

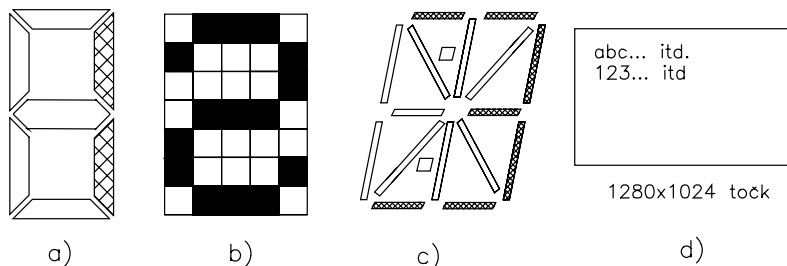
# 7 PRIKAZOVALNIKI

- 7.1 UVOD
- 7.2 OSNOVNI PARAMETRI PRIKAZALNIKOV
- 7.3 PREGLED PRIKAZALNIKOV

## 7.1 UVOD

Prikazalnik (display) je elektrooptični element, ki električne signale pretvarja v slikovno informacijo.

Obstoja mnogo različnih vrst prikazalnikov za najrazličnejše namene, od enostavnih do kompleksnih. Nekaj tipičnih primerov prikazuje SI 7.1.



SI 7.1 Nekatere pogostejše vrste prikazalnikov: a) 7-segmentni numerični, b) 5x7-alfanumerični, c) 16-segmentni, d) matrični CRT.

## 7.2 OSNOVNI PARAMETRI PRIKAZALNIKOV

Nekatere vrste prikazalnikov imajo statičen zapis slike, drugi morajo iz različnih razlogov stalno obnavljati sliko. Frekvenca tega obnavljanja mora biti dovolj visoka, da oko ne zazna obnavljanja oz. utripanja slike. Običajno so minimalne frekvence obnavljanja slike zato okrog 30Hz.

Prikazalnike lahko razdelimo glede na značaj svetlobe v prikazalniku na dve skupini:

**1) Pasivni prikazalniki :** ti le modificirajo vpadlo svetlobo. Prikaz je torej sestavljen iz svetlih in temnih področij. Pasivni prikazalniki so tako čitljivi le pri dovolj močni zunanji svetlobi, zato pa je njihova poraba napajalne moči nizka.

**2) Aktivni prikazalniki :** ti sami generirajo lastno svetlobo in so torej čitljivi tudi pri šibki zunanji svetlobi, je pa zato njihova poraba napajalne moči večja. Za generacijo lastne svetlobe izrabljajo običajno efekt luminiscence ali fosforescence, ki jih bomo zato na kratko opisali v nadaljevanju.

### Luminiscenca

Kadar na nek primeren material usmerimo snop pospešenih delcev npr. elektronov  $e^-$ , pride do trkov med vpadlimi delci in valenčnimi elektroni v atomih materiala. Valenčni elektroni pri trkih dobijo energijo in se zato dvignejo v višje energijske nivoje atoma (SI 7.2). Pri preskakovanju nazaj v osnovna stanja ti elektroni presežno energijo  $\Delta E$  oddajajo v obliki fotonov oz. sevanja. Valovna dolžina oddane svetlobe  $\lambda$  je določena z izrazom

Tukaj bo SLIKA

### SI 7.2 Pojav luminiscence

$$\Delta E = \frac{hc}{\lambda} \quad (7.1)$$

kjer je  $h$  Planckova konstanta in  $c$  hitrost svetlobe v vakuumu. Opisnemu nastanku svetlobe pod vplivom vpadlega snopa delcev pravimo luminiscenca, ustreznim svetlobnim elementom v prikazalniku pa pravimo luminifori.

### Fosforescenca

To je podoben pojav kot luminiscenca, le da pride do izsevanja svetlobe z neko zakasnitvijo. Ta zakasnitev, v odvisnosti od materiala, lahko traja tudi do nekaj ur. Ustreznim svetlobnim elementom pravimo tedaj fosfori.

## OSNOVNI PARAMETRI PRIKAZALNIKOV

Preglejmo še nekaj osnovnih parametrov, ki jih srečamo pri prikazalnikih:

- število osnovnih slikovnih elementov : veliko (npr. TV zaslon) ali majhno (npr. standardizirani numerični ali alfanumerični prikazalniki, SI 7.1)

- velikost osnovnega elementa : majhni (npr. TV zaslon - nekaj desetink milimetra) ali veliki (npr. alfanumerični prikazalniki - nekaj mm do nekaj cm in več)
- ostrina slike oz. ločljivost : odvisna od velikosti osnovnega slikovnega elementa
- kontrast : razmerje svetlosti temno – svetlo
- izvedba kontrasta: brez vmesne stopnje ( npr. belo-črno ) ali z odtenki ( sivo )
- svetlost
- močnost barvne slike
- hitrost obnavljanja slike oz. čas odziva
- delovna napetost : nizkonapetostni, visokonapetostni
- poraba napajalne moči
- izkoristek
- krmiljenje : direktno, multipleksirano
- teža, dimenzije

