

Principy zobrazovačů

Užitá elektronika ... KMT/UE

Pavel Kratochvíl

prezentace převzata od doc. Raunera

Zobrazovač:

elektronické zařízení umožňující elektrickým signálem měnit obraz

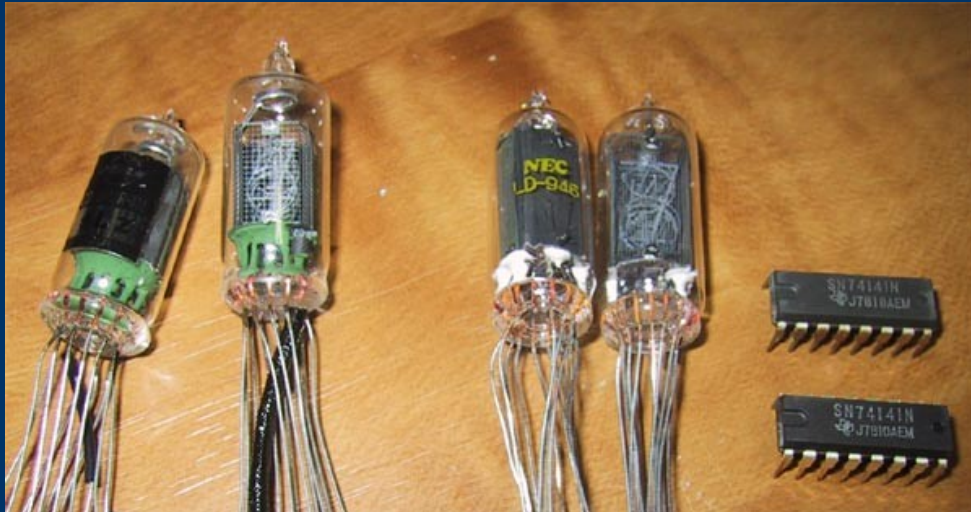
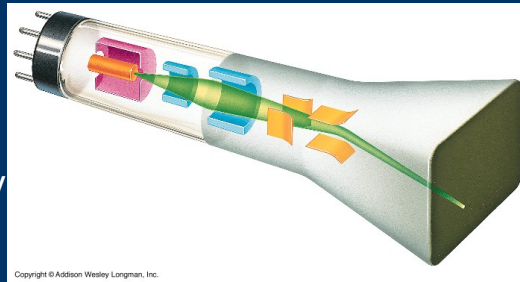
- **aktivní – vyzařují světlo**
- **pasivní – mění průchodnost nebo odrazivost, případně směr odrazu**

fyzikální principy:

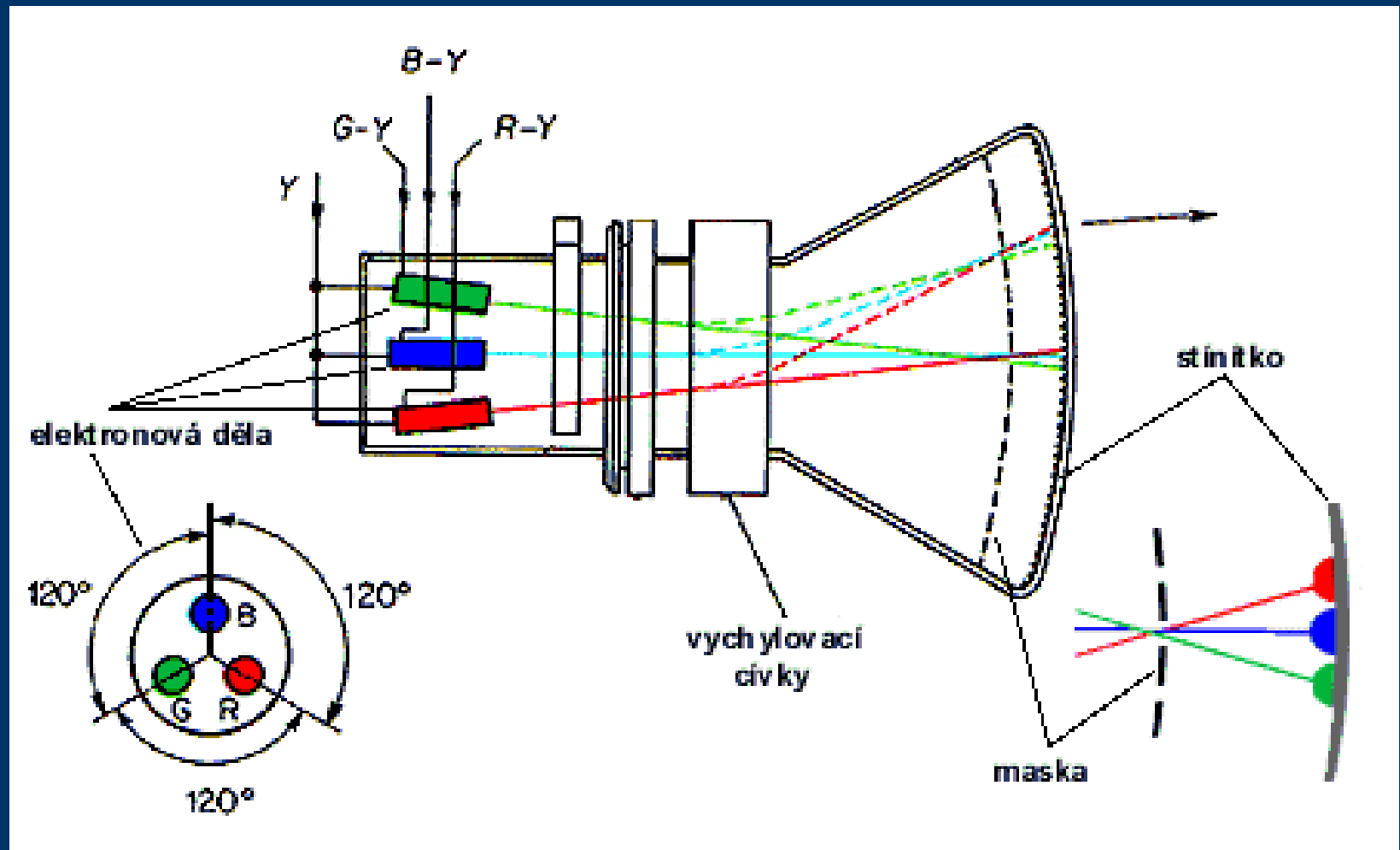
- **aktivní – luminiscence vyvolaná katodovým zářením**
 - **doutnavý výboj**
 - **jiskrový výboj**
 - **elektroluminiscenční jev (LED)**
 - **laserový jev**
- **pasivní – stáčení roviny polarizovaného světla – kapalné krystaly**
 - **elektrostatické přitahování a odpuzování (e-ink)**
 - **elektrosmáčivost**

Klasické (historické) zobrazovače:

- historicky první zobrazovače CRT – katodové záření – osciloskopické obrazovky
- 30. léta 20. století – televizní obrazovky s magnetickým vychylováním
- Digitrony
- svítivé diody LED (1962)
- kapalné krystaly (objev 1888 Praha, využití 1968)

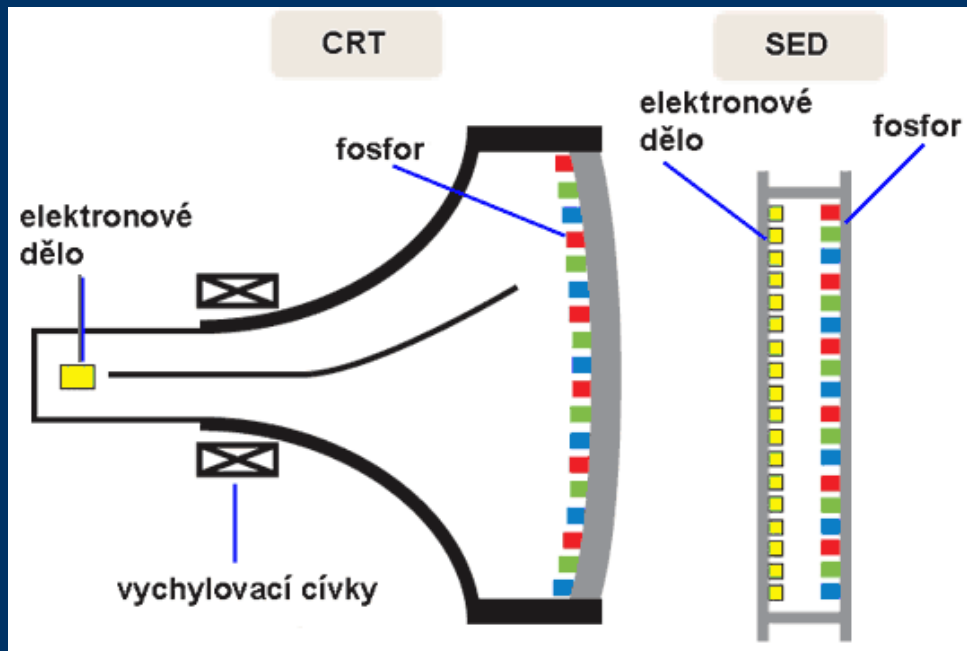


Historie: barevná delta obrazovka (CRT):



