

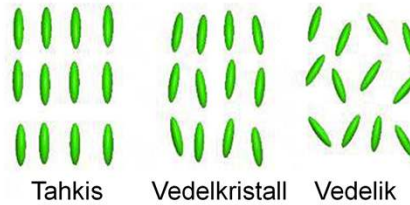
Vedelkristallid (liquid crystals)

Rait Rand

Sissejuhatus

Vedelkristallide omadused

- Voolab vedelikulaadselt
- Kaugkorrapära puudub
- Molekulide orientatsioonil lähikorrapära



• Termotroopsed vedelkristallid

Ained, mille korral vedelkristalliliseks muundumine toimub temperatuuri mõjul.

Kristalliline → Vedelkristalliline → Vedel (Isotroopne)

• Lüotroopsed vedelkristallid

Vedelkristalliks muundumine toimub lahuses kontsentratsiooni muutudes

Vedelike struktuur

- Molekulid on vedelikes lähedases kontaktis oma naabritega.
- Vastasmõjude tulemusena on molekuli lähim naabus suhteliselt hästi korrastatud, suurematel kaugustel ilmneb korrapärasus.
- Molekulide kineetiline energia vedelikes on piisavalt suur selleks, et ületada molekulidevahelisi jõude ja liikuda üksteise suhtes.

Tahkised

- Kristalsetel tahkistel on tasased, siledad, üksteise suhtes kindlate nurkade all paiknevad pinnad – tahud, mis on moodustatud korrapäraselt paiknevatest aatomitest.

Vedelkristallid

- Vedelad kristallid on ained, mis voolavad, kuid nende molekulid paiknevad korrastatult nagu kristallis.
- Nad on näiteks mesofaasist, s.o vedela ja tahke faasi vahepealsest olekust.
- Tüüpiline vedelkristalli molekul on pikk ja kepikujuline.
- Seetõttu on nad anisotroopsed: nende omadused sõltuvad mõõtmise suunast.

Parameetrid

- Suunaline korrastatus

$$S = (1/2) \langle 3 \cos^2 \theta - 1 \rangle$$

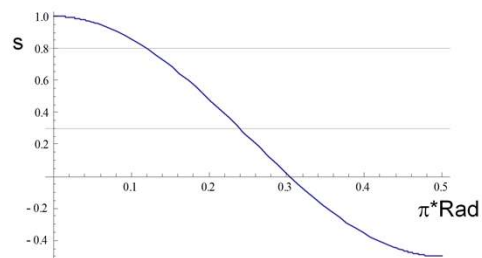
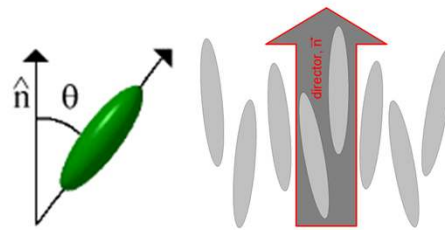
$\langle \rangle$ - keskmistamine üle molekulide

Kristallid: $S = 1$

Vedelkristallid: $S = 0.3 \dots 0.8$

Isotroopne: $S = 0$

- Asukoha korrastatus
- Sideme suuna korrastatus



Legendre 2-polünoom $\text{Cos}\theta$

Korrastatus on siis 2.-järku **Legendre** polünoom

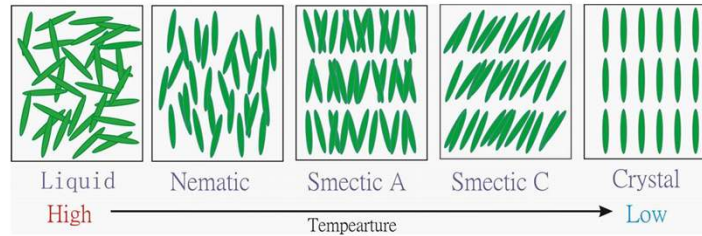
Temperatuuri tõustes hakkab S lähenema 0-ile

Suunalist Korrastatust võimalik mõõta näiteks Ramani Hajumisega

Asukoha korrastatus – kas on üldist sümmeetriat molekulide või gruppide vahel

Vedelkristallideks muutumine

- Termotroopsed:
Ained, mille korral vedelkristalliliseks muundumine toimub temperatuuri mõjul



- Lüotroopsed
Vedelkristalliks muundumine toimub lahuses kontsentratsiooni muutudes

Olenevalt molekuli kujust (disk või pulk) on võimalik kas 2 suunalist korrapära või 1

Vedelkristallilised faasid

- Nemaatiline Faas
Molekulid on orienteeritud lähedases suunas, kuid ei moodusta kihte
- Smektiline faas
Molekulid on orienteeritud lähedases suunas ja on kihiliselt paigutatud
- Kiraalne faas
Nemaatilise moodi, aga eelmised molekulid on järgmiste suhtes "väändunud"



Smektiline tuleb kreeka keelsest sõnast "seep", kuna vastik libe ollus seebialusel on tihtipeale smektilises faasis vedelkristall.