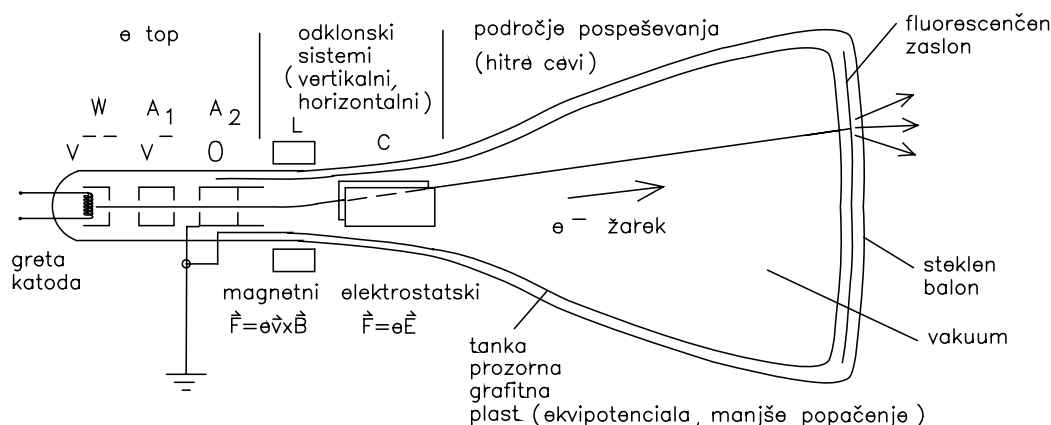


## 7.3 PREGLED PRIKAZALNIKOV

### 7.3.1 KATODNA CEV

Čeprav po osnovnem principu delovanja stara, klasična vrsta prikazalnika, je katodna cev, ob neprestanih tehnoloških izboljšavah, danes še vedno v primeru velikega števila slikovnih elementov pri raznih TV napravah, računalniških terminalih itd. precej uporabljena vrsta prikazalnika.

Druga imena za katodno cev ali elektronko so še Braunova slikovna cev po iznajditelju ter katodna žarkovna cev (CRT, Cathode Ray Tube). Osnovno strukturo črnobelega katodne cevi prinaša SI 7.3.



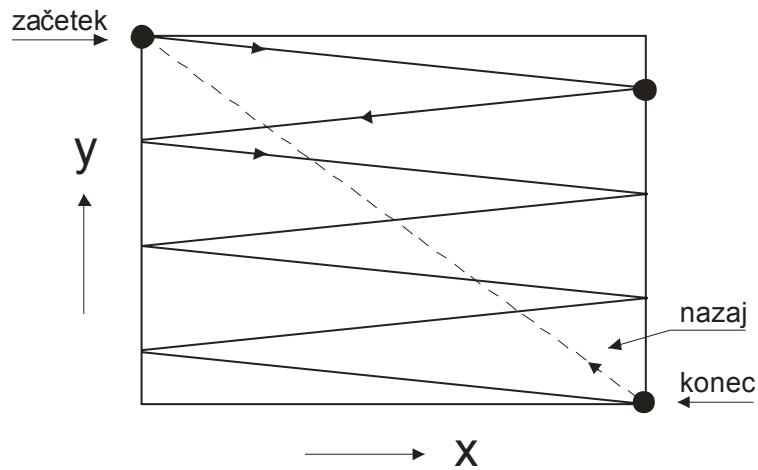
SI 7.3 Struktura črnobelega katodne cevi

Običajno je ozemljena zadnja anoda  $A_2$  skupaj s tanko optično in električno prevodno grafitno plastjo na zaslonu, ki deluje kot Faradayeva kletka. Katoda  $K$  je na visokem negativnem potencialu, zato se iz katode izstopajoči snop elektronov pospešuje proti anodam. Pri hitrih cevah obstoja dodatno polje in pospeševanje tudi še dalje v področju vse do zaslona.

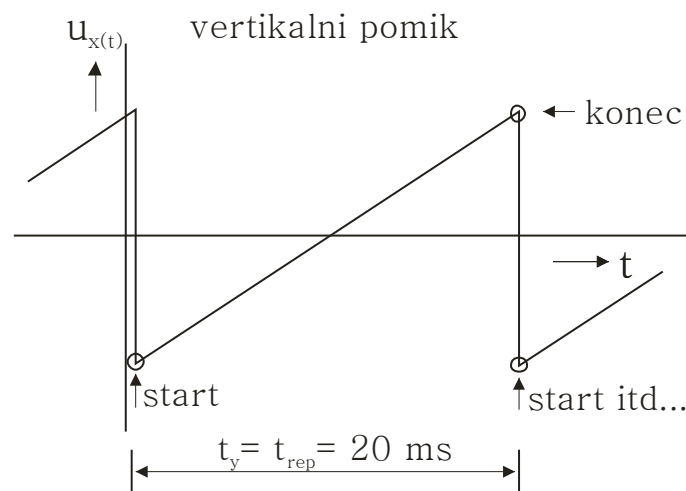
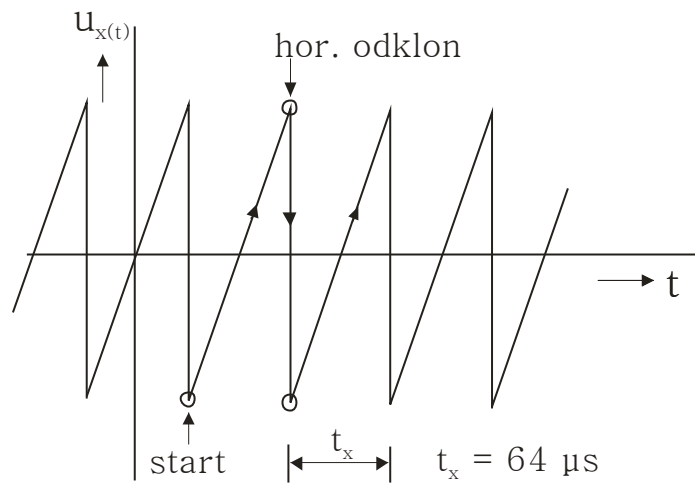
Elektroda, označena s črko  $W$ , se imenuje po iznajditelju Wehneltov cilindar. Ta ima dvojno vlogo: regulira intenziteto žarka (z negativnim potencialom na cilindru jo zmanjšuje) in kolimira (gosti) žarek.