Nepoužívaná technologie: SED – obrazovka s plošným elektronovým emitorem

Surface conduction Electron emitter Display

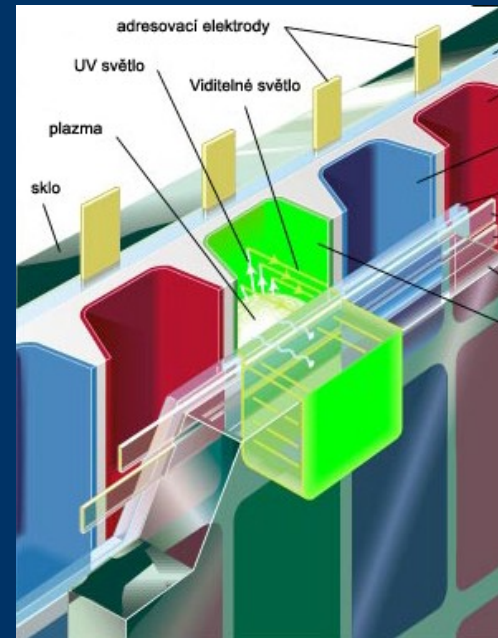
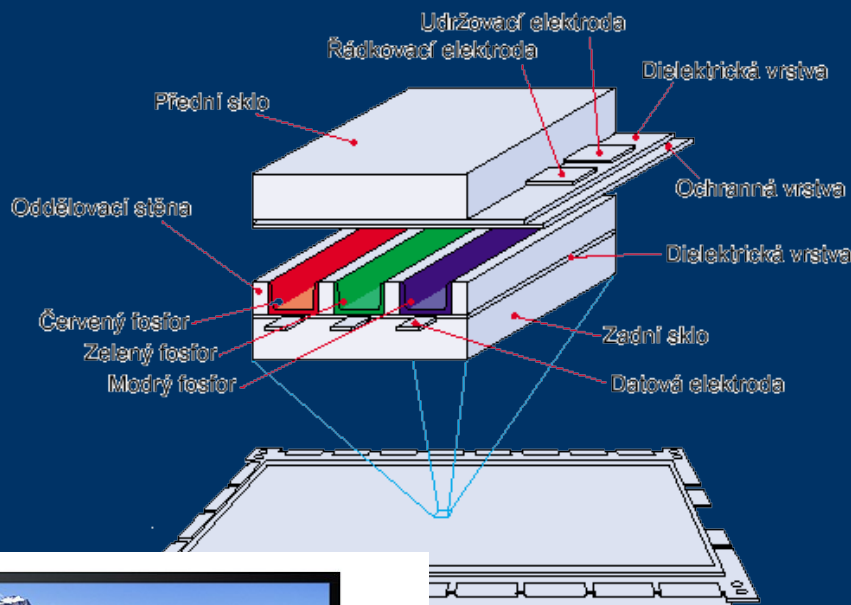


- autoemise elektronů z uhlíkových nanovláken, (tak „ostrá“, že k autoemisi stačí několik voltů)
- lepší spektrální barevnost (sazeči stále raději využívají monitorů CRT),
- první experimentální televizory 2007, 2008 (Canon, Toshiba, Samsung) - 1 300 \$
- i přes zvládnutou technologii není vstup na trh jistý
- vysoké výrobní náklady, dlouhý soudní spor kvůli patentu

Canon ukončil vývoj SED

Překonaná technologie: Plazmová obrazovka

(PDP = Plasma Display Panel)



- zapálení výboje v kanálku v místě křížení elektrod
- rozměry každé buňky: 200 x 200 x 100 μm
- náplň: argon s tlakem asi 100 Pa
- napětí mezi elektrodami: asi 200 V

- + úhel pozorování: 160° (170°)
- + obraz neovlivňují cizí magnetická pole
- + velký jas a kontrast

- velká spotřeba a hmotnost
- u starších obrazovek vypalování luminoforů, horší kontrast odstínů šedi
- životnost srovnatelná s LCD (100 tis. hodin)
- kvalitu obrazu dohnaly obrazovky LED-LCD

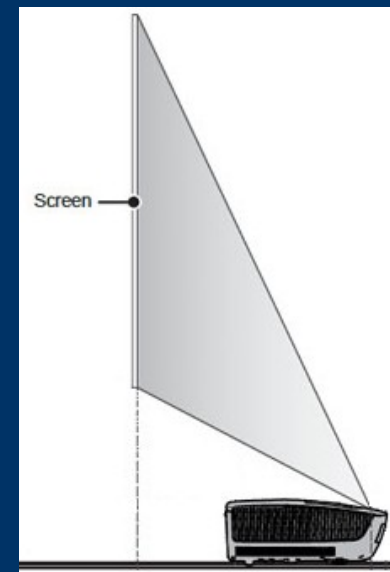
https://cs.wikipedia.org/wiki/Plazmov%C3%A1_obrazovka

... mnohé firmy již ukončily výrobu PDP

Nepoužívaná technologie: Laser TV

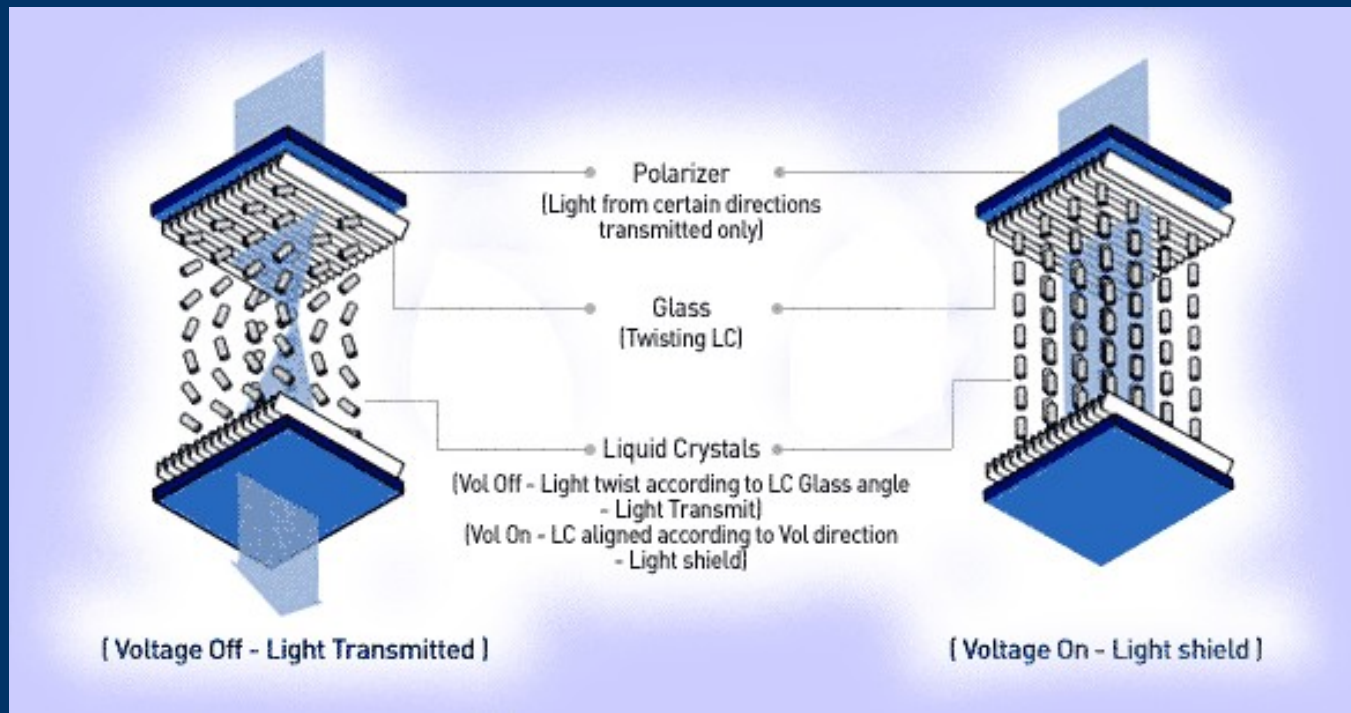
- projekční televize s 3 barevnými lasery
- řádkování jako u klasické televize
- projektor před televizí, za televizí, nebo uvnitř
- výrazně lepší barvy
- vysoká cena (~6 000 \$)
- na evropském trhu se prakticky neprodávala

porovnání s plasmovou TV:

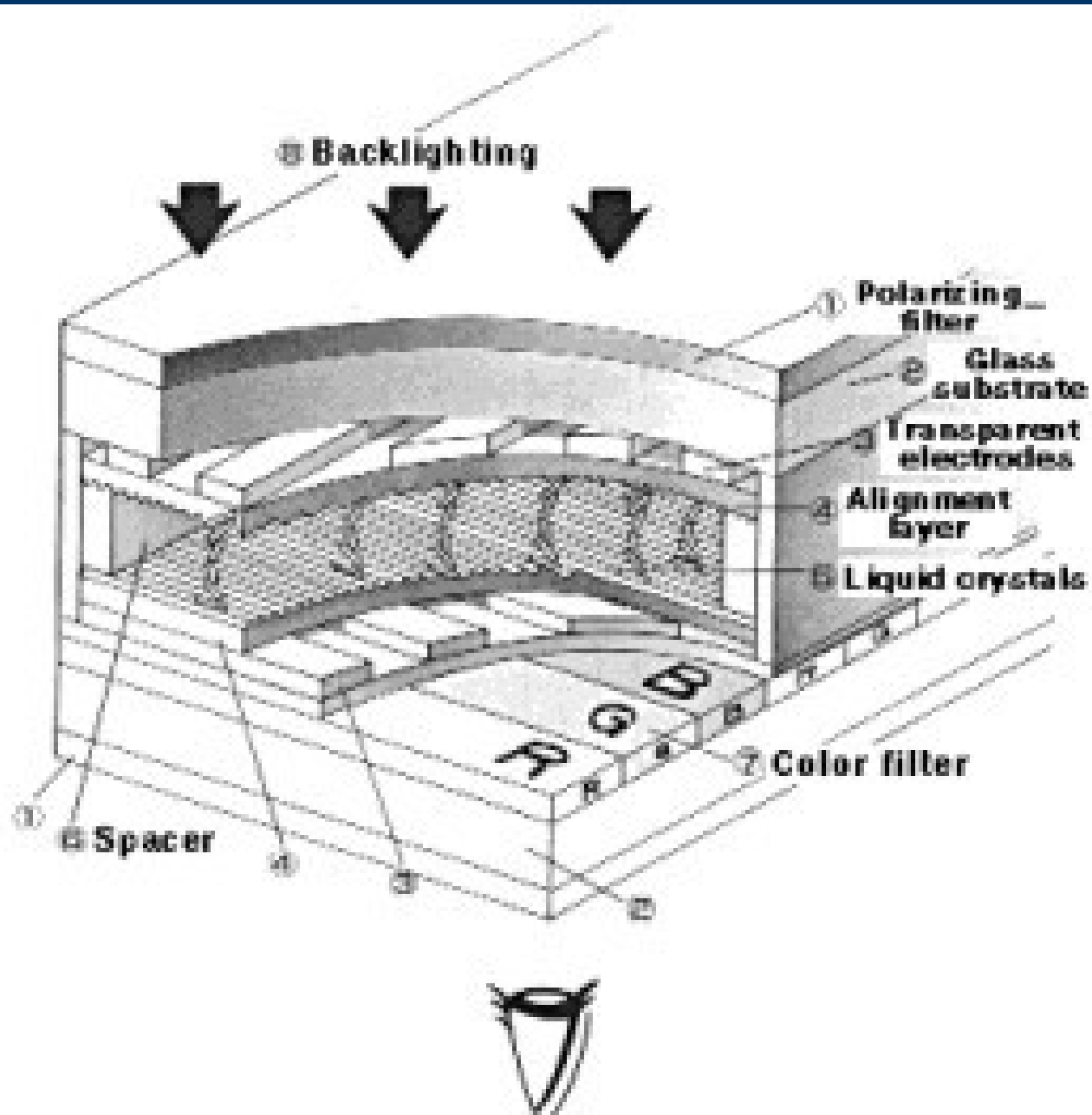


LCD monitory a obrazovky

- kapaln  krystaly (nematické - zkroucen ) mezi dvěma zkříženými polarizátory
- na okrajích krystalu systém řádkových a sloupcových elektrod
- při nulovém napětí se rovina polarizovaného světla stáčí, projde analyzátorem
- je-li na příslušné dvojici elektrod napětí, rovina polarizovaného světla se nestáčí, světlo neprochází
- dříve problém: rychlost odezvy, malý pozorovací úhel, dnes však již 8 ms, téměř 180°
- LED-LCD dohnaly barvami plazmové obrazovky
- Největší LCD: 370 inch (téměř 17m x 5 m) na střeše Le Grand Hotelu v Cannes



