

PRESEK

List za mlade matematike, fizike, astronome in računalnikarje

ISSN 0351-6652

Letnik **13** (1985/1986)

Številka **1**

Strani **2-7**

Igor Muševič:

PRIKAZALNIKI S TEKOČIMI KRISTALI

Ključne besede: fizika.

Elektronska verzija: <http://www.presek.si/13/747-Musevic.pdf>

© 1985 Društvo matematikov, fizikov in astronomov Slovenije

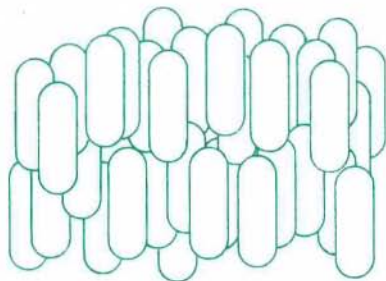
© 2010 DMFA - založništvo

Vse pravice pridržane. Razmnoževanje ali reproduciranje celote ali posameznih delov brez poprejšnjega dovoljenja založnika ni dovoljeno.

PRIKAZALNIKI S TEKOČIMI KRISTALI

Nekaj osnovnih podatkov o tekočih kristalih je bralec najbrže izvedel v 4. številki Preseka letnika 1983/84, str. 178, kjer smo spoznali predvsem holesterinske tekoče kristale in njihovo uporabo. Poleg holesterinskih tekočih kristalov danes poznamo še množico drugih vrst tekočih kristalov, ki sta jim skupni dve osnovni lastnosti: so *tekoči* (tečejo kot tekočina), obenem pa kažejo *notranjo urejenost*, ki je značilna za trdne kristale. Razvrščeni so v razrede, ki kažejo enako notranjo urejenost: *nematski*, *diskotični*, *smektični*, *holesterinski* ... Spoznali bomo notranjo strukturo nematskih tekočih kristalov in tiste njihove lastnosti, katerih poznavanje je nujno potrebno za razumevanje delovanja prikazalnikov s tekočimi kristali.

Molekule nematskih, holesterinskih in smektičnih tekočih kristalov so podolgovate, cigarasto oblikovane, dolge nekaj 10 nm in debele nekaj nm. Molekule so med seboj urejene paralelno, dolge osi cigarasto oblikovanih molekul so pretežno paralelne. V nematski tekočokristalni fazi so težišča molekul tekočega kristala naključno porazdeljena po prostoru, kot je prikazano na sliki 1.



Slika 1. Notranja urejenost nematskega tekočega kristala.

Bralec si lahko predstavlja urejenost molekul nematskega tekočega kristala z medsebojno urejenostjo rib v jati: med seboj pretežno plavajo paralelno, težišča rib pa so naključno porazdeljena v prostoru.

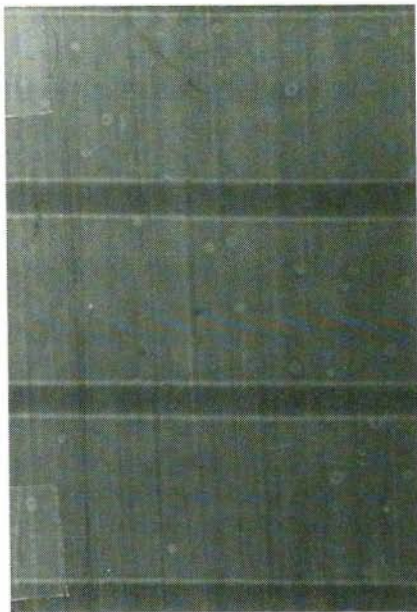
Za nematski tekoči kristal je torej značilna ena odlikovana smer, to je smer urejenosti dolgih osi molekul. S segrevanjem tekočega kristala pride pri določeni temperaturi do sprememb v notranji urejenosti molekul tekočega kristala, dolge osi molekul niso med seboj več vzporedne, temveč naključno usmerjene

v prostoru. Nematski tekoči kristal preide v tekočino, ki izgubi notranjo urejenost. Temperaturi, pri kateri pride do take spremembe, pravimo temperatura *faznega prehoda* tekočega kristala v izotropno fazo (izotropen pomeni v vseh smereh enak). Podobno se z ohlajanjem tekočega kristala pri določeni temperaturi spremeni struktura nematskega tekočega kristala tako, da običajno preide v trdno fazo, torej izgubi lastnost tekočine in ne teče. Spremembe notranje urejenosti tekočega kristala lahko opazujemo na primer z mikroskopom. Na sliki 2a vidimo fotografijo plasti nematskega tekočega kristala, kot jo pokaže mikroskop.

