

Zobrazovacie zariadenia v počítačovej grafike

RNDr. Róbert Bohdal, PhD.

A decorative graphic element consisting of a blue shape that starts as a thin line pointing upwards and to the left, then curves downwards and to the right, ending as a solid blue area in the bottom right corner of the slide.

Technológie displejov

- CRT monitory
- LCD monitory
- Plazmové monitory
- Svetlo emitujúce polymérové displeje – OLED
- Ostatné technológie – FED, E-Ink

História CRT

- 1855 *Geissler* – vákuová trubica naplnená plynom v silnom elektrickom poli spôsobí jej rozžiarenie.

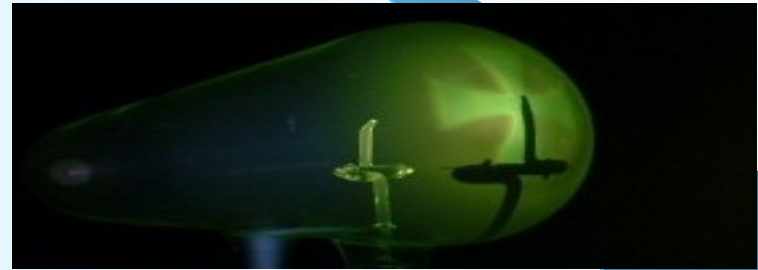
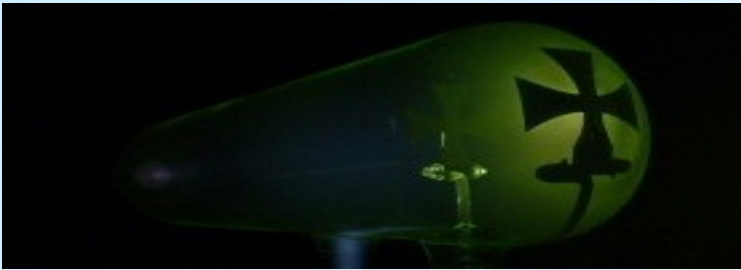


- 1859 *Plucker* – poukázal na existenciu neviditeľných lúčov medzi katódou a anódou. Ukázal, že žiaru v trubici je možné ovplyvniť magnetickým poľom.

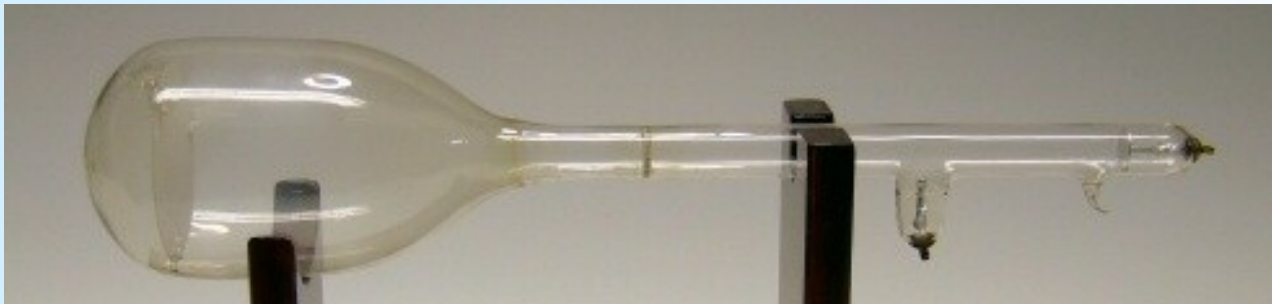


História CRT

- 1878 *Crookes* – umiestnil do geissl. trubice kovový pliešok a ukázal, že elektróny tvoria priamy lúč neprechádzajúci kovom, ktorý sa pri dotyku so stenou trubice rozžiari.



- 1897 *Brown* – vytvoril studenú CRT s (elektro) magnetickým vychyľovaním a obrazovkou – platničkou zo slúdy pokrytej fosforom = osciloskop.