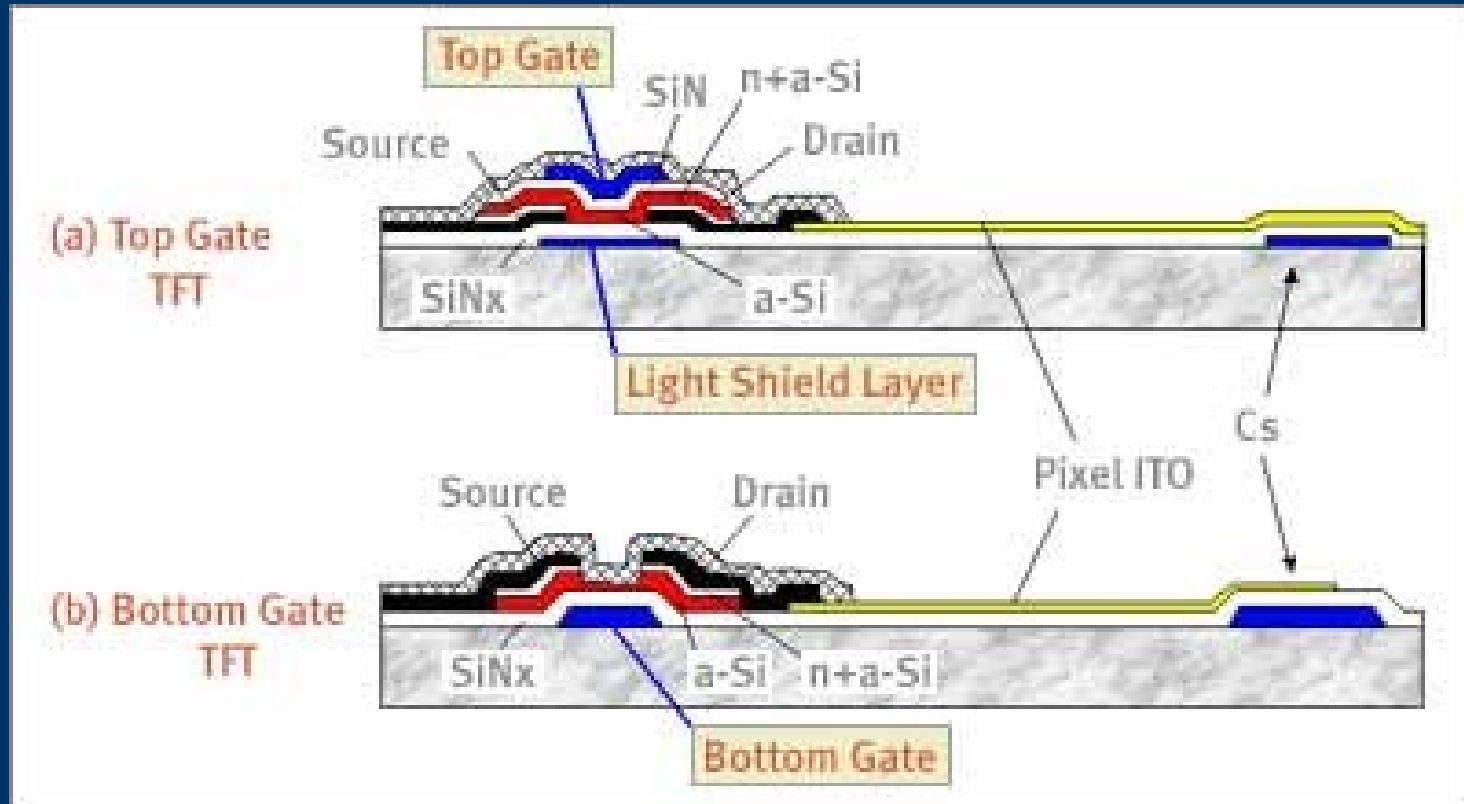
LCD monitory a obrazovky



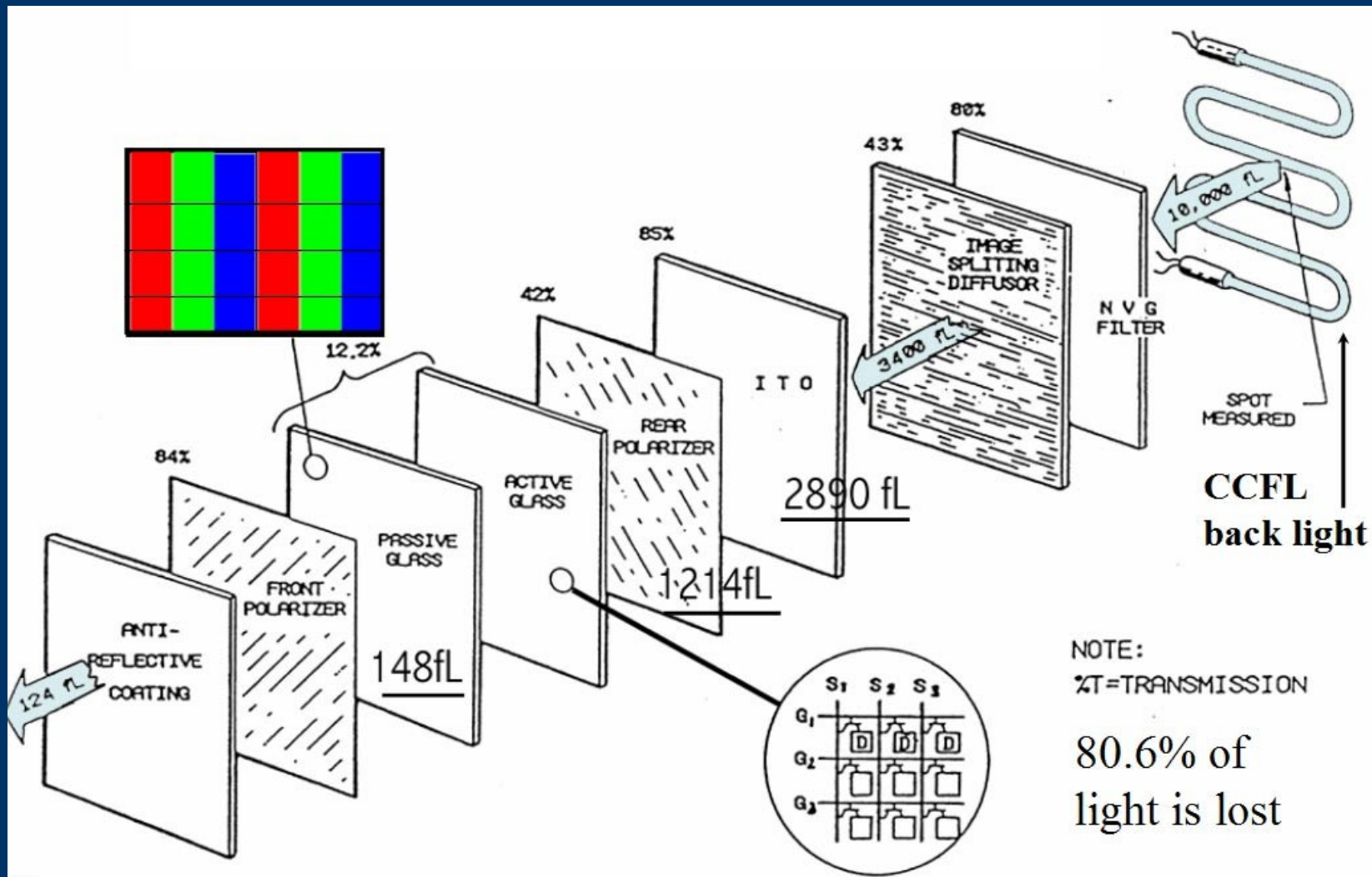
TFT LCD monitory a obrazovky

TFT LCD:

- každý pixel je vybaven TFT (Thin Film Transistor), který řídí napětí a kondenzátorem: paměť, možnost libovolné adresace (2000)
- podpora digitálního vysílání – pouze překreslování změn – zbylé pixely si pamatují předchozí stav