Preden spoznamo osnove delovanja prikazalnika s tekočimi kristali, še tole: na sliki 2a se lepo vidi, da je plast tekočega kristala sestavljena iz nešteto drobnih "kristalčkov" velikosti 0.05 mm, torej je to nekakšna večkristalična plast. Kakor bomo kasneje izvedeli, so površine prikazalnikov lahko izredno velike, do nekaj 100 cm², torej je potrebno na nek način doseči enakomerno urejenost tekočega kristala oziroma vzgojiti monokristal s tako veliko površino



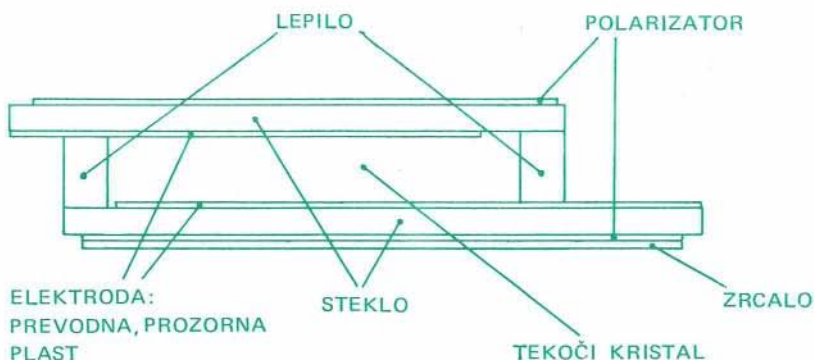
Slika 2a. Mikroskopski posnetki plasti nematskega tekočega kristala.



Slika 2b. Posnetek urejene plasti nematskega kristala. Vidni so sledovi drgnjenja steklene ploščice — tanke navpične raze. Vidimo tudi elektrode — debele vodoravne, vzporedne črte.

Pri tem si pomagamo z zvijačo. Stekleno ploščico enakomerno podrgnemo z zelo drobnim diamantnim prahom, s tem naredimo na površini stekla mikroskopsko majhne raze, ki so med seboj paralelne. Površina stekla ima to lastnost, da se molekule tekočega kristala postavijo vzporedno s površino. Zaradi brazd je najbolj ugodno, da se dolge osi molekul usmerijo vzdolž brazd. Tako dobimo tik ob površini stekla enakomerno urejeno plast, še več, urejenost molekul se prenaša v globino do razdalje 0.1 mm. Na ta način naredimo tanko, urejeno plast tekočega kristala z veliko površino, kar je prikazano na sliki 2b.

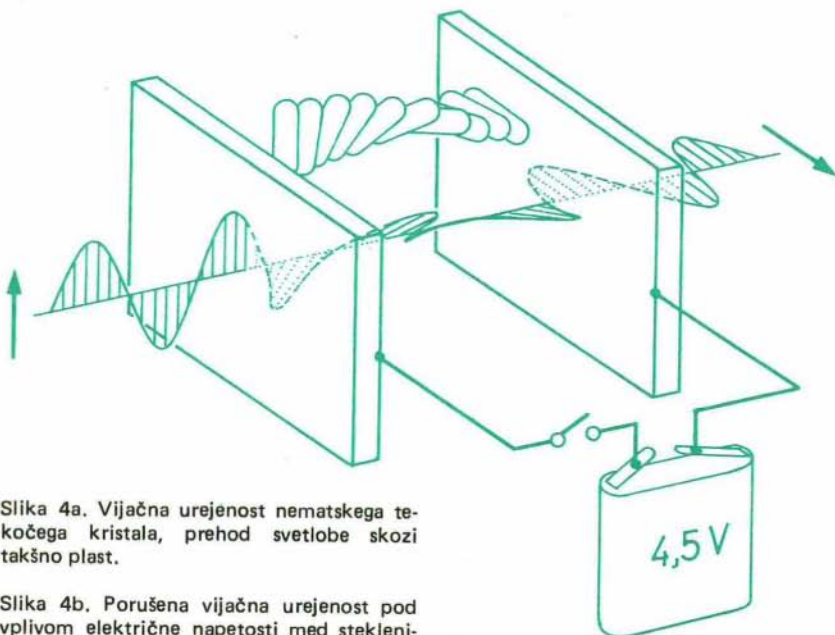
Če znamo narediti urejeno plast tekočega kristala, potem do prikazalnika ni več daleč. Prerez prikazalnika s tekočimi kristali je prikazan na sliki 3.