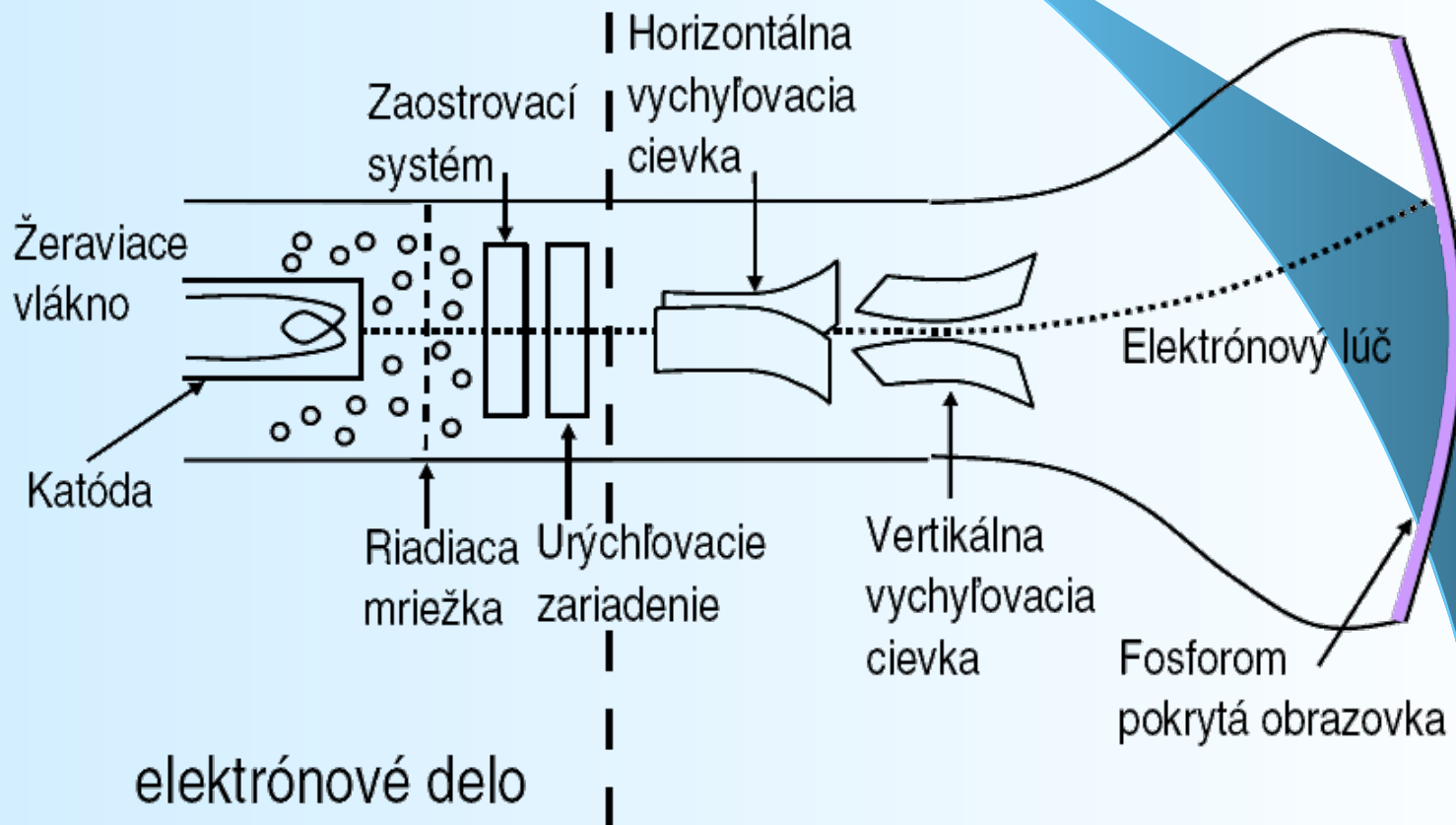
História CRT

- 1923 *Zworykin* – vylepšil pôvodný CRT a vytvoril prvý televízny prijímač, ktorý zobrazoval obraz.
- 1928 Prvé TV vysielanie – AT&T „posiela“ pohyblivý obraz z Chicaga do New Yorku.
- 1931 *Du Mont* – komerčná výroba CRT obrazoviek.