Slika nastane, ko v skladu z vhodnim signalom žarek elektronov potuje (scanira) po zaslonu, hitro nariše pri tem svetle oz. temne pike preko celotnega področja in na ta način ustvari vtis vhodnemu signalu ustrezne slike. Ko žarek pripotuje do konca zaslona, običajno preskoči na začetek in začne znova z risanjem nove slike. Obnavljanje oz. osvečitev slike v skladu z vhodnim signalom nam naredi vtis časovno spremenljive slike. Oko prevare ne bo opazilo, če je hitrost obnavljanja slike dovolj velika, kar se zgodi pri  $f > 30\text{Hz}$ .

Pot žarka po ekranu oz. obnavljanje slike (skaniranje, scanning) prikazuje SI 7.4. Žarek premikata vertikalna in horizontalna odklonska napetost  $v_y(t)$  in  $v_x(t)$ , prikazani na SI 7.5.



SI 7.4 Pot žarka oz. obnavljanje slike po ekranu

SI 7.5 Vertikalna in horizontalna odklonska napetost  $v_y(t)$ ,  $v_x(t)$  za pomik žarka

**Primer:** Določi osnovne podatke za prikazalnik s podatki:  $t_y = 20\text{ms}$ ,  $t_x = 64\mu\text{s}$ .

**Rešitev:** Tedaj je število vrstic na ekranu  $N = t_y/t_x = 20\text{ms}/64\mu\text{s} = 300$ .

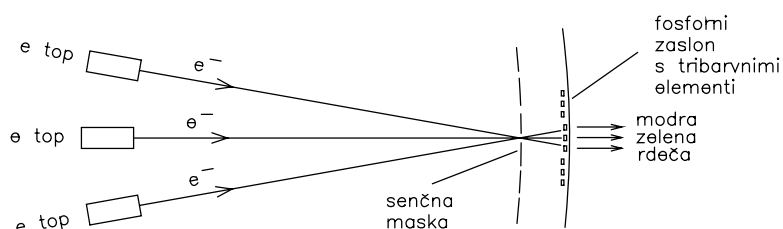
Hitrost oz. frekvenca osvežitve oz. obnavljanja(repetition) slike je določena z  $t_y$

$$f_{\text{rep}} = 1/t_y = 1/20\text{ms} = \underline{50\text{Hz}}$$

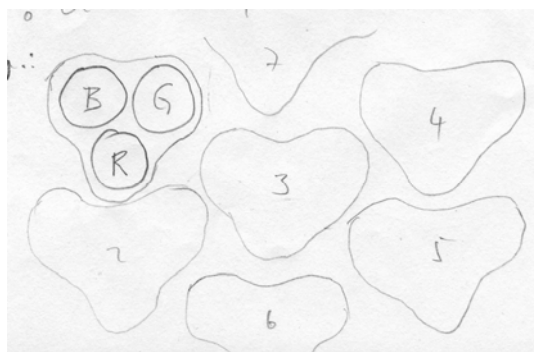
in je dovolj velika(>30Hz), da oko ne zazna utripanja.

**Barvna katodna cev** deluje na osnovi enakega osnovnega principa kot črnobela, le da imamo pri barvni cevi tri take neodvisne sisteme, za tri osnovne barve(sl.5a) : rdečo , modro in zeleno oz. RGB (Red, Blue, Green), s pomočjo katerih lahko ustvarimo z ustreznim razmerjem intenzitet poljuben barvni odtenek.

Osnovni slikovni element je torej pri barvni katodni cevi sestavljen iz treh področij (luminiforov) premera tipično 0.3mm, ki zažarijo pod vplivom vpadlih elektronov v modri, zeleni ali rdeči barvi. Kot prikazuje Sl 7.6, senčna maska oz. zaslonka poskrbi z enostavnimi zakoni geometrije, da elektronski žarek iz posamezne elektronske puške lahko vpade le na luminifor določene barve. Z ustreznimi električnimi signali na posameznih elektronskih puškah aktiviramo ustrežno intenziteto posameznega žarka, s tem zmešamo osnovne barve v pravem razmerju in tako ustvarimo pravo barvo slikovnega elementa.



a)