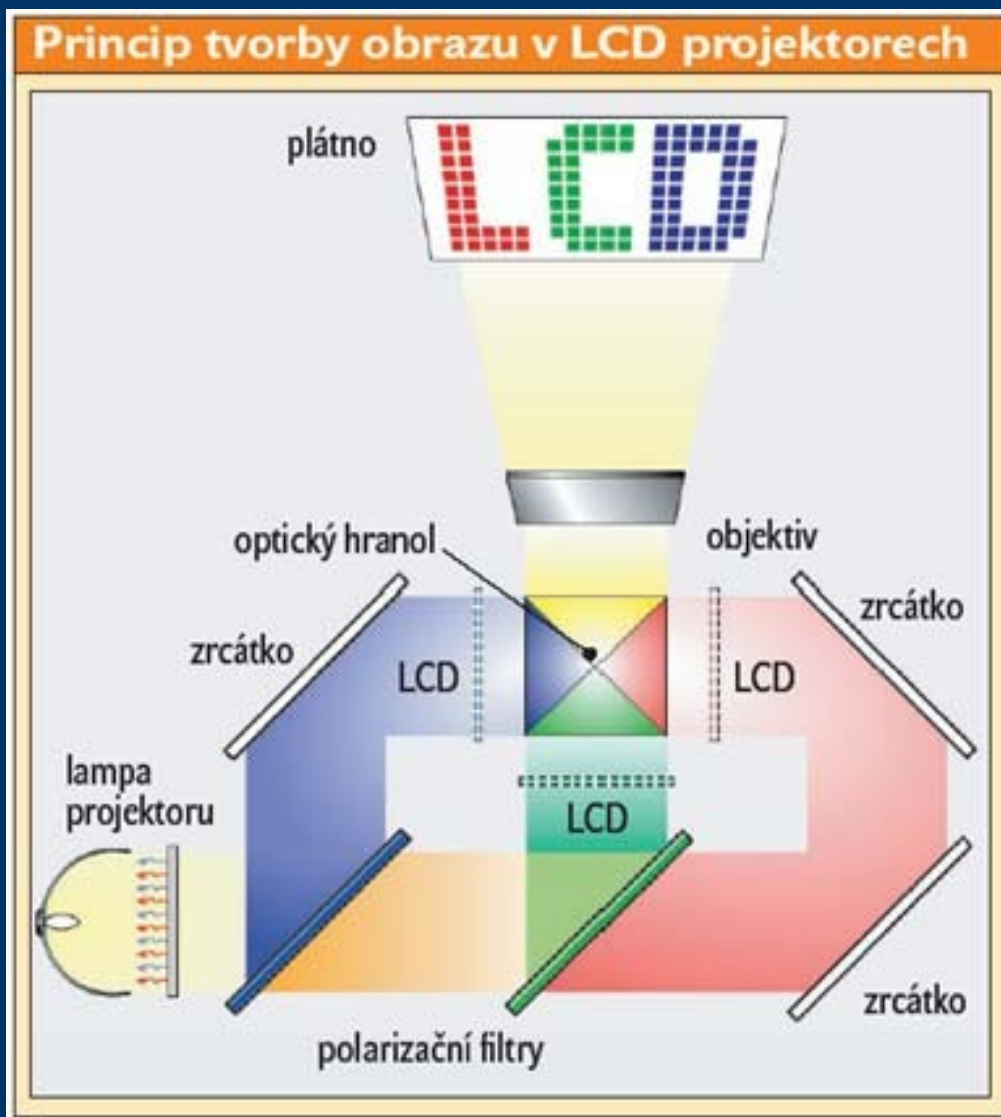
TFT LCD monitory a obrazovky



způsoby podsvícení

- ELP – elektroluminiscenční panel (úzké barevné spektrum, jen pro malé, většinou monochromatické displeje)
- CCFL – podsvícení pomocí výbojových trubic (menší životnost, postupné rozsvěcování, nedokonalá černá, užší barevné spektrum)
- Edge LED – svítivé diody na okraji obrazovky: tenké displeje, světlo se rozvádí světlovody (notebooky)
- Direct LED – bílé diody v matici po celé ploše (nákladnější, možnost lokálního utlumení světla – úspory ve spotřebě, dokonalejší černá)
- RGB LED – červená, zelené a modré LED po celé ploše (všechny výhody předešlého, širší barevné spektrum)

LCD projektor



- světlo z lampy je pomocí dichroických zrcadel rozloženo na složky RGB

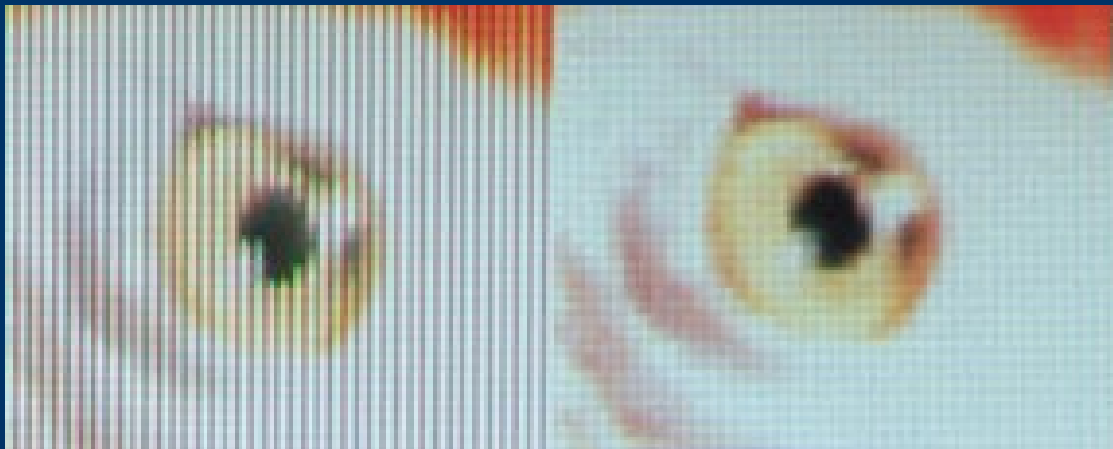
(dichroické zrcadlo odráží a propouští světlo v závislosti na vlnové délce)

- jednotlivé RGB složky světla pokračují samostatně do přiděleného LCD panelu

- nakonec jsou barevné složky obrazu složeny a promítnuty na plátno

LCD projektor

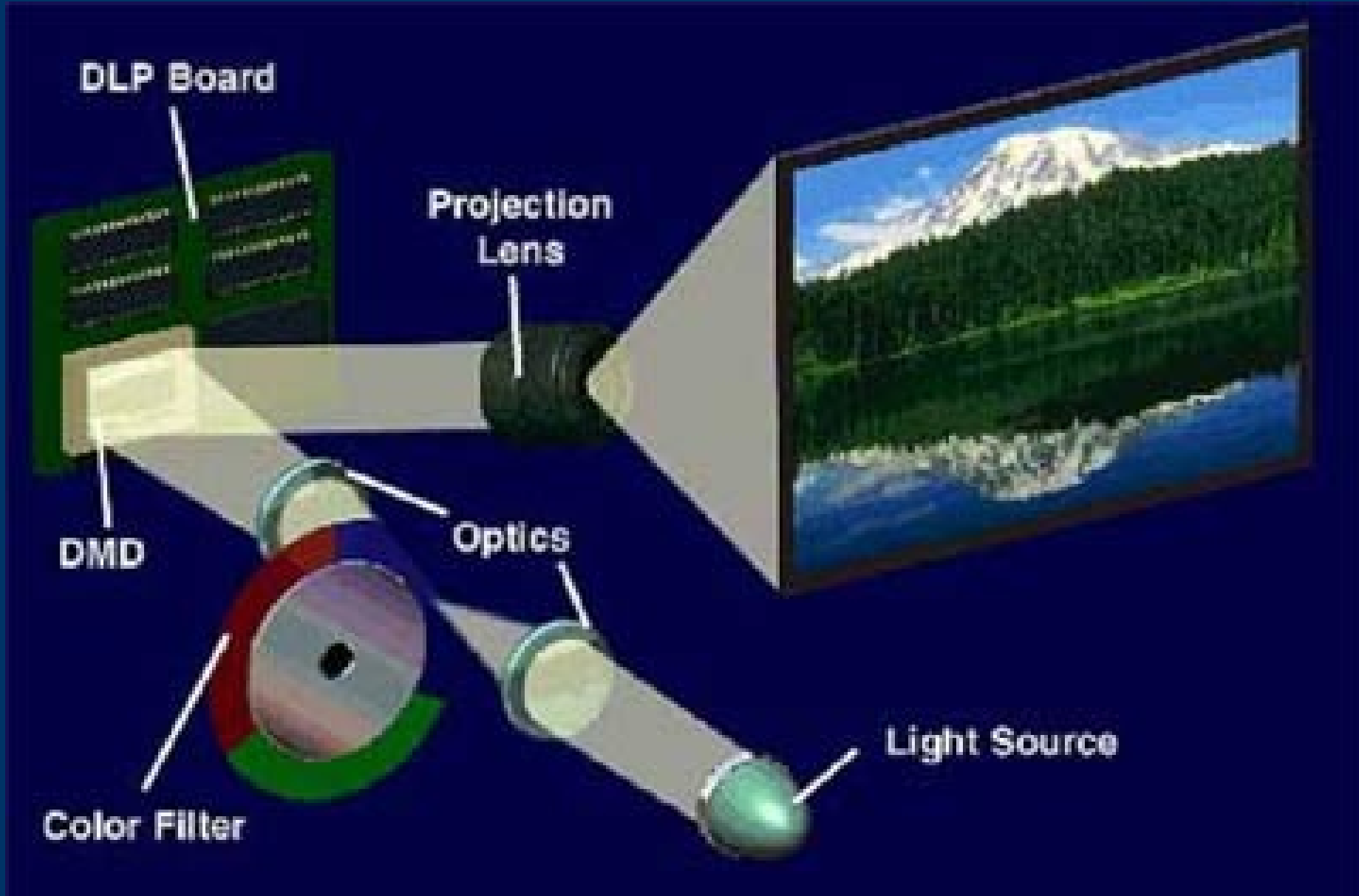
- stárnutí a vypalování LCD displejů
- viditelnější rastr (přívodní kontakty pixelů v LCD panelech)
- náchylnost na prašné prostředí
- + nižší hlučnost, ostrý a jasný obraz, netrpí duhovým efektem.