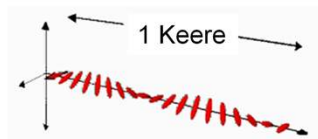
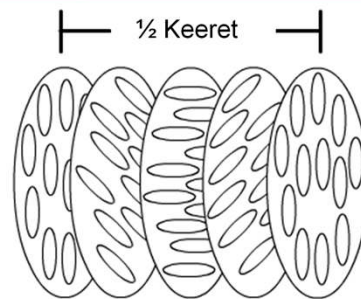
Smektilisi faase on kokku loetud 12 erinevat varianti, erinevatel ainetel.

Termiline mõju ja optika

- Termomeeter
Kiraalses faasis olev LC moodustab 2D nemaatilised kihid.

Tagasipeegeldunud laine pikkus on täiskeerde pikkusega võrdne

Temperatuuri muutudes täiskeerde tegemise pikkus muutub.



Sama efekti kasutatakse näiteks PCB jootepunkti kuumenemine jne.

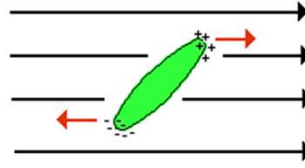
Võimalik kiraalsust muuta ka lisandiga.

Polarisatsioon mikroskoobiga saab vaadata, aga nõuab üsna kogenud silma.

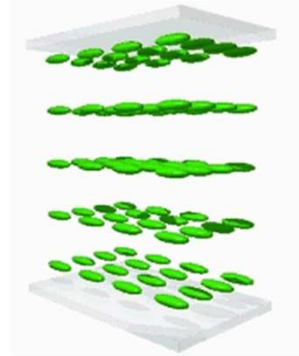
Leidmaks põletikke või kasvajaid on võimalik katta nahk õhukese kihiga, kus siis temp. Värv järgi eristatavad.

Elektrivälja mõju

- Elektri väljaga võimalik muuta vedelkristalli molekulide orientatsiooni.

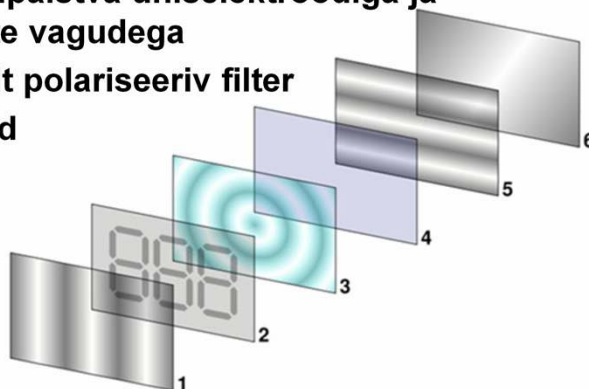


- Nõutavad omadused
Madal sulamistäpp
Lai nemaatiline ala
Kõrge dielektriline anisotroopia
Hea isolaator



Peegeldav ekraan

1. Vertikaalselt polariseeriv filter
2. Klaasplaat läbipaistvate (ITO) elektrodidega ja vertikaalsete mikrovagudega
3. Väändnemaatilised vedelkristallid
4. Klaasplaat läbipaistva ühiselektroodiga ja horisontaalsete vagudega
5. Horisontaalselt polariseeriv filter
6. Peegeldav pind



Kaks **mikrovagudega** plaati loovad olukorra, kus ilma elektrodidevahelise pingeta on

nende vahel olevad nemaatilised vedelkristallid (3) paigutunud selliselt:

– Paremaid tulemusi saadakse,

kui see nurk pole 90 või 270 kraadi (mustvalged)

või 210 kraadi (hallitoonilised)

Valguse polarisatsioonitasandi

pööramine

- Pealmise filtri (1) läbib vaid vertikaalselt polariseeritud valgus
- **Ilma pingeta** olekus vedelkristallid (3) **pööravad valguse polarisatsioonitasandi** horisontaalseks
- Sedasi on valgus võimeline läbima ka horisontaalse filtri (5) ja saama tagasi peegeldatud pinna (6) poolt
- Tagasi tuleva valguse polarisatsioonitasand pöördub tagasi

Rakendades elektrodide 2 ja 4 vahel **pinge** orienteeruvad vedelkristallid selliselt:

- Valguse polarisatsioonitasandi pööramise võime kaob
- Horisontaalne filter (5) neelab vertikaalselt polariseeritud valguse
- Nende elektrootide kohalt, millele on rakendatud pinge **paistab**