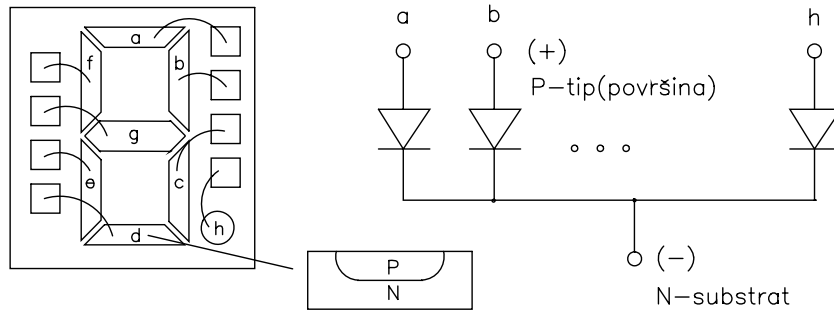


b)

Sl 7.6 Princip delovanja barvne katodne cevi(a) in struktura RGB fosforjev(b)

### 7.3.2 PRIKAZALNIKI S SVETLEČIMI DIODAMI(LED)

Ta vrsta prikazalnikov deluje na osnovi svetlečih diod (Light Emitting Diode, LED) in jih zato imenujejo včasih tudi LED prikazalniki. Po strukturi so to LED diode ustreznih geometrij (Sl 7.7), torej v bistvu PN spoji v ustreznem polprevodniškem materialu.

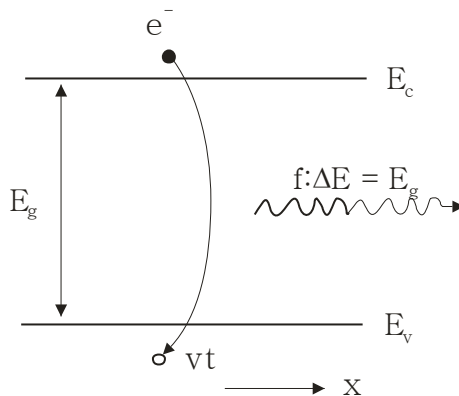


SI 7.7 Struktura in nadomestno vezje LED prikazalnika

Pri visoki prevodni napetosti oz. velikem prevodnem toku pride v osiromašenem področju PN spoja diode do močnih rekombinacij injiciranih nosilcev, pri čemer ti presežno energijo oddajajo z emisijo fotonov, v skladu z enačbo

$$\Delta E = E_g = \frac{hc}{\lambda} = \frac{1,24 \text{ eV}}{\lambda [\mu\text{m}]} \quad (7.2)$$

kjer je  $E_g$  širina prepovedanega pasu danega polprevodniškega materiala,  $h$  Planckova konstanta,  $c$  hitrost svetlobe v vakuumu in  $\lambda$  valovna dolžina izsevane svetlobe.



SI 7.8 Rekombinacije in tvorba fotonov v LED

### Materiali

Barva oddane svetlobe prikazalnika je torej določena s polprevodniškim materialom. Danes so predvsem v uporabi razni heterospojni polprevodniški materiali, ki so sestavljeni iz atomov III. in V. ali II. in VI. grupe periodnega sistema. Primeri teh materialov so npr. GaAsP, ki oddaja rdečo svetlobo, če je razmerje As : P = 60 : 40 ali rumeno v primeru As : P = 15 : 85. Material GaP:N (pomeni: galijev arsenid z majhnim dodatkom dušika) oddaja zeleno svetlobo. Modro barvo so dosegli z novejšimi materiali kot npr. SiC, GaN. Zanimiv je zlasti zadnji material, saj ob različni stopnji dopiranja omogoča sam vse barve od rdeče do modre!

Spodnja tabela prinaša še pregled za nekatere novejšje LED materiale.

Tabela 2: Materiali LED

Conventional LEDs are made from a variety of inorganic semiconductor materials, producing the following colors:

- aluminum gallium arsenide (AlGaAs) - red and infrared
- aluminum gallium phosphide (AlGaP) - green
- aluminum gallium indium phosphide (AlGaInP) - high-brightness orange-red, orange, yellow, and green
- gallium arsenide phosphide (GaAsP) - red, orange-red, orange, and yellow
- gallium phosphide (GaP) - red, yellow and green
- $\begin{matrix} \text{N}^{\ominus} \\ \downarrow \end{matrix}$  gallium nitride (GaN) - green, pure green (or emerald green), and blue
- indium gallium nitride (InGaN) - near ultraviolet, bluish-green and blue
- silicon carbide (SiC) as substrate - blue
- silicon (Si) as substrate - blue (under development)
- sapphire (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) as substrate - blue
- zinc selenide (ZnSe) - blue
- diamond (C) - ultraviolet
- aluminum nitride (AlN), aluminum gallium nitride (AlGaN) - near to far ultraviolet

$\downarrow \text{NE} - \text{ze} \uparrow$

Blue and white LEDs (In)GaN,

An ultraviolet GaN LED. Commercially viable blue LEDs based on the wide band gap semiconductor gallium nitride and indium gallium nitride were invented by Shuji Nakamura while working in Japan at Nichia Corporation in 1993 and became widely available in the late 1990s. They can be added to existing red and green LEDs to produce white light, though white LEDs today rarely use this principle.