LCD

DMD

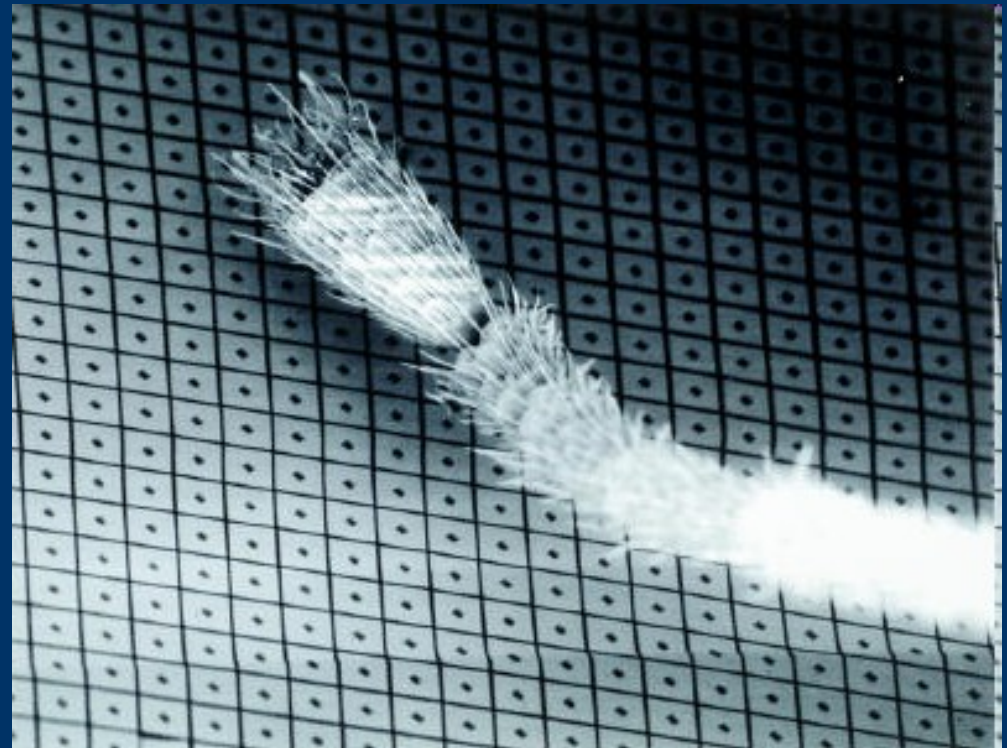
Projektor s digitálním mikrozrcadlem Digital Micromirror Device (DMD)



DMD chip (1987)



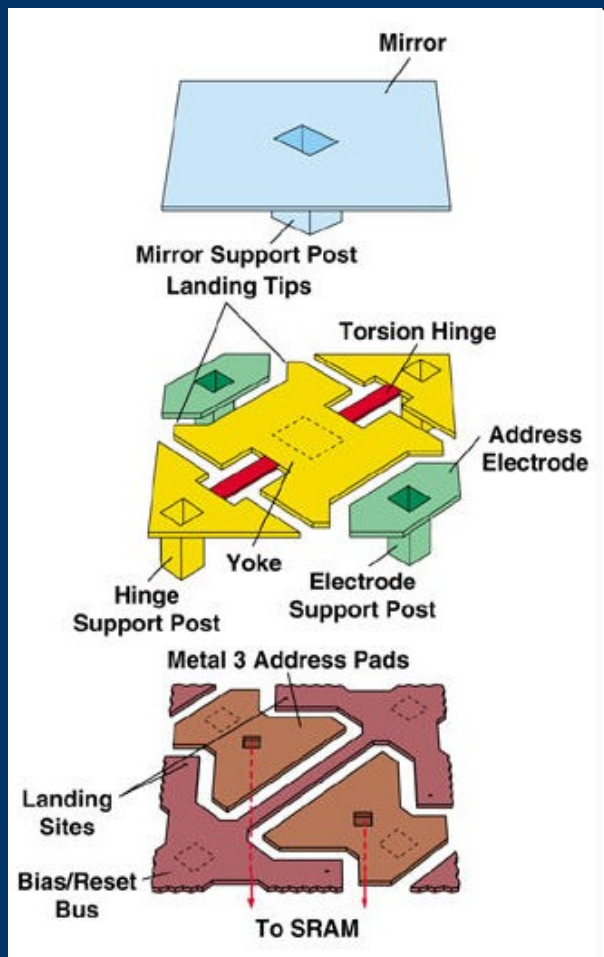
SXGA DMD:
1280 x 1024 pixelů, 1.310.720 zrcátek



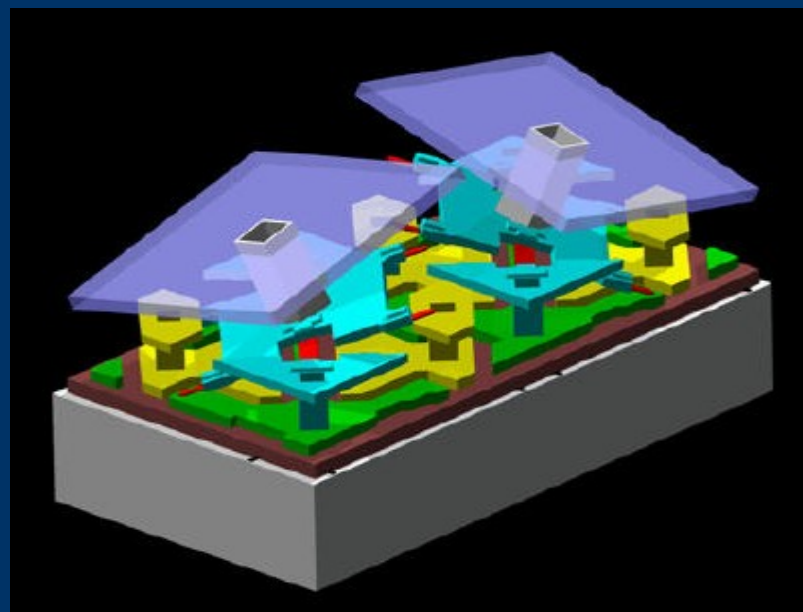
Mikrofotografie nohy mravence na povrchu DMD:
Každé zrcátko má plochu $16 \mu\text{m}^2$, mezery jsou široké $1 \mu\text{m}$.

struktura DMD

jasové úrovně – 1024, tj. během jednoho
pulsnímk a pro 3 barvy ~3000 natočení, tj.
frekvence až 150 kHz, řízeno obvody DLP –
Digital Light Processing)



Části jednoho pixelu DMD



Dvě zrcátka na DMD,
jedno ve stavu aktivním, druhé v pasivním.

SONY – 2007 – technologie SXRD (Silicon X-tal Reflective Display) s extrémně vysokým rozlišením 4K (4 096 × 2 160 pixelů), jde o reflexní displej z křemíkových krystalů, použití v kinech

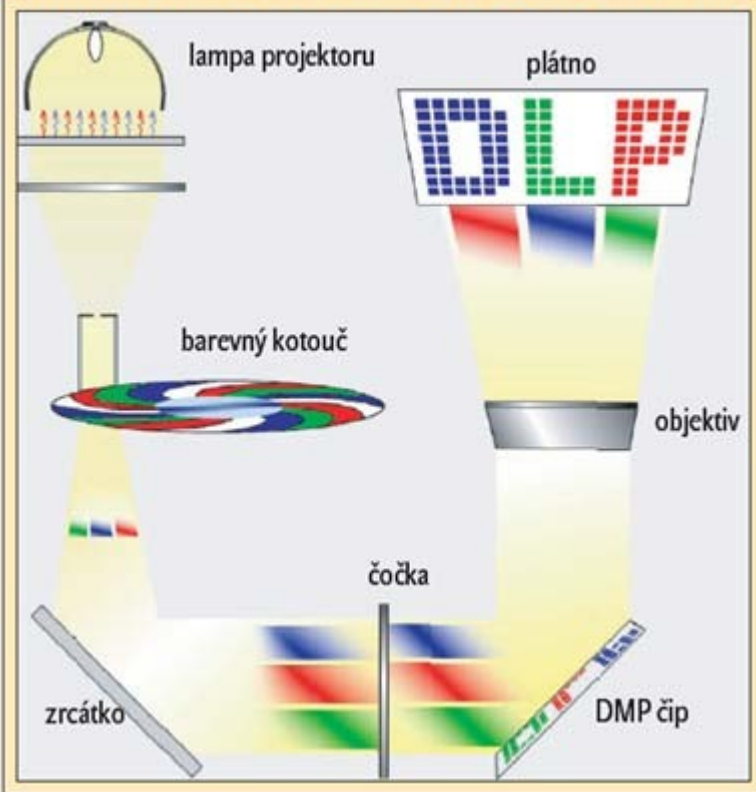


DLP projektor (s DMD čipem) X LCD projektor

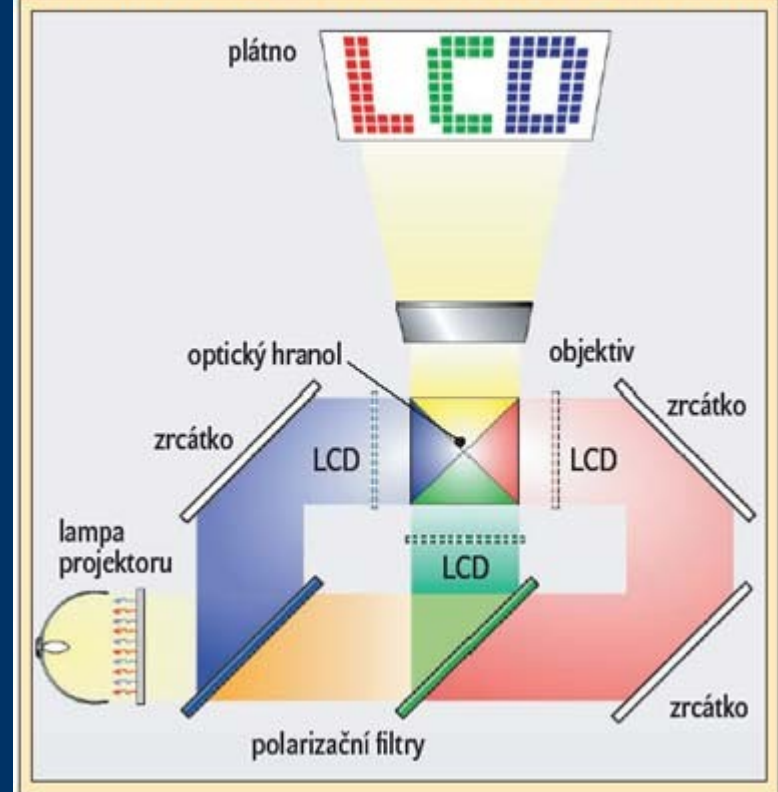
Výhody a nevýhody DLP a LCD

DLP	LCD
+ vysoký kontrast	+ velký světelný tok
+ rastr není téměř vidět	+ dobré barvy
+ barvy se s postupem času nemění	+ ostrost obrazu
- menší světelný tok	- viditelný rastr
- mechanické součásti	- větší rozměry
- menší ostrost obrazu	- stárnutí barev