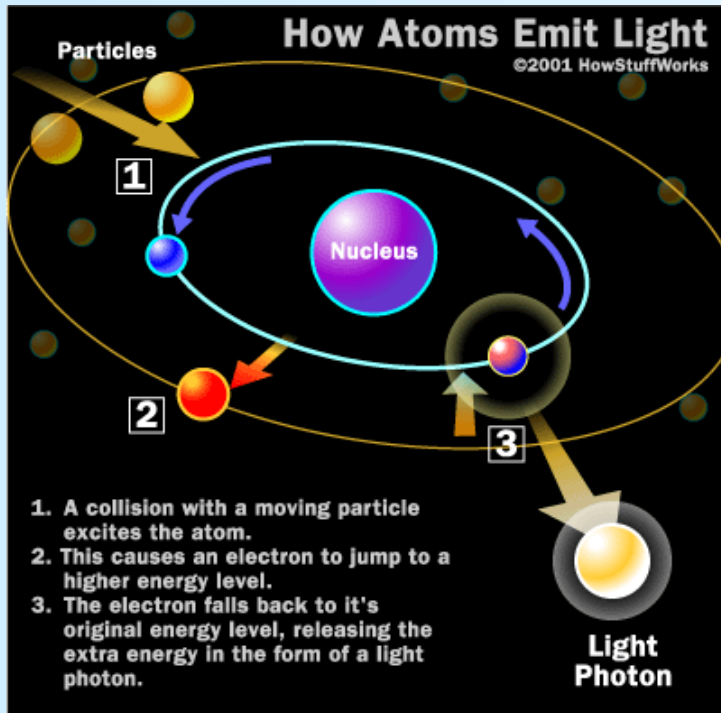


CRT monitor

- CRT = Cathode Ray Tube



Fosfor a emitovanie fotónu

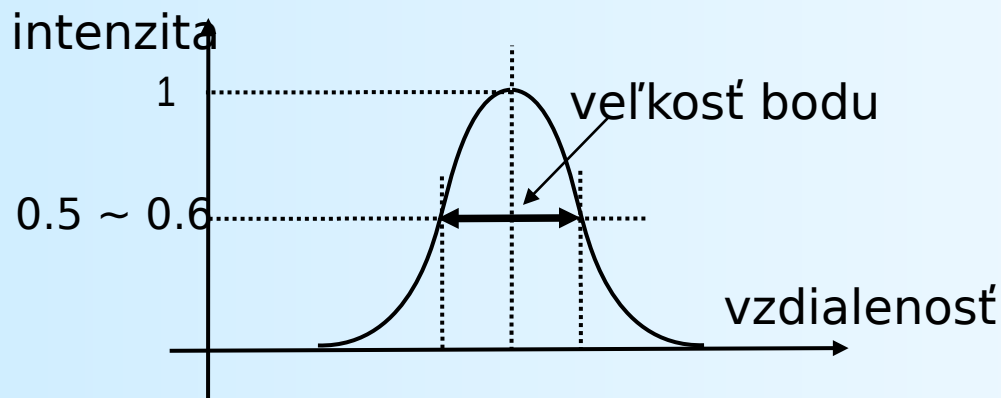


- **Fluorescencia** – elektrón fosforu vyžiari fotón pri návrate na pôvodnú hladinu (trvanie: < 1ms).
- **Fosforescencia** – niektoré molekuly sú ďalej excitované a emitujú svetlo (trvanie: 15-20 ms).
- **Perzistencia** – je definovaná ako čas keď emitované svetlo klesne na 1/10 pôvodnej intenzity.