Most "white" LEDs in production today use a 450 nm – 470 nm blue GaN (gallium nitride) LED covered by a yellowish phosphor coating usually made of cerium-doped yttrium aluminum garnet (Ce<sup>3+</sup>:YAG) crystals which have been powdered and bound in a type of viscous adhesive. The LED chip emits blue light, part of which is efficiently converted to a broad spectrum centered at about 580 nm (yellow) by the Ce<sup>3+</sup>:YAG. The single crystal form of Ce<sup>3+</sup>:YAG is actually considered a scintillator rather than a phosphor. Since yellow light stimulates the red and green receptors of the eye, the resulting mix of blue and yellow light gives the appearance of white, the resulting shade often called "lunar white". This approach was developed by Nichia and was used by them from 1996 for manufacturing of white LEDs.

o zadnjem delu govora:

OLED FPD

FPD, I<sup>3</sup> Proc, Apr 02  
1.73

Organic

materiali primari deli svet LED

Delo: P in soji iz organskih obrev,

v prvih fazi: zaradi vel. izg.

mosiclav v o. podi, prišlo do  
iskrevanja fotonor (= svetlobi).

lastnosti: dobra luminosit,

primarna tehnologija za nameni - tiskanje  
masovno produkcijo: <sup>alternativ</sup> tiskanje

plastni ope. p. p. na fleksibilne  
substrate <sup>alternativ</sup> - tiskanje!

Problem: P obci. na velika pale im  
kritih → shizmo zapiranje!

Primeri za majhne in velike  
displaye, monokromatični in

barvni → sl. 1.73! (Fotolumina)  
KODAK

Dodaj 7-segm prik (klas. adresiranje),

5x7 segm prik (matrično adr)

### Napajanje

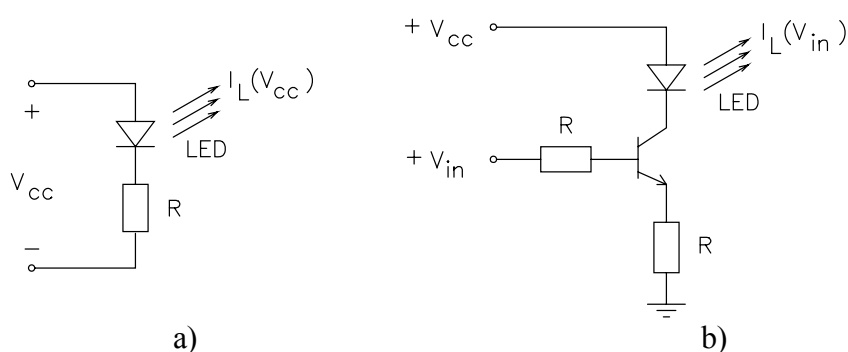
Napajanje teh prikazalnikov je običajno tokovno, ker je svetlost prikazalnika linearno odvisna od toka skozi LED diodo medtem ko je odvisnost od napetosti eksponencialna. Zato je napetostno napajanje nevarno, saj že majhne prekoračitve napetosti lahko povzročijo velike toke, moči in temperature ter s tem uničenje elementa. Dve enostavni izvedbi tokovnega napajanja, z uporabo in transistorjem, prikazuje SI 7.9.

Pri izvedbi z uporabo je tok LED določen po Ohmovem zakonu

$$I_{LED} = \frac{U - U_{LED}}{R} = \frac{U - 1.3V}{R} \quad (7.3)$$

Pri izvedbi s transistorjem je tok LED tudi kolektorski tok transistorja in zato določen z baznim tokom  $I_B$ . Tok  $I_B$  je določen po Ohmovem zakonu (pri tem zanemarimo upor v emitorju, prevodna napetost na emitorskem spoju pa tipično znaša 0.7V).

$$I_{LED} = I_C = \beta I_B, \quad I_B = \frac{V_{in} - 0.7V}{R} \quad (7.4)$$



SI 7.9 Izvedbe napajanja LED prikazalnika

Tok za dani prikazalnik je običajno podan od proizvajalca. Včasih je podan za dano vrsto prikazalnikov kar tok na enoto svetleče površine prikazalnika  $dI/dA$ , potreben za normalno svetilnost. Za poljuben prikazalnik iz te družine oz. te tehnologije lahko takoj s pomočjo ocene svetleče površine danega prikazalnika  $A$  izračunamo potrebni tok za normalno svetilnost  $I$

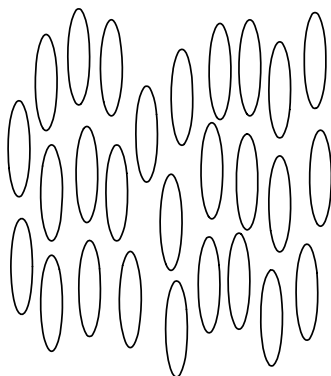
$$I = \left( \frac{dI}{dA} \right) A \quad (7.5)$$

### 7.3.3 PRIKAZALNIKI S TEKOČIMI KRISTALI (LCD)

Ta vrsta prikazalnikov deluje na osnovi tekočih kristalov in jo zato včasih imenujemo tudi kratko LCD (Liquid Crystall Display). LCD spada med pasivne prikazalnike, saj ne emitira lastne svetlobe.

Tekoči kristali so posebni organski materiali, ki po svoji kristalografski zgradbi in posledično gibljivosti ne spadajo niti med kristale niti med tekočine, ampak so nekje vmes. Tako je npr. v trdni snovi molekula trdno vpeta v mrežo in torej ni gibljiva, tu ni translacije ali rotacije molekule. Druga skrajnost so tekočine, kjer so molekule povsem proste, tu torej obstoja translacija in rotacija molekul. Pri tekočih kristalih so molekule delno vpete v mrežo, tako da tu ni možna translacija, pač pa je možna rotacija molekul.

