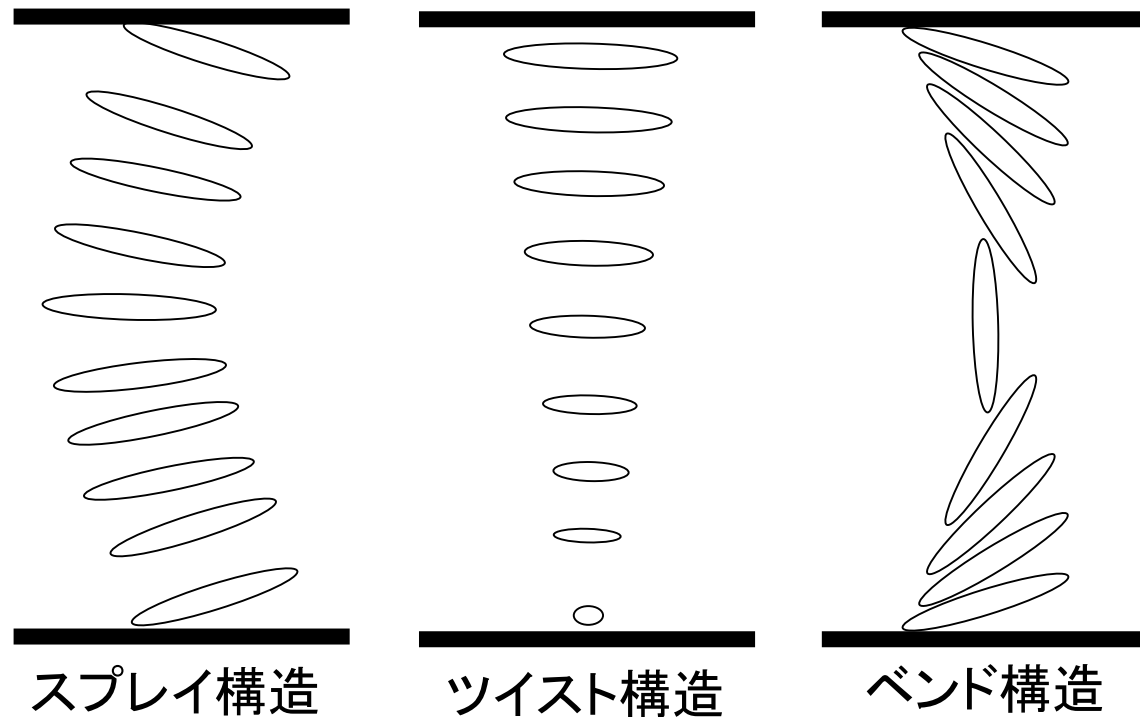
視野角の構造



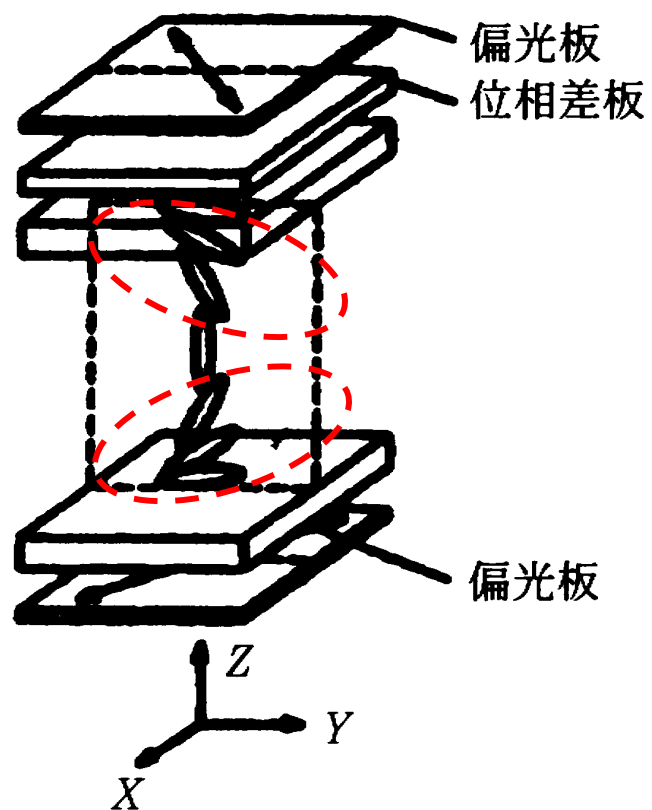
OCB ベンド配列

- ツイスト構造・ベンド構造・スプレイ構造
- OCB方式の構造
- 電場印加による配列変化 スプレイ→ベンド配列
- 高速応答性

ツイスト構造・バンド構造・スプレイ構造



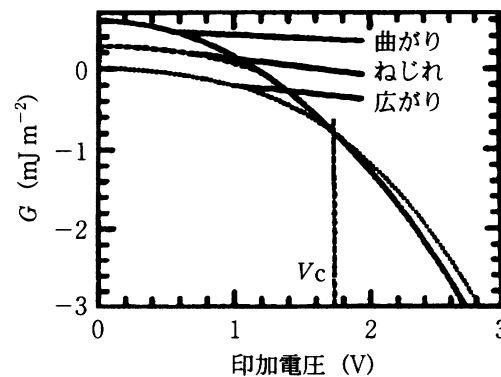
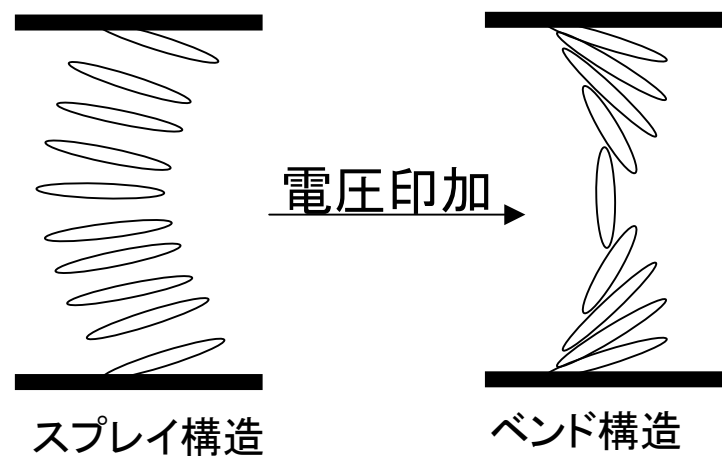
OCB方式の構造