Princip tvorby obrazu v DLP projektorech



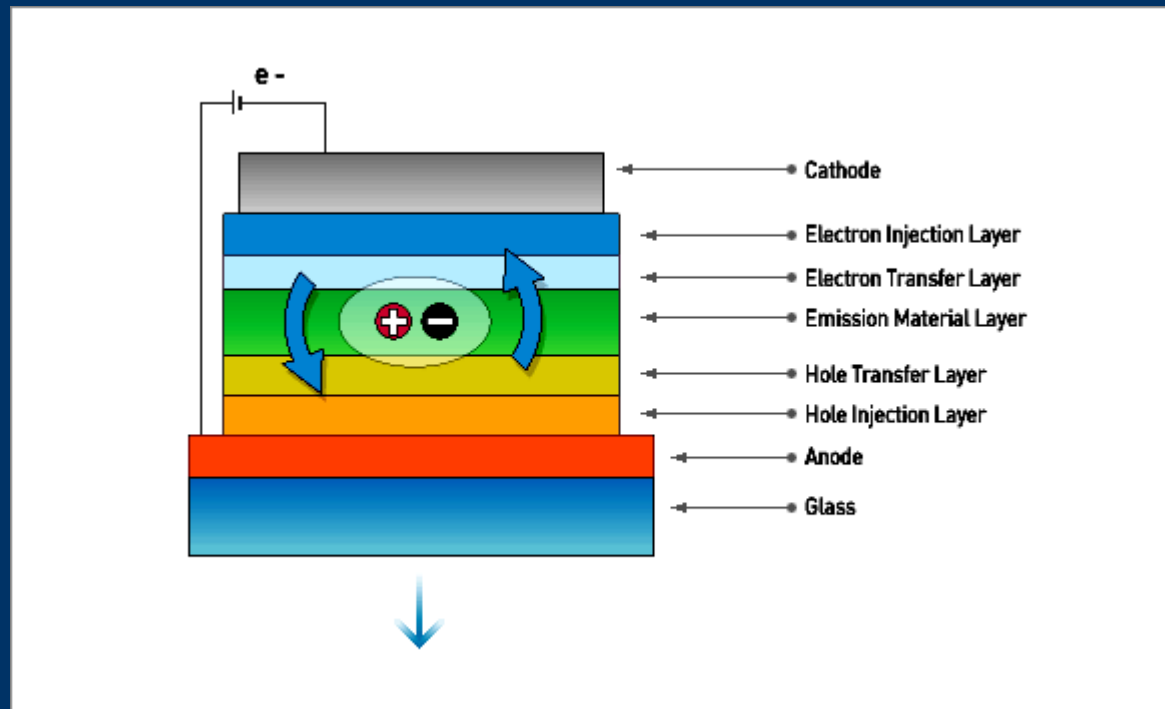
Princip tvorby obrazu v LCD projektorech



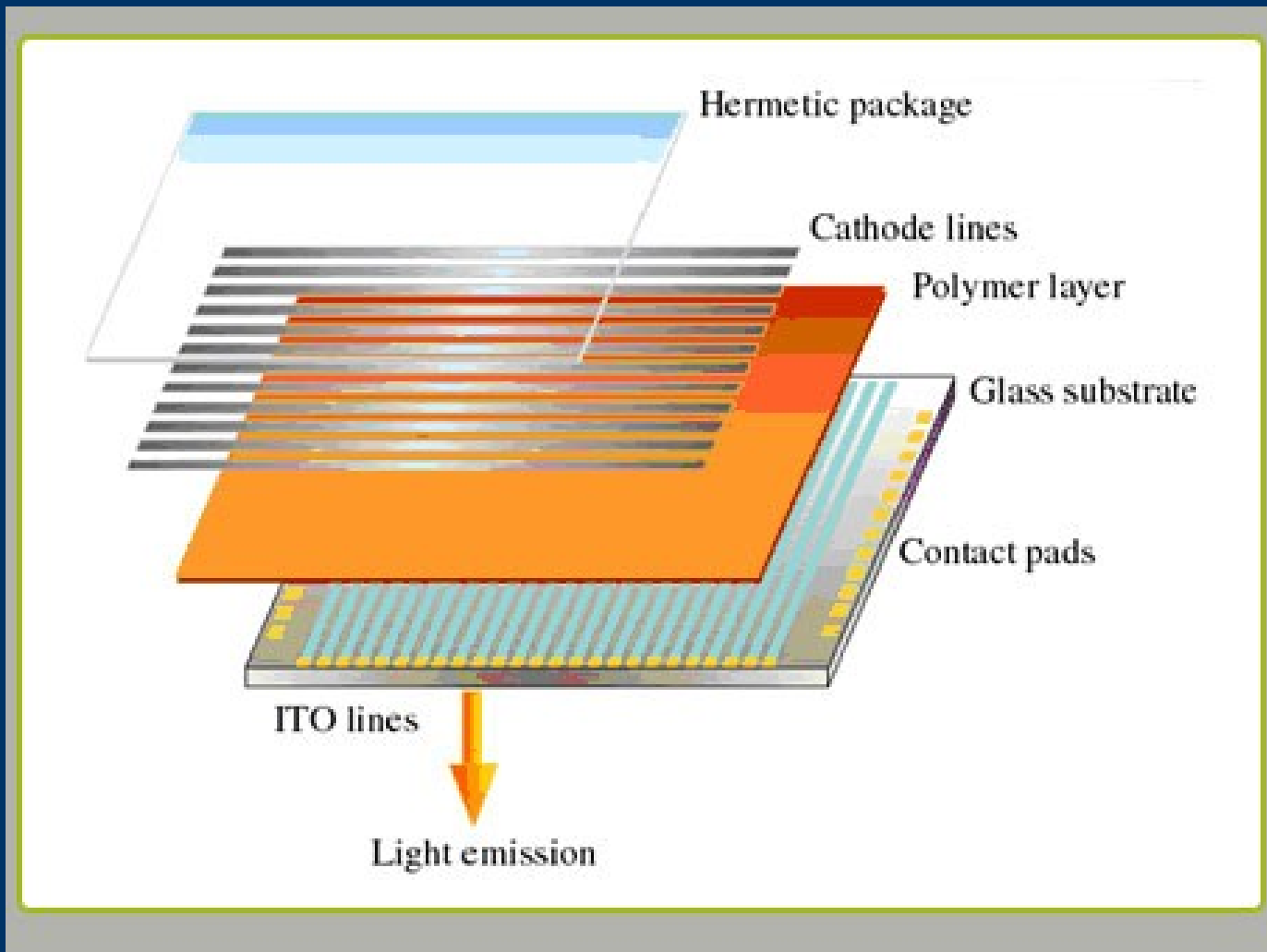
OLED – Organic Light Emitting Diode (1987)

Aktivní zobrazovací panel – 1987 Eastman Kodak

- struktura obdobná běžné svítivé diodě, v amorfnní struktuře
- po připojení napětí v propustném směru se do intrinzitní vrstvy vypouštějí elektrony z kovové katody a díry z průhledné anody
- rekombinací vzniká světlo s vlnovou délkou odpovídající šířce zakázaného pásu (R, G, B)
- jas se reguluje velikostí proudu



OLED – Organic Light Emitting Diode



OLED – Organic Light Emiting Diode

Aktivní zobrazovací panel

- velmi tenká struktura: možnost ohebných displejů
- velmi rychlé, nízké napětí (do 10 V), velký úhel, účinnost 25-30% (LCD 10-15%)
- velmi malá spotřeba (zvažuje se využití pro svícení), lehké
- v MP3 přehrávačích, digitálních kamerách, mobilech, tiskárnách – asi 10 cm
- první televizory od roku 2008
- pasivní matice: možnost maticově adresovat, dynamický provoz (60 snímků za s)
- velikost není omezena
- poškozený bod zhasne (u LCD svítí)



OLED Display Screen (from Universal Display Corp)

Samsung 2005 – OLED 31"
tloušťka 3 cm, kontrastní poměr 1 000 000 : 1



SAMSUNG

Samsung – Full HD OLED – 40" (2008)



Sony 30" konec roku 2010 – komerční typ



PM OLED X AM OLED

Pasivní matice – použití pouze na text

- každý pixel připojen k sloupcové a řádkové elektrodě
- obraz se obnovuje cyklicky – 60 Hz
- nevýhody: menší účinnost (spotřeba na nabíjení a vybíjení elektrod, nekompatibilní s digitálním vysíláním, menší životnost dané krátkými intenzivními pulzy do jednotlivých pixelů)
- použití u menších displejů (MP3, mobily, informační panely v automobilech, tiskárny)

Aktivní matice – umožňuje přehrávání videa

- každý pixel s pamětí (+ TFT a kondenzátor): nezávislé adresování
- umožňuje kompatibilitu s digitálním vysíláním: mění se pouze jednotlivé pixely, ne celý obraz, to umožňuje použít vyšší frekvenci obrazů
- nižší spotřeba
- další možnosti: svítící tapety, zobrazování údajů na předním skle automobilu, infračervené brýle, velkoplošné displeje místo oken
- nevýhodou je složitější struktura, tím i vyšší cena

OLED

Plusy

- **Odolnost** – OLED mohou bez problémů pracovat i v mechanicky namáhaných přístrojích podléhajících navíc nepříznivým vlivům okolí, jako jsou například kapesní počítače, mobilní telefony, videokamery, kapesní přehrávače nebo přístroje v palubní desce automobilu.
- **Zobrazovací úhel** – obraz je možno sledovat bez jakýchkoli dalších pomůcek v úhlu přesahujícím 160 stupňů.
- **Vysoká svítivost** – Kvalita obrazu neklesá ani za denního světla. Navíc, díky účinnosti kolem 10 lm/W a svítivosti až 600 cd/m² mohou nahradit například žárovky v semaforech.
- **Vysoké rozlišení** – jsou dostatečně rychlé na zobrazování videa i fotografií. Jednotlivé body mohou svítit bez přerušení i během několika cyklů. Rozlišení může přesahovat 300 dpi (oproti současným 75 dpi), takže mohou plnohodnotně nahradit papír.
- **Pracovní teplota** – OLED spolehlivě pracují v rozmezí teplot –40 až +70 stupňů Celsia, takže mohou být použity i v extrémních mrazech. Díky tomu se mohou prosadit například v dopravním značení.
- **Subtilnost** – zobrazovací jednotky nejsou o mnoho tlustší než papírová čtvrtka. V případě použití plastů mohou být dokonce prohýbány nebo jinak tvarovány.
- **Nižší výrobní náklady** – výroba OLED je o 20–50 % levnější než výroba LCD. Použití polymerů umožňuje v podstatě využít při výrobě tiskařských metod.
- **Nároky na zdroje** – OLED displeje jsou lehčí, nepotřebují žádné pomocné prvky. Pracují při napětích mezi 2 a 10 volty. Mají malou spotřebu energie.