Pri LCD se uporabljajo tekoči kristali z dolgimi molekulami v stanju ti. nematske faze (SI 7.10): po obliki cigaram podobne molekule so tedaj obrnjene vse v isti smeri .



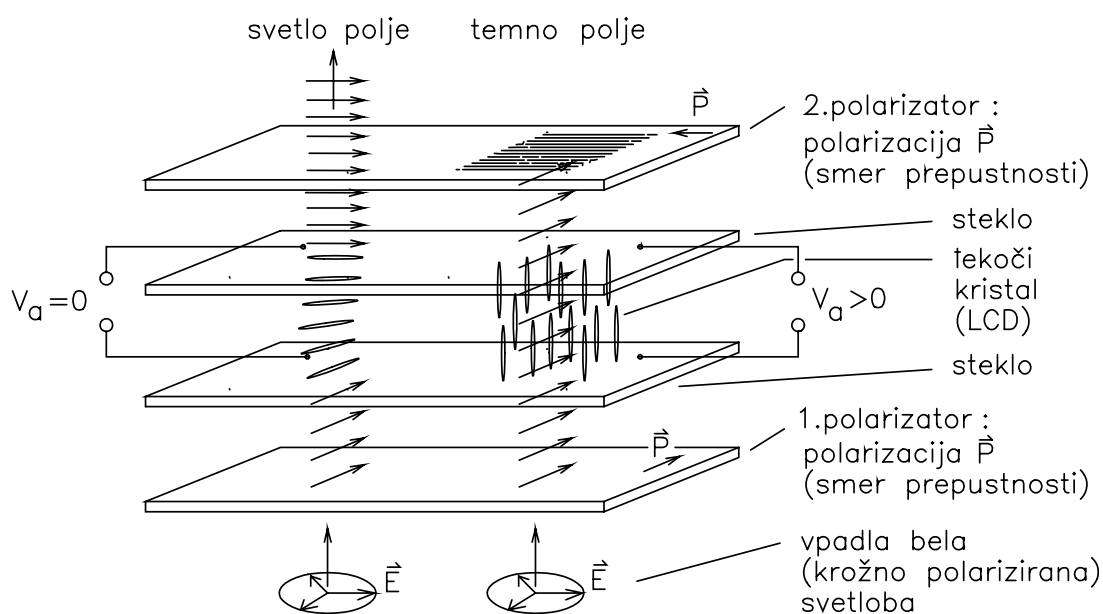
SI 7.10 Tekoči kristali v stanju nematske faze

Struktura in princip delovanja LCD sta prikazana na SI 7.11. Prikazalnik je sestavljen iz štirih steklenih plošč. Spodnja in zgornja plošča sta polarizatorja, ki torej prepuščata le svetlobo z električno poljsko jakostjo  $E$  v določeni smeri  $P$ , kot je to naznačeno na sliki. Med srednji plošči je s posebnim postopkom vnešena tanka plast tekočega kristala tako, da so na spodnji plošči molekule orientirane vse v določeni smeri, kot kaže slika. Podobno so tudi na zgornji plošči vse molekule orientirane v smeri, ki je pravokotna na smer orientacije molekul spodnje plošče. V plasti imamo počasen prehod orientacije molekul od ene usmerjenosti do druge. Zato orientacija molekul po debelini plasti opisuje vijačnico s celotnim zasukom  $90^\circ$ .

Če vpadne bela krožno polarizirana svetloba, pri kateri so zastopane vse smeri  $E$  enakomerno, na opisani LCD, prvi polarizator prepusti le del svetlobe z  $E$  v pravi smeri (sl.5, levo). Prepuščena svetloba pride do plasti tekočega kristala, ki ima lastnost, da zaradi opisane orientacije molekul po vijačnici obrača tudi smer  $E$  potujoče svetlobe, v celoti torej za  $90^\circ$ . Zato pride v tem primeru svetloba do drugega polarizatorja s pravilno usmerjenim  $E$  in jo zato drugi polarizator prepusti. V tem primeru dobimo torej v prikazalniku svetlo polje.

Temno polje prikazalnika dobimo, če pritisnemo na plast tekočega kristala električno napetost oz. polje. To izvedemo s pomočjo optično in električno prevodne plasti kot je npr. kositrov oksid  $\text{SnO}_2$ . Te optično in električno prevodne elektrode še dodatno fotolitografsko izoblikujemo, da dobijo primerno obliko npr. neke črke, številke, posamezne črtice v 7-segamentnem prikazalniku itd. Pod vplivom pritisnjene napetosti oz. električnega polja se molekule tekočega kristala uredijo vse v smeri polja (SI 7.11, desno). Zato pri prehodu skozi plast tekočega kristala v tem primeru ne pride do zasuka svetlobe, ta pride torej do drugega polarizatorja z nepravilno orientiranim E in jo zato drugi polarizator ne prepusti, dobimo temno polje v prikazalniku, po obliki določeno z geometrijo  $\text{SnO}_2$  elektrod.

Obstojajo tudi drugačne izvedbe LCD prikazalnikov, npr. če sta oba polarizatorja orientirana vzporedno, dobimo obratno kot v prejšnem primeru z elektrodami definirano področje kot svetlo na temni podlagi.