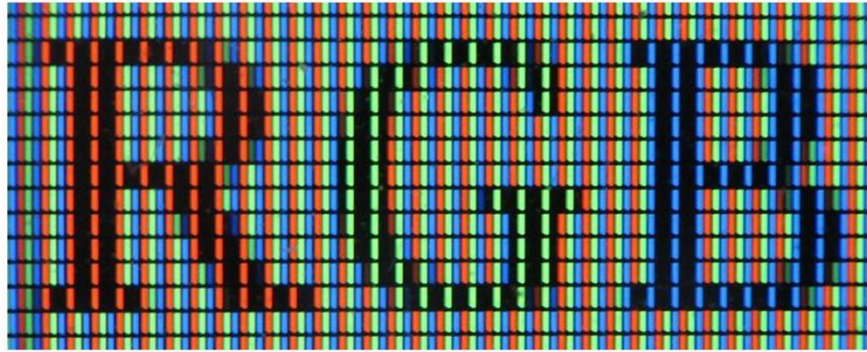
ekraan mustana

Indium-tina-oksiid (ITO)

- Vajalik on läbipaistev materjal, mis juhib elektrit
- Koostis: ca 90% In_2O_3 , ca 10% SnO_2
- Kasutusalaad:
 - LCD seadmed
 - Soojendusega klaasid

Värvid

- Iga piksel koosneb kolmest alampikslist
- Muutes iga alampiksli heledust moodustuvad värvitoonid



Erinevad värvid siis saadakse kasutades erinevaid filtreid:
pigment filters, dye filters and metal oxide filters.

Passive-matrix LCDs use a simple grid to supply the charge to a particular pixel on the display. Creating the grid is quite a process! It starts with two glass layers called substrates. One substrate is given columns and the other is given rows made from a transparent conductive material. This is usually indium-tin oxide. The rows or columns are connected to integrated circuits that control when a charge is sent down a particular column or row. The liquid crystal material is sandwiched between the two glass substrates, and a polarizing film is added to the outer side of each substrate. To turn on a pixel, the integrated circuit sends a charge down the correct column of one substrate and a ground activated on the correct row of the other. The row and column intersect at the designated pixel, and that delivers the voltage to untwist the liquid crystals at that pixel.

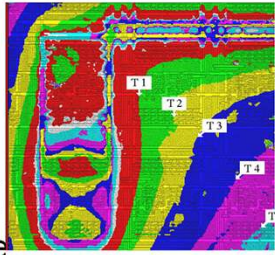
The simplicity of the passive-matrix system is beautiful, but it has significant drawbacks, notably slow response time and imprecise voltage control. Response time refers to the LCD's ability to refresh the image displayed. The easiest way to observe slow response time in a passive-matrix LCD is to move the [mouse](#) pointer quickly from one side of the screen to the other. You will notice a series of "ghosts" following the pointer. Imprecise [voltage](#) control hinders the passive matrix's ability to influence only one [pixel](#) at a time. When voltage is applied to untwist one pixel, the pixels around it also partially untwist, which makes images appear fuzzy and lacking in contrast.

Active-matrix LCDs depend on thin film transistors (TFT). Basically, TFTs are tiny switching transistors and [capacitors](#). They are arranged in a matrix on a glass substrate. To address a particular pixel, the proper row is switched on, and then a charge is sent down the correct column. Since all of the other rows that the column intersects are turned off, only the capacitor at the designated pixel receives a charge. The capacitor is able to hold the charge until the next refresh cycle. And if we carefully control the amount of voltage supplied to a crystal, we can make it untwist only enough to allow some light through.

By doing this in very exact, very small increments, LCDs can create a gray scale. Most displays today offer 256 levels of brightness per pixel.

Kasutusvalad

- Temperatuur
Meditsiinis.
Elektronika tööstuses
- Elektriliselt
Kujutise võimendamisel
- Lainejuhtides RF lainete
visualiseerimiseks
- LMM LC kustumatavatel
optilistel ketastel
- Pingete/surveete mõõtmisel
- Jne.



Notes: ΔT between T1-T2-T3-T4-T5 is 0.16°C



Optical Imaging

An application of liquid crystals that is only now being explored is optical imaging and recording. In this technology, a liquid crystal cell is placed between two layers of photoconductor. Light is applied to the photoconductor, which increases the material's conductivity. This causes an electric field to develop in the liquid crystal corresponding to the intensity of the light. The electric pattern can be transmitted by an electrode, which enables the image to be recorded. This technology is still being developed and is one of the most promising areas of liquid crystal research.



Optical Imaging

An application of liquid crystals that is only now being explored is optical imaging and recording. In this technology, a liquid crystal cell is placed between two layers of photoconductor. Light is applied to the photoconductor, which increases the material's conductivity. This causes an electric field to develop in the liquid crystal corresponding to the intensity of the light. The electric pattern can be transmitted by an electrode, which enables the image to be recorded. This technology is still being developed and is one of the most promising areas of liquid crystal research.