Minusy

- **Životnost** – barvy o nižších vlnových délkách začnou brzy ztrácet na intenzitě. Prozatím je životní cyklus modré 1000 hodin, zelené 10 000 hodin a červené 30 000 hodin. To stačí pro displeje přístrojů a mobilních telefonů, nikoli však pro zobrazovací plochy počítačů a televizorů.
- **Oxidace** – organické látky na vzduchu rychle oxidují a také mohou být poškozeny vodou. Proto je třeba je chránit vzduchotěsným obalem.
- **Malé rozšíření** – do výroby LCD bylo investováno mnoho prostředků s dlouhodobou návratností. Nyní, kdy se vložené finance začínají pomalu vracet, je velmi těžké přimět výrobce k dalším velkým investicím.

PHOLED – fosforeskující OLED

využívá principu elektrické fosforescence,
vyšší účinnost než OLED, 18 lm/W, jas až 1 000 cd/m².

WOLED – bílá OLED

pro jednobarevné displeje,
vyšší účinnost 30 lm/W.

FOLED – flexibilní OLED

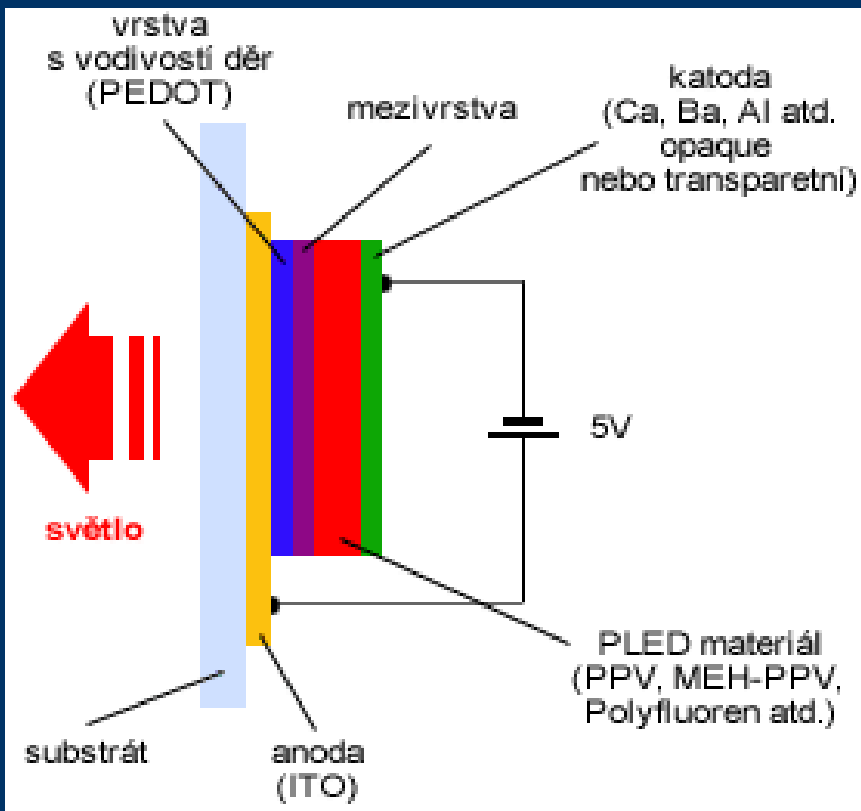
pružná podložka – umístění na hledí přilby, na nerovné materiály (šaty)

TOLED – transparentní OLED

průhledná anoda i katoda, umožňuje oboustranné zobrazení

PLED – polymerové vrstvy mezi materiály emitujícími díry a elektrony (POLED, Polymer OLED)

polymer – polyfenylenvinylen (PPV), polyfuoren
oxid india a cínu – emituje díry,
vápník – emituje elektrony.

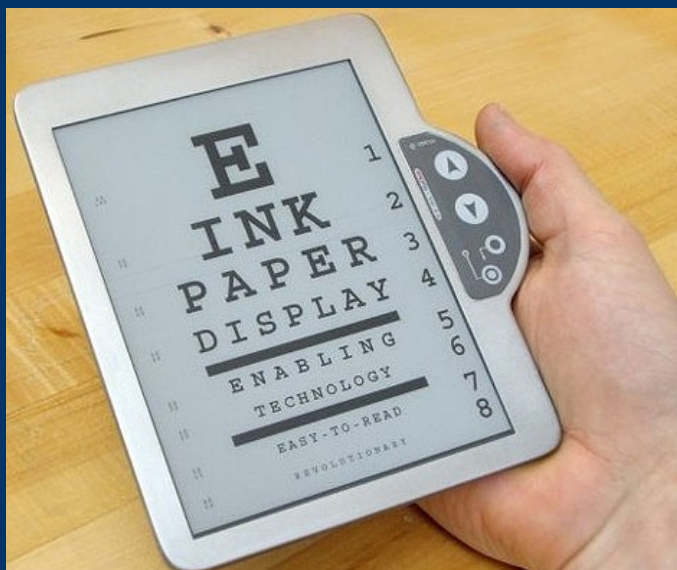
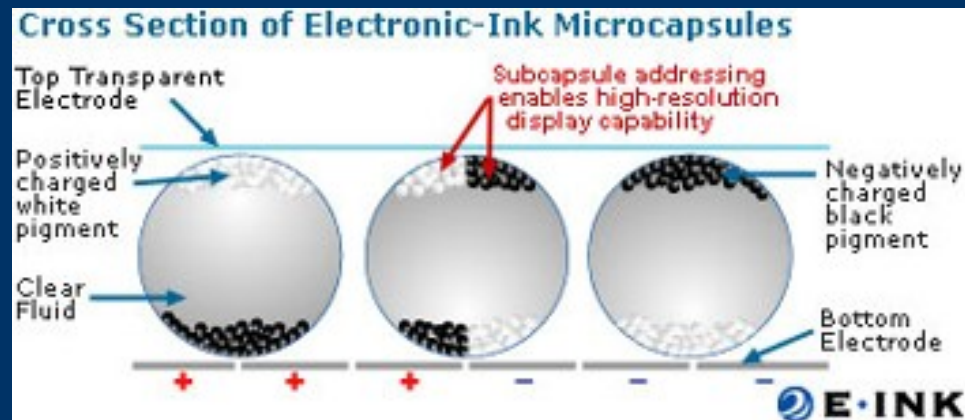


využití pro malé textové displeje



e-ink – elektronický inkoust

- objev 1997, výroba 2008, barevné 2010,
- malá spotřeba: 5-15 tisíc stran, 200 dpi,
- nevýhoda: pomalé
- buňky s elektricky nabitým pigmentem
- elektrostatické přitahování a odpuzování pigmentu



Electrowetting (EWT)

- ◆ ElectroWetting Display lze hrubě přeložit jako elektrosmáčivé displeje
- ◆ Jsou (byly) do něho vkládány velké naděje jako alternativa k LCD a OLED
- ◆ Společnost Samsung pracovala na vývoji tohoto displeje s označením Liquavista, v roce 2013 ho však prodala společnosti Amazon
- ◆ Je otázkou, zda tyto displeje čeká velká sláva či zapomnění

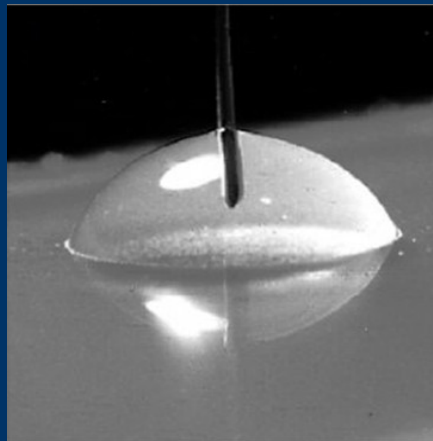


Princip funkce EWT

- změna rozprostření kapaliny (smáčivosti) na hladkém povrchu při změně elektrického potenciálu kapaliny
- smršťování kapky oleje umístěné v komůrce zaplněné vodou
- bez připojení napětí se tvoří na hydrofobním podkladu olejový film přes celý pixel a při svrchním nasvícení je pro pozorovatele viditelný
- je-li napětí připojené, kapička oleje se smrští a podklad, který tak z větší části zakrývá voda, se stává transparentním a tedy jako by neviditelným



větší napětí



menší napětí

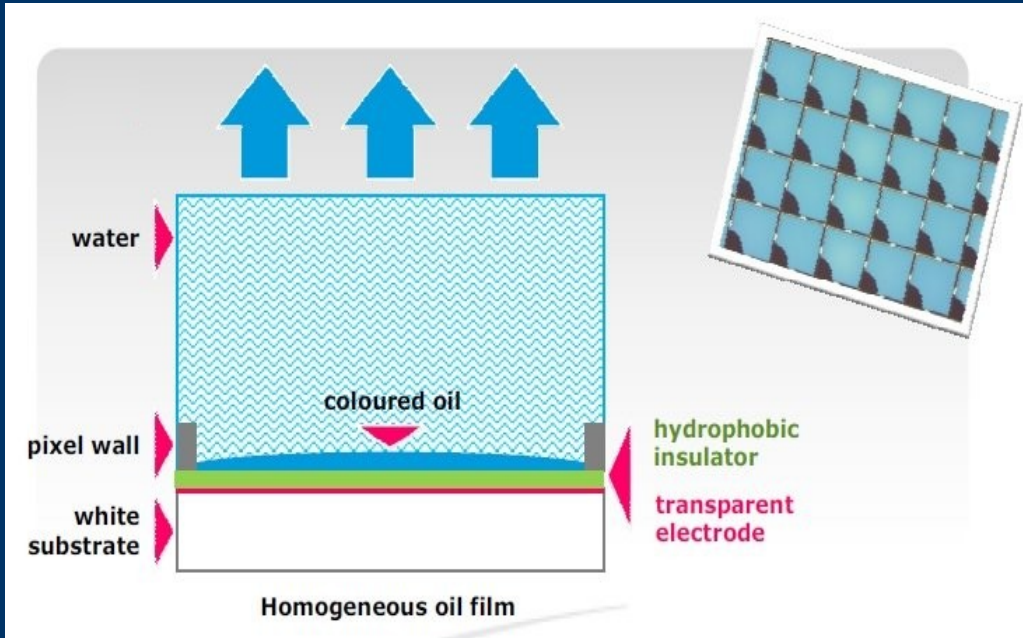
Dva způsoby barevného provedení:

- 1) Barevné filtry přes matici pixelů (podobně jako LCD)
- 2) Přímým obarvením kapiček oleje jednotlivých pixelů