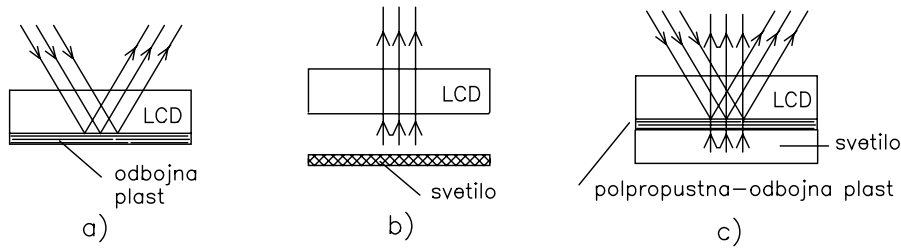


SI 7.11 Struktura in delovanje LCD

V zadnjem času so se uveljavili ti. superzaviti ( Super Twisted Nematic , STN ) LCD prikazalniki, pri katerih je kot rotacije molekul enak  $280^\circ$ . STN LCD imajo boljši kontrast in večji dopustni kot opazovanja kot klasični LCD.

LCD srečamo v treh izvedbah, glede na izvor svetlobe, kot prikazuje SI 7.12:

- **odbojni (reflective)** : vpadla svetloba pride z iste strani kot je LCD, na zadnji strani se nahaja odbojna difuzna plast, npr. brušena Al folija. Ta tip LCD je primeren zlasti za odčitavanje ob dnevni ali drugi zunanji svetlobi.
- **prepustni (transmissive)** : vpadla svetloba pride z druge strani in gre le skozi LCD. Izvor je v tem primeru lahko dnevna svetloba ali umetno svetilo npr. LED diode. Ta tip LCD je primeren zlasti za nočna opazovanja.
- **odbojno-prepustni (transflective)** : ta tip LCD prikazalnika vsebuje polprepustno odbojno plast in je kombinacija obeh prej omenjenih izvedb. Primeren je torej tako za opazovanje v prepuščeni dnevni svetlobi kot ob umetni nočni osvetlitvi.



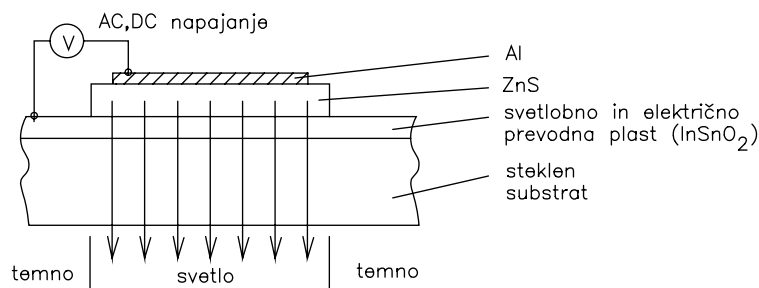
SI 7.12 Razne izvedbe LCD: odbojni(a), prepustni(b) in odbojno-prepustni(c)

LCD ne prenašajo dobro dolgotrajnih enosmernih napetosti nad 100mV, ker se v tem primeru začnejo odvijati v tekočih kristalih elektrokemijske reakcije, ki vodijo do uničenja prikazalnika. Ker opisani LCD princip deluje pri obeh polarizacijah napetosti oz. smeri električnega polja, so zato v praksi LCD prikazalniki napajani z izmeničnimi, običajno pravokotnimi impulzi dovolj visoke frekvence, da oko tega ne opazi ( $f > 30 \text{ Hz}$ ).

### 7.3.4 ELEKTROLUMINISCENTNI PRIKAZALNIKI

Strukturo takega prikazalnika prinaša SI 7.13. Ker v teh svetilih ni resistivnega segrevanja kot v klasičnih žarnicah, imajo boljši svetlobni izkoristek in jim pravimo tudi hladna svetila.

Optično aktivni del takega prikazalnika je tanka plast primerno dopiranega polprevodnika z energijsko režo nad 3eV, kot je npr. ZnS/Mn,Sn. Močno DC ali AC električno polje vzbudi v aktiviranem področju elektrone v materialu iz valenčnega v prevodni pas, kasneje del rekombinacij nazaj poteka s sevanjem fotonov vidne svetlobe.



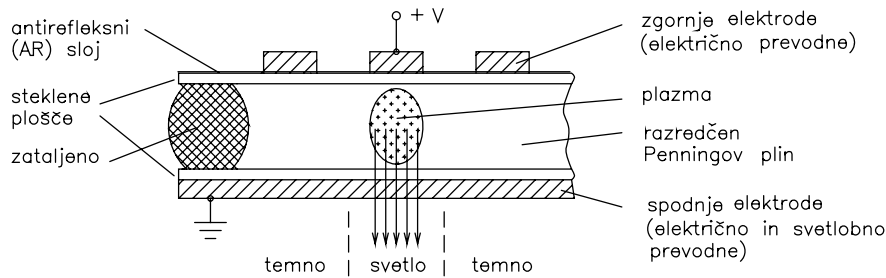
SI 7.13 Elektroluminiscentni prikazalnik

Obstojajo tudi elektroluminiscentni prikazalniki v rdeči, rumeni, zeleni in modri barvi. Elektroluminiscentni prikazalniki so primerni tako za majhne npr. 7-segmentne itd. prikazalnike kot tudi za realizacijo velikih npr. TV prikazalnikov. Zaradi vseh naštetih lastnosti napovedujejo tej vrsti prikazalnikov še zelo svetlo bodočnost.