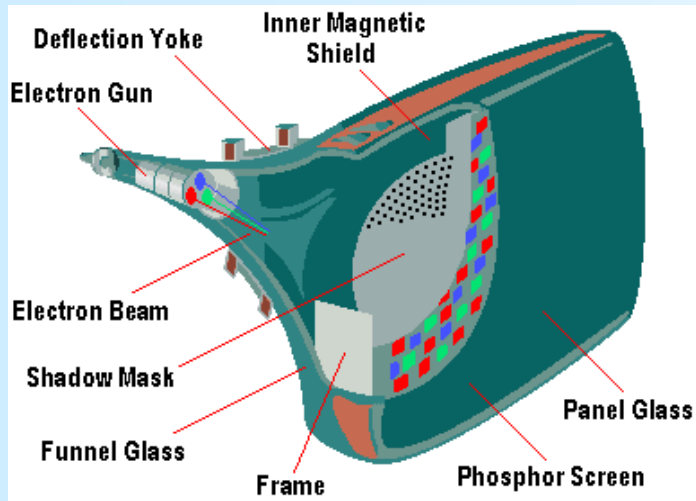
Je kratší čas perzistencie výhodnejší pre zobrazovanie?

Ďalšie pojmy CRT

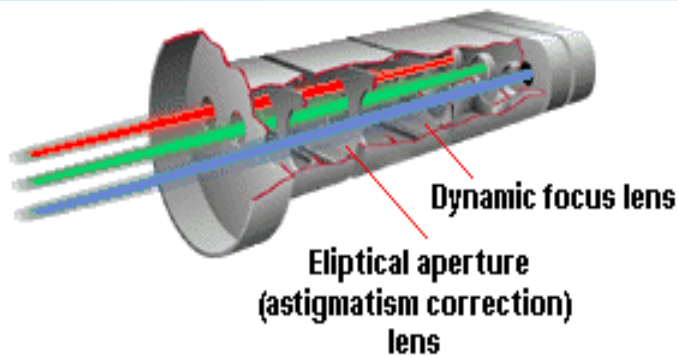
- **Veľkosť bodu** – určená 50% hodnotou intenzity
- **Rozlíšenie** – # ešte rozoznatelných čiar na palec
- **Šírka pásma** – #zap./vyp. bodov / s (*band width*)
- **Riadková frekvencia** – #zobraz. riadkov / s (*vertical retrace*)
- **Obrazovková frekvencia** – #zobraz. obrazov / s (*refresh rate*)
- **CFF** - kritická fúzna frekvencia



Farebné CRT

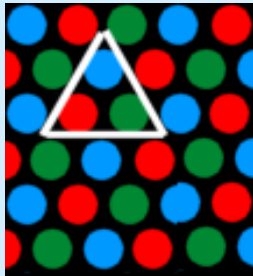


- Aby vznikla farba, sú použité 3 elektrónové delá, každé pre jednu farbu R , G a B .
- Fosfor na obrazovke je zložený z bodov zvlášť pre každú farebnú zložku.
- Pred fosforovou vrstvou je **tieňová maska** – zabezpečuje odfiltrovanie elektrónov tak, aby sa zaistilo, že dopadnú len na požadovaný fosforový bod.

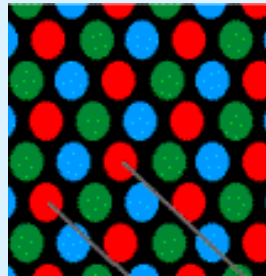


Tieňová maska

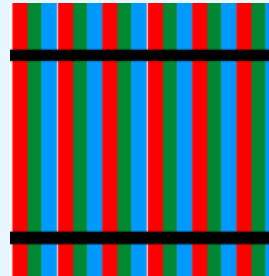
- Fosfor tvoriaci konkrétnu farbu R , G alebo B má inú *pigmentovú* zložku. Farebný bod je tvorený skupinou 3 fosforových bodových zložiek červenej, zelenej a modrej obyčajne usporiadanej do trojuholníka.
- Kombináciou rozličných intenzít týchto fosforových bodov získame ľubovoľnú farbu.