- ベンド構造の対称性によりそれぞれの部分の視野角依存性が補償される。

T. Miyashita et al, Eurodisplay'93 Digest.150 (1993)

電場印加による配列変化 スプレー→ベンド配列

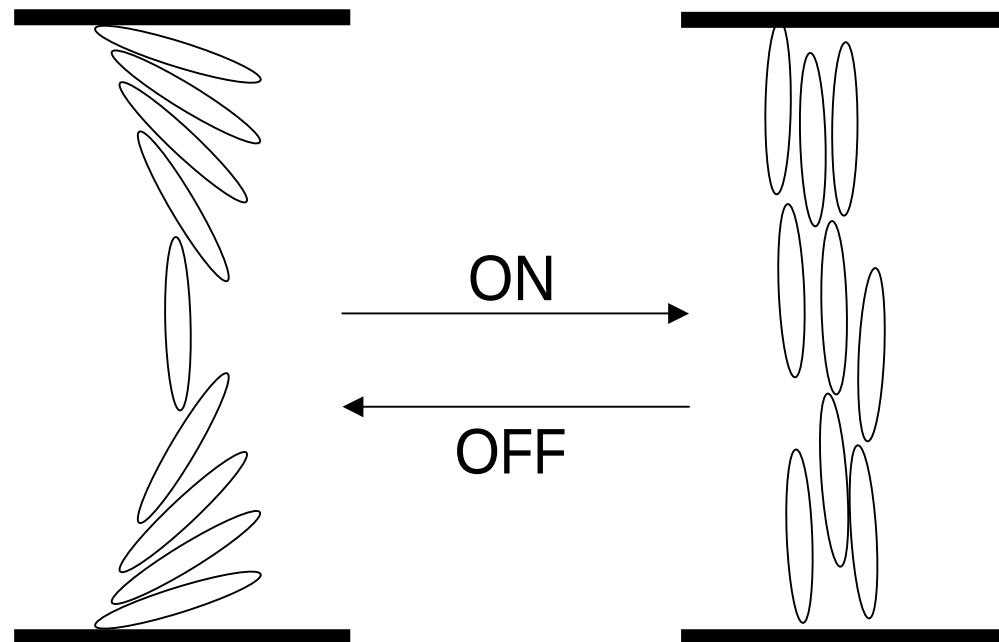


- 初期のベンド配向実現のために電圧印加を要する。
- 50° にまでプレチルト角を上げると、電圧無印加でもベンド配列が安定となる。

T. Miyashita et al, Eurodisplay'93 Digest.150 (1993)

高速応答性

■ インパルス駆動可能



配向ベクトルの回転が少ない
応答を阻害する液晶の流動の発生が少ない

STN液晶

- STN液晶の構造
- V-Tカーブの変化 閾値特性の変化
- 単純マトリックスへの応用

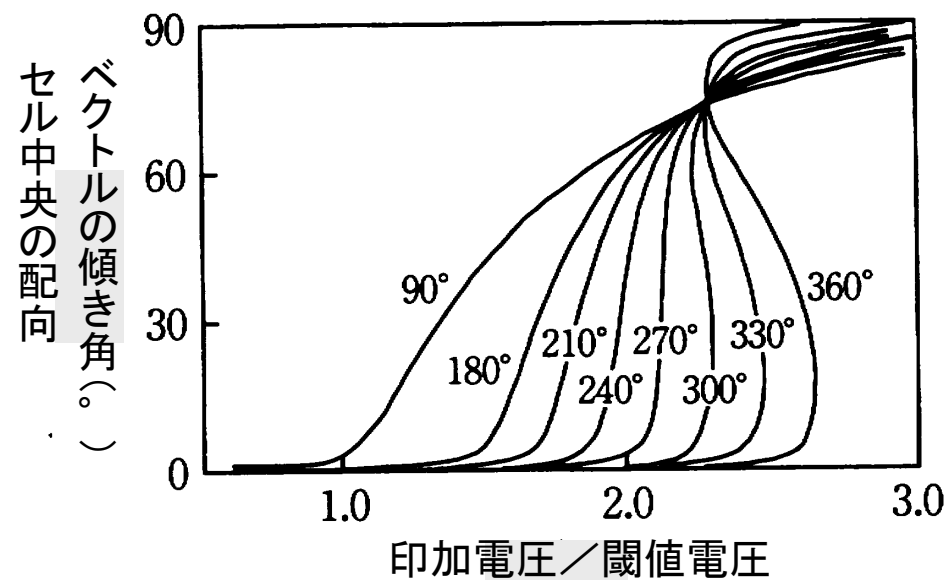
単純マトリックスへの応用

単純マトリックスの場合

$$\left(V_{on} / V_{off} \right) = \sqrt{1 + \frac{2}{\sqrt{N-1}}}$$

n=200の場合、1.14となり急峻な閾値特性が必要となる。
(電圧平均化法)

V-Tカーブの変化 閾値特性の変化



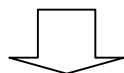
- 振れ角が大きい → 印加電圧の変化に対する配向ベクトルの変化が急激
- Δn 大 → 配向状態の変化が光学特性の大きな変化となる

STN液晶の構造

	TN液晶	STN液晶
捩れ角	90°	240°
Δn_d	0.5	0.8-0.9
