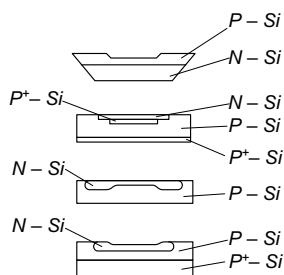


projeví v multiplikačních faktorech. Proces multiplikace zvýší zároveň i úroveň napětí/šumu.

Na obr. 9.17 jsou struktury obvykle vyráběných křemíkových lavinových fotodiod.

Technologie lavinových fotodiod vychází z poznatků technologie tranzistorů. K omezení vlivu doby průchodu nosičů ochuzenou vrstvou se vytvářejí difuzní kroužkové struktury.



Obr. 9.17 Struktury obvykle vyráběných křemíkových lavinových fotodiod.

9.7 Kapaln  krystaly

Kapaln  krystaly byly objeveny v r. 1888, po mnoho let jim byl věnován jen mal  zájem – byly považovány jen za určitou kuriozitu.

Situace se zm nila asi v šedesátých letech minulého století, kdy se ukázalo, že kapaln  krystaly jsou slibnými materiály pro konstrukci elektrooptických zobrazovačů - displejů (odtud název LCD = Liquid Crystal Display). Dnes po více než 100 letech po objevu prvních kapalných krystalů, je studium kapalných krystalů  irok m oborem, kter  zahrnuje chemii, fyziku, elektroinženýrství a v poslední době i biologii. Na z klad  kapalných krystalů vznikl velice v nosn  displejov  průmysl. [43]

Kapaln  krystaly nejsou jen užitečnými materiály pro aplikace; je možno na nich zjišťovat vztahy mezi strukturou molekul a fyzikálními vlastnostmi látek, p isp v j  k pochopení fázových přechodů a makroskopických vlastností látek a jejich chování ve vn j ších polích.

Kapaln  krystalick  fáze lze rozdělit do dvou základních skupin:

- termotropn  kapaln  krystalick  fáze se vyskytují nad teplotou tání u některých organických látek; v sou asn  době už je známo mnoho takových látek připravených synteticky
- lyotropní kapaln  krystaly – u těchto organických látek vzniká kapaln  krystalick  fáze v roztoku

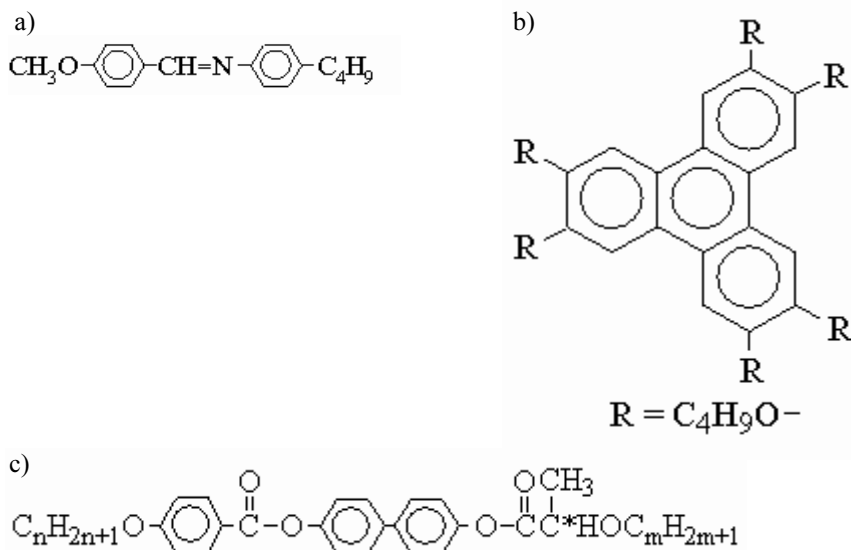
V dalším bude pojednáno pouze o termotropn ch kapalných krystalech; lyotropní kapaln  krystaly, v nichž je kolem 90 % vody, jsou spše zájmem biologie.