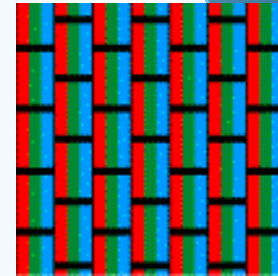
Standard Dot-trio



Hitachi
Enhanced Dot Pitch

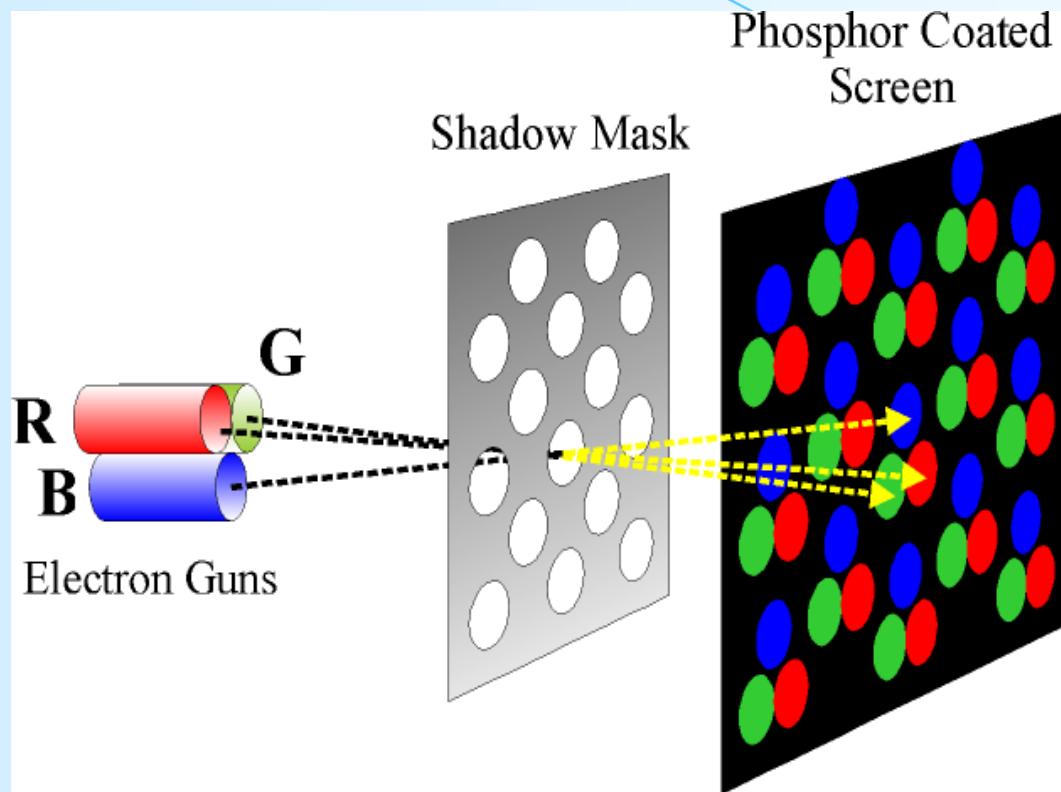


SONY Trinitron CRT



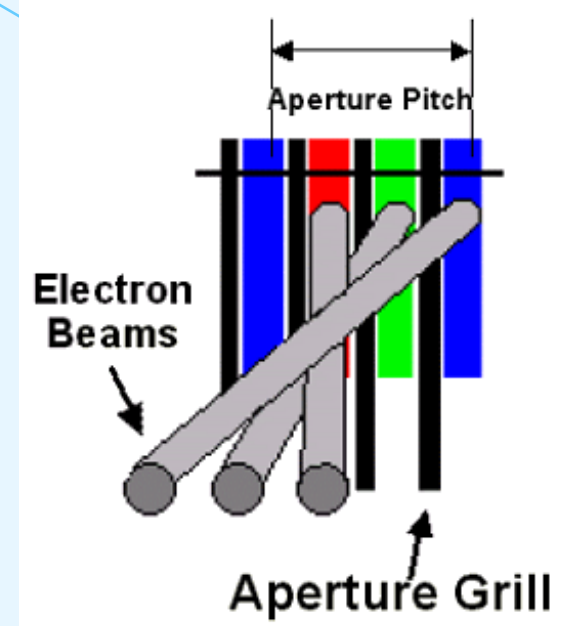
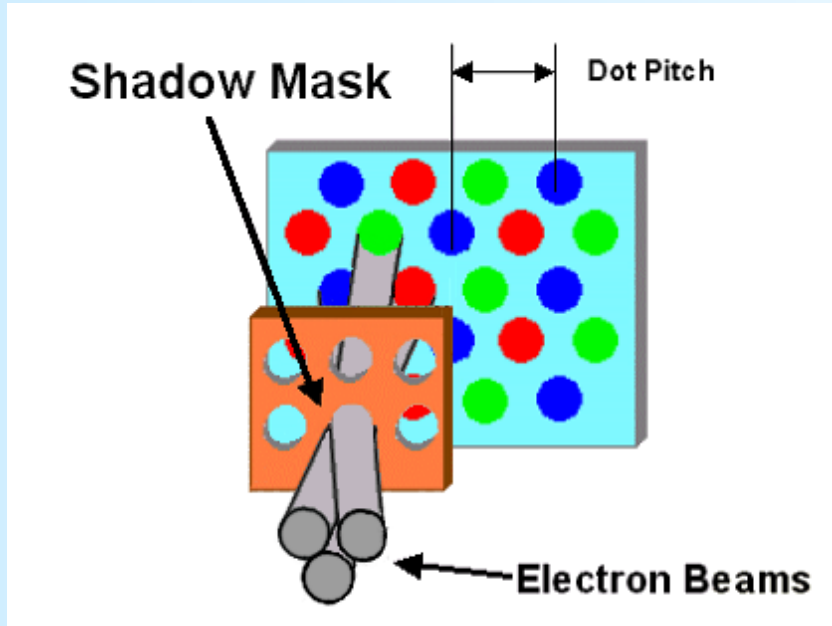
NEC Hybrid Mask

Tieňová maska...



- Dierky v maske sú usporiadané tak, aby každý lúč mohol ovplyvňovať iba potrebný fosforový bod.