Slika 3. Prerez prikazalnika s tekočimi kristali

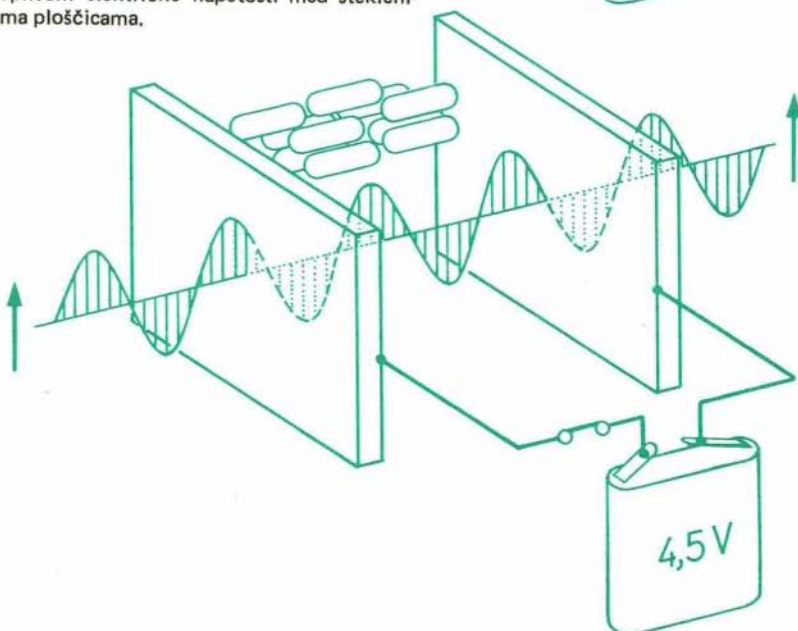
Sestavljen je iz dveh steklenih ploščic debeline 1 mm, ki imata na notranjih površinah nanešeno zelo tanko plast električno prevodne snovi, ki je prozorna. Notranji površini obeh stekel sta mehansko podrgnjeni tako, da sta smeri brazd v spodnji in zgornji ploščici pravokotni. Sestavna dela prikazalnika sta še dva polarizatorja in zrcalo, o katerih bo tekla beseda malo pozneje. Razmik med steklenima ploščicama je 5 do 10 μm . Mimogrede: debelina človeškega lasu je približno 50 μm . Stekleni ploščici po robovih zlepimo in tako dobimo celico prikazalnika, ki jo napolnimo s tekočim kristalom. Ta se na površinah uredi tako, da so dolge osi vzporedne z brazdami v površini stekla. Ker sta površini drgnjeni pod pravim kotom, se v notranjosti celice vzpostavi vijačna urejenost molekul tekočega kristala, ki je prikazana na sliki 4a.

Konice molekul opisujejo 1/4 vijačnice, ko se pomikamo od spodnjega stekla proti zgornjemu. Poglejmo, kako se širi svetloba skozi takšno strukturo. Širjenje svetlobe v prostoru si predstavljamo kot širjenje valovanja po napeti



Slika 4a. Vijačna urejenost nematskega tekočega kristala, prehod svetlobe skozi takšno plast.

Slika 4b. Porušena vijačna urejenost pod vplivom električne napetosti med steklenima ploščicama.



vrvi. Če prost konec vrvi zanihamo v smeri gor—dol, se po vrvi širijo valovi, vrv niha v navpični smeri. Pravimo, da je valovanje *polarizirano*, ker ležijo odmiki vrvi v eni ravnini. Če polarizirano svetlobno valovanje spustimo na tekočokristalno celico z vijačno urejenostjo, potem smer nihanja (*polarizacija*) sledi smeri dolgih osi molekul. Po prehodu skozi takšno celico je svetlobno valovanje polarizirano pod pravim kotom na smer vstopanja valovanja. Pri prehodu svetlobe je torej prišlo do sukanja polarizacije svetlobnega valovanja za 90 stopinj.

Omenili smo že, da ima celica na obeh notranjih površinah prevodno plast. Pravimo, da ima celica dve *elektrodi*. Če na ti dve elektrodi priključimo električno napetost (4,5 V baterija bo že dovolj), se pojavi v plasti tekočega kristala *električno polje*, ki zavrti osi molekul tekočega kristala tako, da so po vsej plasti pravokotne na površino stekla. Ta pojav je zelo podoben zasuku magnetne igle ali železnih opilkov pod vplivom magnetnega polja. Nova ureditev tekočega kristala ne suče več polarizacije svetlobe, kot je razvidno iz slike 4b.