9.7.1 Struktury a fáze termotropních kapalných krystalů

Zahříváním většiny pevných látek nad teplotu tání vznikne izotropní kapalina. U některých organických sloučenin se mezi pevnou látkou a izotropní kapalinou objevuje jedna nebo více kapalně krystalických fází (mezofázi), které se liší strukturami. Ve všech případech jde o látky s anizotropním tvarem molekul (připomínají tyčinky, misky, disky apod.).

Mezofáze mají některé vlastnosti kapalin (tečení s poměrně malou viskozitou, těžiště molekul nevykazuje 3-dimenzionální uspořádání na dálku, charakteristické pro pevné krystalické látky) a některé vlastnosti připomínající pevné látky (orientační uspořádání, anizotropie makroskopických vlastností) – viz část 3.1 a 3.2.

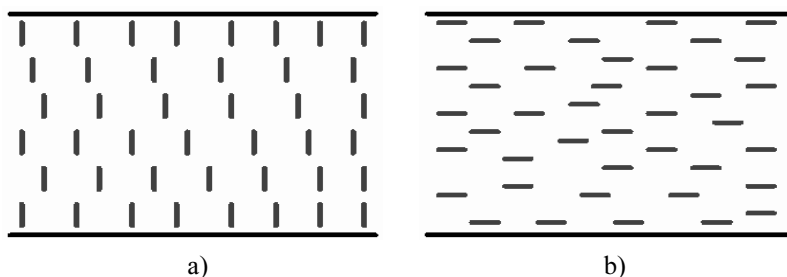
Podle způsobu uspořádání molekul lze rozdělit kapalně krystalické fáze do tří hlavních skupin: fáze nematické (nematika), smektické (smektika) a sloupcové (diskotika), z nichž první dvě skupiny jsou tvořeny protáhlými molekulami (tyčinky 20–40 Å dlouhé o průměru 5 Å) zatímco poslední skupinu tvoří molekuly ve tvaru disků nebo misek. Příklady molekul sloučenin vykazujících tyto fáze jsou na obr. 9.18.



Obr. 9.18 Příklady molekul látek vykazujících (a) nematickou, (b) sloupcovou, (c) smektickou fázi.

9.7.2 Fyzikální vlastnosti kapalných krystalů

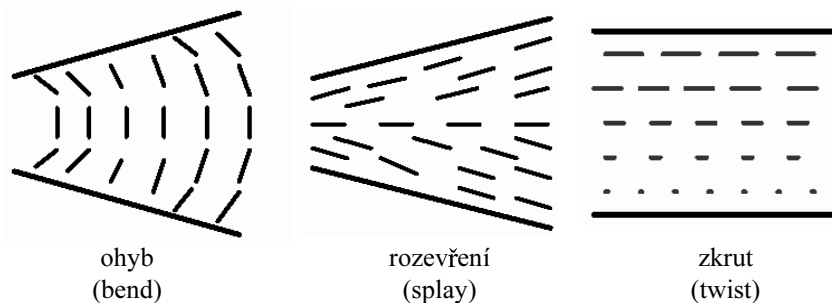
Strukturu kapalných krystalů lze snadno ovlivnit vnějšími poli i tvarem a vlastnostmi stěn nádob, ve kterých jsou umístěny. Těchto vlastností se využívá k uspořádání a orientaci vzorků používaných ke studiu i pro aplikace v displejích. Jako nádobky se většinou používá skleněných planárních cel s definovanou tloušťkou. Povrchy skel jsou opatřeny průhlednými elektrodami, které slouží k přiložení elektrického pole a dále jsou speciálně upraveny tak, aby se molekuly na nich uchytily definovaným způsobem a to buď s dlouhou osou rovnoběžnou s určitým směrem na povrchu (planární kotvení), nebo dlouhou osou kolmou na povrch (homeotropní kotvení) anebo šikmo k povrchu pod definovaným úhlem. Interakcemi mezi molekulami se toto uspořádání přenáší od povrchu dovnitř roztoku. Uvnitř vzorku je pak možno ještě uspořádání molekul ovlivnit pomocí elektrického nebo magnetického pole. Na obr. 9.19 je schéma uspořádání molekul v dvou základních orientacích při užití kapalných krystalů, tj. v planárním a homeotropním kotvení.