Tieňová maska...



Usporiadanie elektrónových diel a masky:

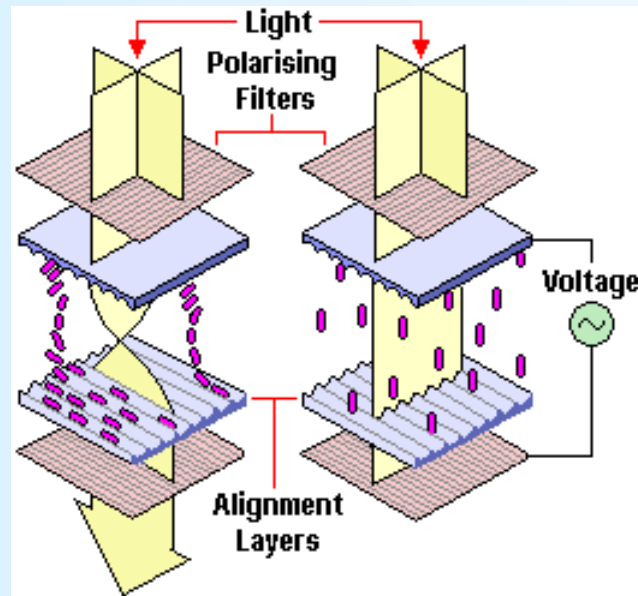
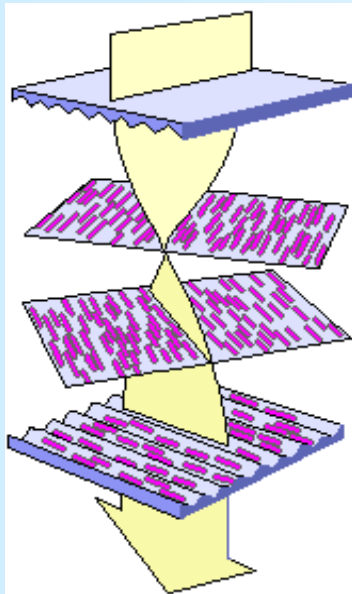
- do trojuholníka – **delta** technológia (invarové)
- v riadku – **inline** technológia (štrbinové)
- kombinácia predošlých – **hybridná** (CromaClear)