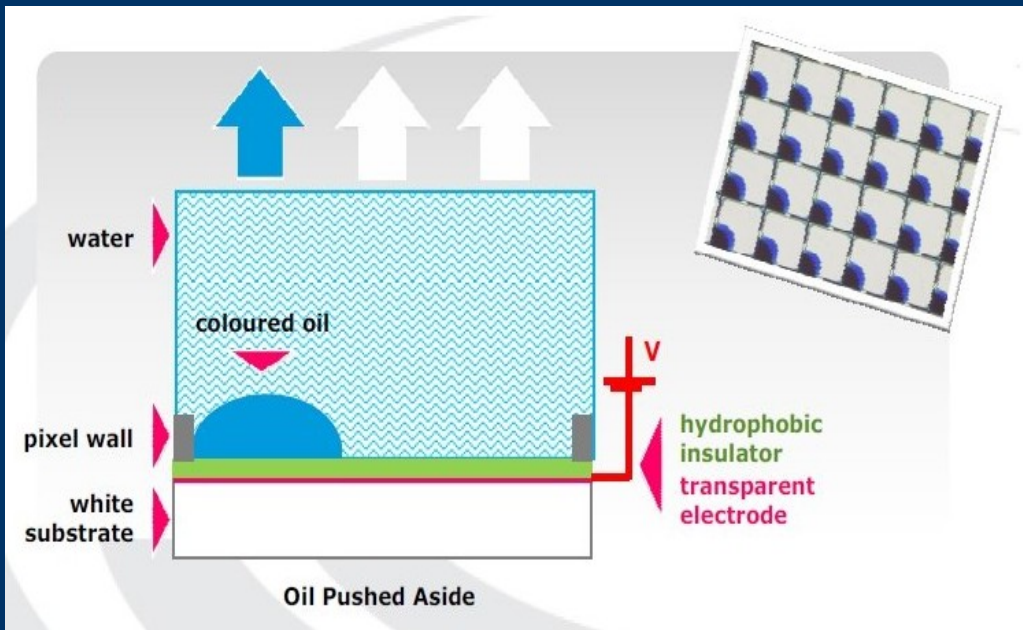
Poznámka:

- malé rozměry pixelů (typicky 0,2 mm) - povrchové napětí až 1000x větší než gravitační síla
- pixel se proto chová stejně i při libovolném naklonění a to i při otočení vzhůru nohama

Funkce pixelu EWD - využití reflexe

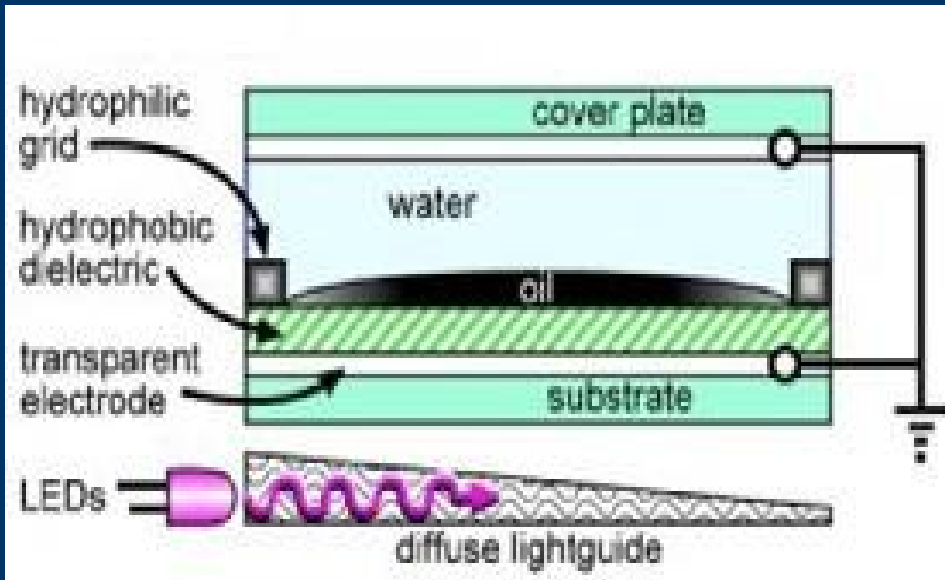


- ◆ Stav bez připojeného el. napětí
- ◆ Olejová bublina rozprostřená po celé ploše pixelu
- ◆ Světlo dopadá na vrstvu obarveného oleje
- ◆ Pixel se jeví jako barevný

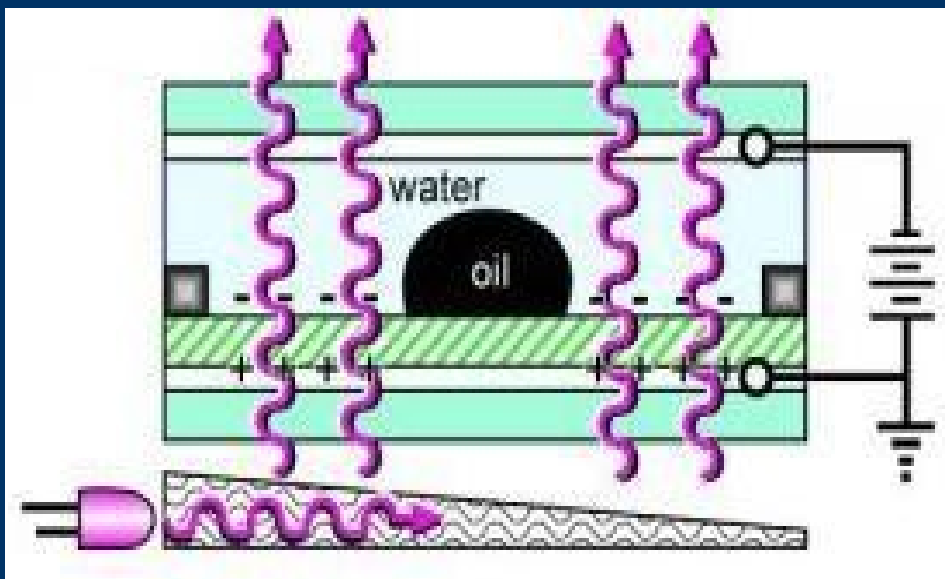


- ◆ Stav po připojení el. napětí
- ◆ Olejová bublina se shlukla k hraně pixelu
- ◆ Převážná část světla prochází volnou částí plochy pixelu a odráží se od substrátové složky
- ◆ Pixel se jeví jako bílý

Funkce pixelu EWD - využití transmise



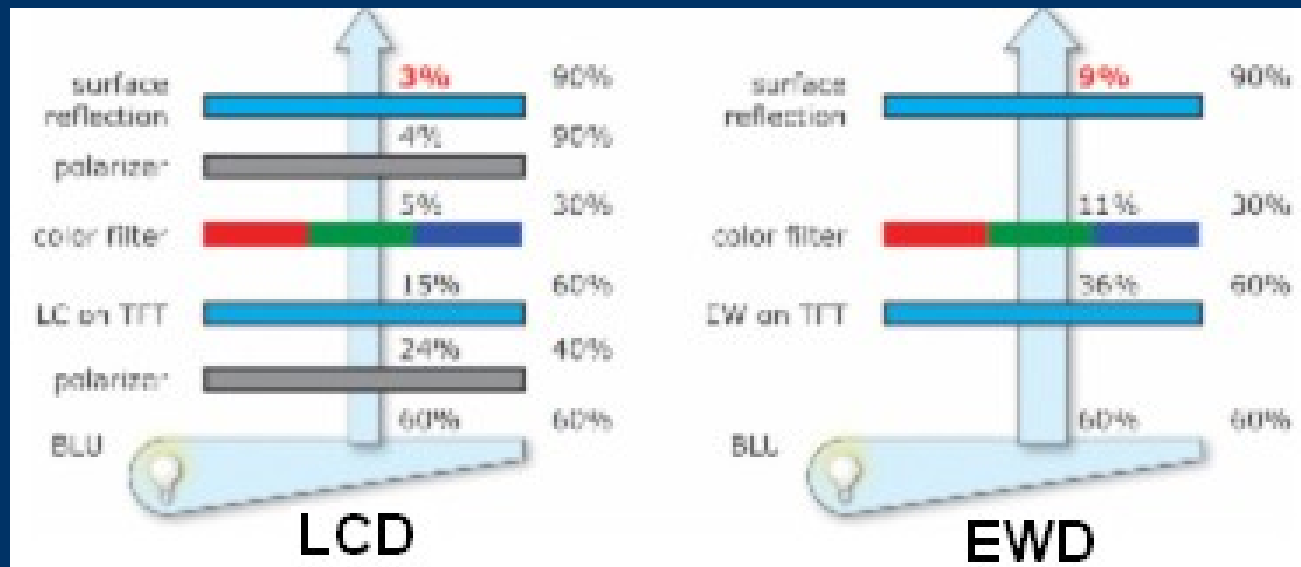
- ◆ Stav bez připojeného el. napětí
- ◆ Olejová bublina rozprostřená po celé ploše pixelu
- ◆ Světlo prochází skrz vrstvu obarveného oleje
- ◆ Pixel se jeví jako barevný



- ◆ Stav po připojení el. napětí
- ◆ Olejová bublina se shlukla k hraně pixelu
- ◆ Převážná část světla prochází volnou částí plochy pixelu
- ◆ Pixel se jeví jako bílý

Výhody EWT

- ◆ Technologie EWD je cílena jako náhrada LCD a OLED
- ◆ Jednodušší konstrukce sendvičové struktury displeje (bez polarizačních filtrů)
- ◆ Použitá látka v podobě oleje je výrazně levnější než kapalně krystaly
- ◆ Eliminace barevných filtrů přímým obarvením oleje (reflexního typu)
- ◆ Menší počet vrstev - snížení útlumu procházejícího světla - vyšší jas i kontrast
- ◆ Čas přepínání stavu pixelů v řádu jen několika milisekund
- ◆ Proti OLED se vyznačuje až 10x nižší spotřebou el. Energie
- ◆ Disponuje velmi širokým rozsahem provozních teplot -30 až $+80^{\circ}\text{C}$
- ◆ Možnost ohebného flexibilního provedení
- ◆ Dobře čitelný displej i při osvětlení sluncem



Alternativní směr vývoje EWT

- ◆ Spekuluje se o použití technologie CMY (azurová (Cyan), purpurová (Magenta) a žlutá (Yellow))
- ◆ Výsledná barva pixelu se tvoří průchodem světla třemi nad sebou umístěnými vrstvami
- ◆ Stejně veliký displej má 3x větší rozlišení než klasická RGB struktura