### 7.3.5 PLAZEMSKI PRIKAZALNIKI

Plazemski prikazalnik, imenovan včasih tudi GDD (Gas Charge Display), prikazuje SI 7.14.

V aktiviranem področju prikazalnika, med elektrodami s pritisnjeno napetostjo, se ustvari področje močnega električnega polja. To polje v razredčeni atmosferi žlahtnega plina v prikazalniku povzroči razelektritev v plinu oz. vzbujanje in ionizacijo elektronov v atomih plina. Vzbujeni elektroni se vračajo v osnovno stanje z izsevanjem fotonov vidne svetlobe.



SI 7.14 Plazemski prikazalnik

Vzbujanje prikazalnika je lahko izvedeno z enosmernimi ali izmeničnimi električnimi napetostmi oz. polji.

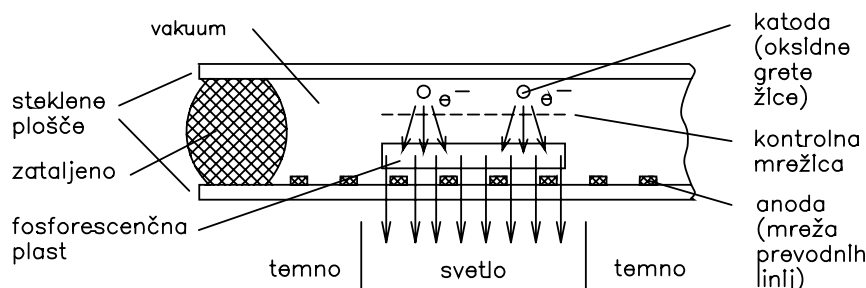
Najprimernejša atmosfera za vzbujanje v prikazalniku je ti. Penningov plin. To je v osnovi plin neon z dodatkom argona ali ksenona in se odlikuje po nizki vžigni napetosti ter ne previsokim vakuumom.

Plazemski prikazalniki so prijetnih intenzivnih barv in so primerni za realizacijo tako manjših kot večjih prikazalnikov. Slabost te vrste prikazalnikov je predvsem relativno visoka napetost napajanja, tipično  $100V \div 200V$ .

### 7.3.6 FLUORESCENTNI PRIKAZALNIKI

Fluorescentni prikazalnik imenujemo včasih tudi krajše VFD (Vacuum Fluorescent Display). Strukturo tega prikazalnika, ki je po principu delovanja sorodna vakuumski triodi ali katodni cevi, prikazuje SI 7.15.

Na spodnjem steklenem substratu takega prikazalnika je izdelana anoda, ki jo sestavlja mreža prevodnih linij. Nad mrežasto anodo je natiskana optično aktivna površina prikazalnika primerne geometrije, npr. posamezni segmenti 7-segmentnega prikazalnika. To optično aktivno površino prikazalnika sestavlja tanka plast primernega luminiscentnega materiala, ki bo seval oz. svetil pod vplivom vpada pospešenih elektronov. Nad optično aktivno plastjo se nahaja še fina kontrolna mrežica triodne strukture, ki regulira podobno kot pri triodi s svojim potencialom tok elektronov od katode proti anodi. Nad kontrolno mrežico se nahaja še izvor elektronov oz. katoda, ki je sestavljena iz fine kovinske mrežice. Material katodne mrežice je tanka kovinska žica premera  $20\mu\text{m}$ , prevlečena z ustreznim oksidom, da pride do emisije elektronov iz metala že pri relativno nizkih temperaturah okrog  $700^\circ\text{C}$ . Kot prikazuje SI 7.15, je na robovih vse skupaj zataljeno, tako da vlada v notranjosti prikazalnika visoki vakuum.



SI 7.15 Fluorescentni prikazalnik

Posamezno področje prikazalnika vžgemo s tem, da pripeljemo na pripadajočo kontrolno mrežico in anodo ustrezne napetosti, tipično  $15\text{V} \div 25\text{V}$ . Zato pride do vpada elektronskega snopa na luminiscentni material in s tem do emisije svetlobe.

Tipična uporaba te vrste prikazalnikov je npr. za realizacijo 7-segmentnih prikazalnikov v blagajniških in računskih strojih, urah itd. Značilna za to vrsto prikazalnikov je zelenomodra barva izsevane svetlobe.

**REFERENCE**

- 1) S.Matsumoto et.al., "Electronic Display Devices", John Wiley&Sons, 1990.
- 2) E.G.Bylander, "Electronic Displays", McGraw-Hill Book Company, USA, 1979.
- 3) D.Lasič, "NELINEARNI ELEMENTI ELEKTRONIKE", Fakulteta za elektrotehniko, Ljubljana, 1971.
- 4) J.Pirš in dr., "Tekočekristalni prikazalniki z veliko gostoto informacij", Informacije MIDEM, 4-1988, Ljubljana, 1988.
- 5) "Liquid Crystal Displays", Philips Data Handbook, Semiconductors Book S14, 1987.
- 6) "Prikazalniki s tekočimi kristali LCD", ISKRA Elementi, Tovarna potenciometrov in hibridnih vezij Šentjernej.
- 7) A.A.Bergh, P.J.Dean, "Light-emitting diodes", Clarendon Press, Oxford, 1976.
- 8) "LED Displays", Short form Catalog, SIEMENS, 1987