História LCD

- 1888 *Reinitzer* – objavil látku na báze cholesterolu, ktorá sa pri 145°C rozpušťala na priesvitný roztok a pri 178°C sa stávala čírou. Tento proces bol vratný.
- 1889 *Lehmann* – zistil, že priesvitný roztok je tvorený drobnými kryštálkami = tekutý kryštál. Študoval vplyv tejto látky na polarizované svetlo.
- 1962 *Williams* – vytvoril prúžkový vzor na tenkej vrstve materiálu z tekut. kryštálu aplikovaním elektr. napätia.
- 1964-1968 – tím vedcov vedených *Heilmeyerom* pracoval na elektrickom ovplyvňovaní tekut. kryštálu, pomocou ktorého je možné riadiť svetlo, ktoré cezeň prechádza.
- Od 1970 sa na základe *Fergasonovho* patentu začala výroba prvých LCD displejov.

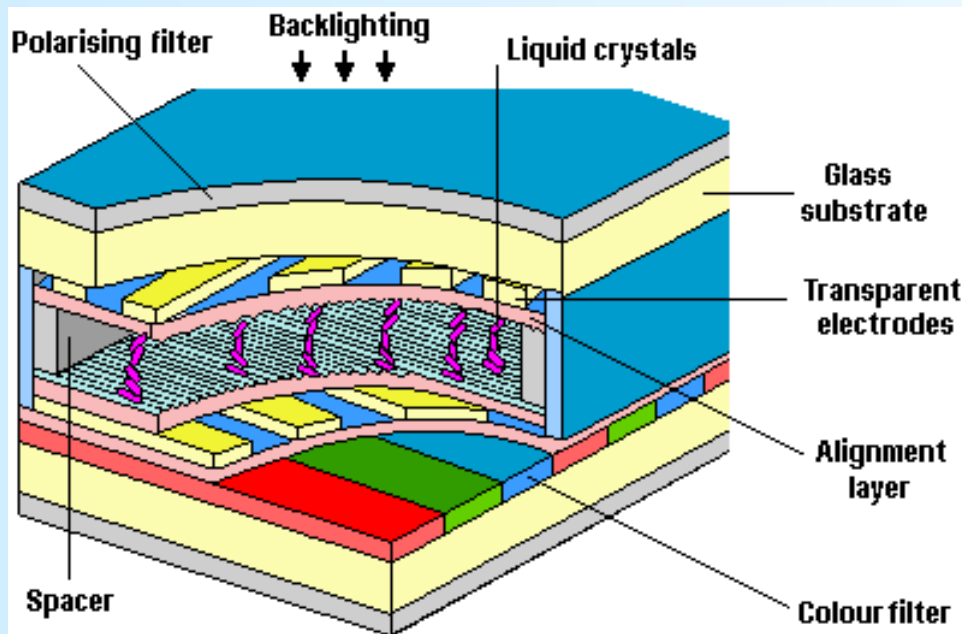
LCD monitory

- LCD = Liquid Crystal Displays
- **Chirálna nematická fáza** – molekuly tekut. kryštálu tvoriace vrstvy sú usporiadané do špirály, ktorá „vedie“ svetlo. Konce špirály sú ukotvené na vnútorné steny.
- Pri ovplyvnení elektr. poľom zmenia usporiadanie – narovnajú sa v smere elektr. poľa.