厚さ精度	-	$\pm 0.1 \mu$ 以下

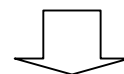
カイラル剤の添加法

- 240° を実現する場合、
 $d/p = 240^\circ / 360^\circ$
がベスト。

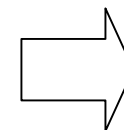


電圧印加で螺旋軸の回転する現象

- カイラル剤が少ない場合

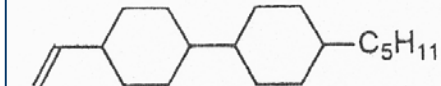
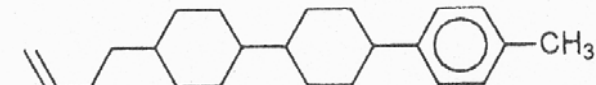
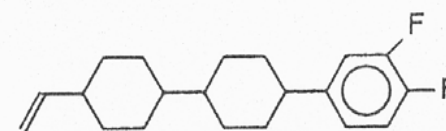
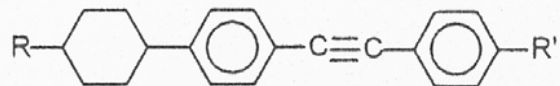
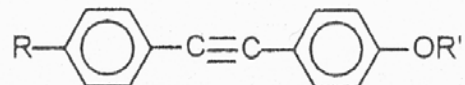
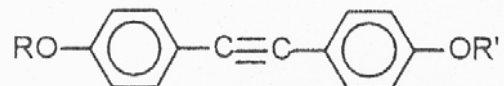
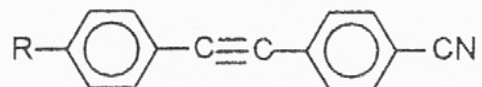


60° の捩れ角



バランス
を取った
最適値

Δn の大きな液晶



まとめ

- 液晶ディスプレイの主な動作モードと液晶材料を概観した。

- TN液晶を基本として必要なトピックスを説明した。

■ 基礎	① 液晶相	②液晶の配向		
■ TN液晶	① 構成要件	ギャップ	ねじれ方向	
	② 特性	駆動電圧	視野角	応答速度
	③ 液晶材料	セグメント用	マトリックス用	TFT用

- 他のモードはTNのアナロジーで捕らえた

- VA
- IPS
- OCB
- STN