Iz povedanega sledi, da se pod vplivom električne napetosti spremenijo optične lastnosti celice. Kako pa to vidimo?

Dnevna svetloba je nepolarizirano valovanje. Njena polarizacija je naključno porazdeljena po smereh v prostoru. Iz nepolariziranega valovanja dobimo polarizirano valovanje s pomočjo posebne priprave, ki jo imenujemo *polarizator*. Le—ta iz množice valovanj izlušči valovanja s točno določeno polarizacijo. Ponazorimo ga lahko z vrvjo in vrtno ograjo z navpično postavljenimi letvami. Skozi ograjo potegnemo vrv in jo pritrdimo na drugi strani. Če prosti konec zanihamo v smeri gor—dol, se bo valovanje lepo širilo skozi ograjo. Če vrv zanihamo v smeri levo—desno, se bo valovanje po vrvi po prehodu skozi ograjo znatno oslabilo. Tako smo dobili neke vrste polarizator, ki prepušča samo valovanje s točno določeno smerjo odmikov vrvi. Polarizatorji, ki jih uporabljamo v prikazalnikih, so v obliki tanke plastične folije.

Sedaj, ko smo spoznali polarizator, se vrnimo k naši celici. Pred celico postavimo prvi polarizator, ki iz dneвне svetlobe naredi polarizirano svetlobo. Obrnemo ga tako, da je smer polarizacije vzporedna s smerjo molekul ob vstopu v celico. Za celico postavimo drugi polarizator, ki prepušča samo tista valovanja, ki so polarizirana pravokotno na vstopno valovanje. Ker je med obema polarizatorjema celica, ki suče polarizacijo za 90 stopinj, bo celotna priprava prepuščala svetlobo. Pod vplivom električne napetosti se spremeni struktura tako, da ne suče svetlobe in celica bo med prekrizanima polarizatorjema neprepustna. Na tak način lahko z vklopom in izklopom električne napetosti med ustrezno oblikovanima elektrodama "pišemo" na naš prikazalnik. Zaradi pra-

ktičnosti običajno postavimo za drugim polarizatorjem še *zrcalo*, tako da izpis opazujemo v odbiti svetlobi.

Spoznali smo torej osnovo delovanja tekočerkristalnega prikazalnika. Takšen prikazalnik ste prav gotovo že videli. Vgrajeni so v ročnih urah, svinčnikih, kalkulatorjih, telefonih, začenjajo se pojavljati tudi v osebnih računalnikih. Na pogled so to sivozelene ploščice (zaradi polarizatorja), na katerih se pojavljajo temne številke, črke, poljubno oblikovani znaki. Takšen prikazalnik ima nenavadno lastnost: v temi je slabo viden, v močni svetlobi pa odlično, torej ravno obratno kot TV zaslon. Razlika je v tem, da tekočerkristalni prikazalnik ne seva svetlobe kot TV cev, temveč jo samo prepušča ali ne. Za delovanje torej potrebuje zunanjo svetlobo. Zaradi tega takšen prikazalnik porabi znatno manj električne energije, celo večmiljonkrat manj kot katodna cev ustrezne velikosti. Poleg tega so tekočerkristalni prikazalniki ploščati, za delovanje potrebujejo nizko napetost in so zelo poceni. Imajo pa tudi slabe lastnosti: otežkočen je večbarvni prikaz, omejeno je število prikazovanih znakov.

Pri nas so se raziskave tekočih kristalov začele v sedemdesetih letih na Inštitutu Jožef Stefan. Po večletnem raziskovalnem in razvojnem delu je stekla proizvodnja tekočerkristalnih prikazalnikov, vgrajujejo jih v merilne inštrumente, telefon, radiopostaje in v *osciloskope* s tekočerkristalnim zaslonom, ki je prikazan na sliki 5. Osciloskop je plod domačega znanja in je eden prvih tovrstnih izdelkov v svetu. Ima vgrajen mikroprocesor, z njim pa lahko opazujemo časovne odvisnosti električne napetosti. Slike lahko spravljamo v pomnilnik, jih obdelujemo, primerjamo, seštevamo in podobno.

Zaradi izredno majhne porabe energije se uporaba tekočerkristalnih prikazalnikov nezadržno širi, saj se s to danes tako pomembno lastnostjo imenitno vključujejo v proizvode mikroelektronike.

Igor Muševič



Slika 5. Digitalni osciloskop s tekočerkristalnim zaslonom.

Glej tudi slike tekočih kristalov na I. in IV. strani ovitka.

PRESEK 1