Obr. 9.19 Uspořádání molekul v (a) homeotropním, (b) planárním kotvení.

a) Mechanické vlastnosti a flexoelektrický jev

V kapalných krystalech podobně jako v kapalinách nelze vyvolat prostorově homogenní deformace. Typickými deformacemi kapalných krystalů jsou ohyb, rozevření a zkrut. Tyto nehomogenní deformace mohou být drženy povrchovým kotvením tak, jak je vidět na obr. 9.20 a, b, c nebo defekty uvnitř vzorku.

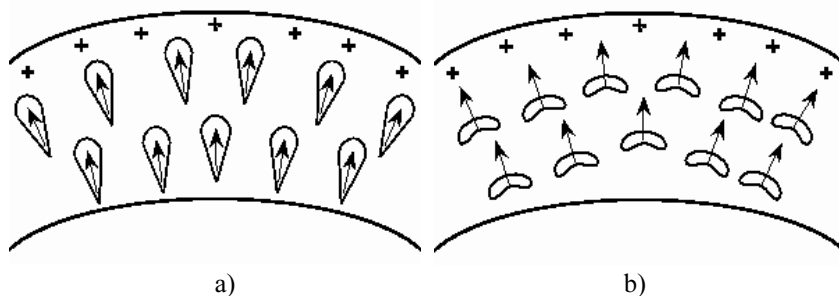


Obr. 9.20 Uspořádání molekul v základních deformacích.

Důsledkem ohybové deformace nebo deformace rozevření může být i indukce náboje. K vysvětlení tohoto jevu je třeba uvažovat nesymetrický tvar molekul, který má za následek jejich speciální rozložení v ohybu nebo rozevření (viz obr. 9.21). Tento jev, který je nehomogenní aplikací piezoelektrického jevu známého u pevných látek, se nazývá flexoelektrický jev.

Důsledkem citlivosti kapalných krystalů na deformace je vznik četných poruch, které jsou pro kapalně krystalové fáze typické. Tyto poruchy vytvářejí textury charakteristické pro jednotlivé fáze. Tyto fáze je pak možno podle pozorovaných textur identifikovat. Ve všech fázích je možno pozorovat čárové poruchy zvané disklinace, tj. poruchy v rotační symetrii. Vidíme je v textuře vzorků jako nitě. Jsou typické zejména pro nematiku, kterým daly jméno (řecké „nema“ znamená vlákno).

Ve smektických kapalných krystalech se dále vyskytují poruchy ve vrstevnatém uspořádání – dislokace – známé i v pevných látkách. V případě větších deformací dojde ke vzniku tzv. fokálních tonik, které jsou spojené s velkým zakřivením smektických vrstev.



Obr. 9.21 Uspořádání molekul (a) tvaru kapky v deformaci rozevření a (b) tvaru banánu v deformaci ohybu - molekulární dipóly jsou označeny šipkami.

b) Elektrické a magnetické vlastnosti

Interakce kapalných krystalů s elektrickým a magnetickým polem se dá popsat pomocí dielektrické a magnetické susceptibility. Jelikož struktura kapalných krystalů je anizotropní, jsou obě susceptibility tensorové, tj. mají různou velikost v různých směrech.

Dielektrická anizotropie může být kladná i záporná. Při kladné anizotropii se molekuly natáčejí do směru elektrického pole, při záporné se staví kolmo na směr elektrického pole. V obou případech dojde ke snížení elektrické energie.

Magnetická susceptibilita většiny kapalných krystalů je záporná, to znamená, že jsou tzv. diamagnetické. Mikroskopický původ diamagnetické susceptibility je v delokalizaci protonů v benzenových jádrech, která jsou součástí molekul kapalných krystalů (viz obr. 9.18).