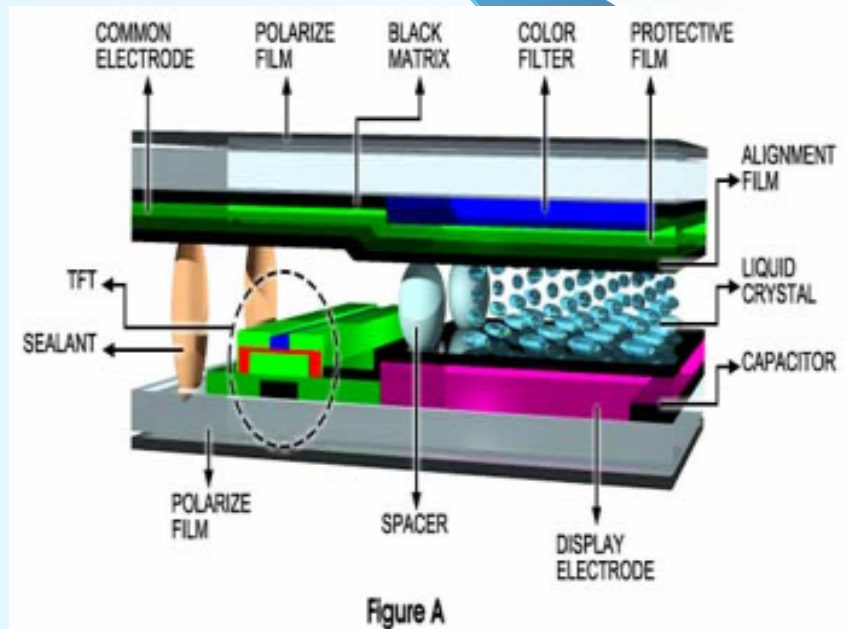
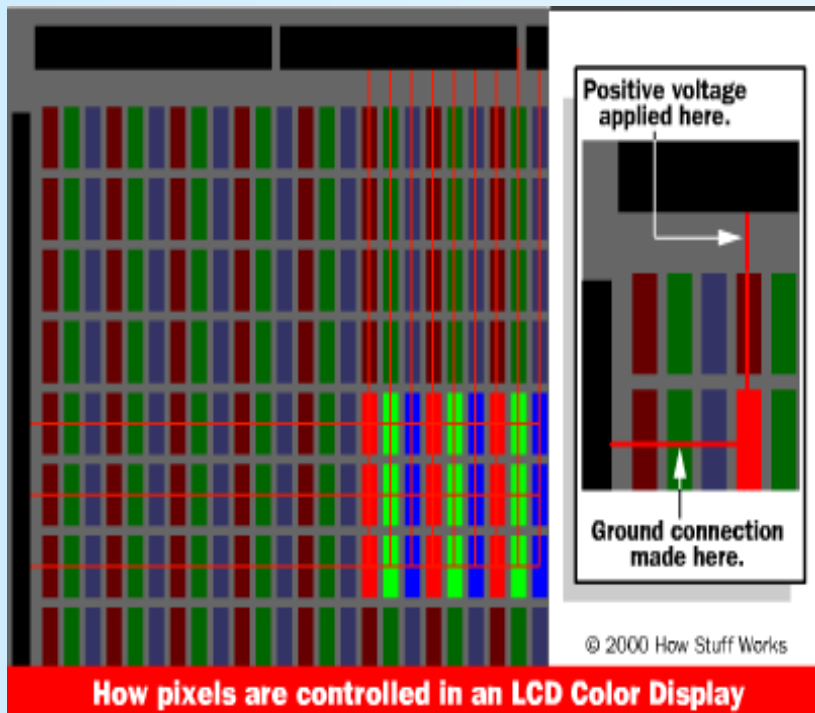
Vylepšenia LCD

- TN = Twisted nematic
- STN = Super TN
- TFT = Thin Film Transistor
- Intenzita svetla sa riadi elektr. napätím, ktoré ovplyvňuje „priamosť” narovnania špirály.



Vylepšenia LCD

- Pasívna technológia riadenia bodu – STN
- Zlepšenie rýchlosti vykresľovania:
- Aktívna technológia riadenia bodu – TFT

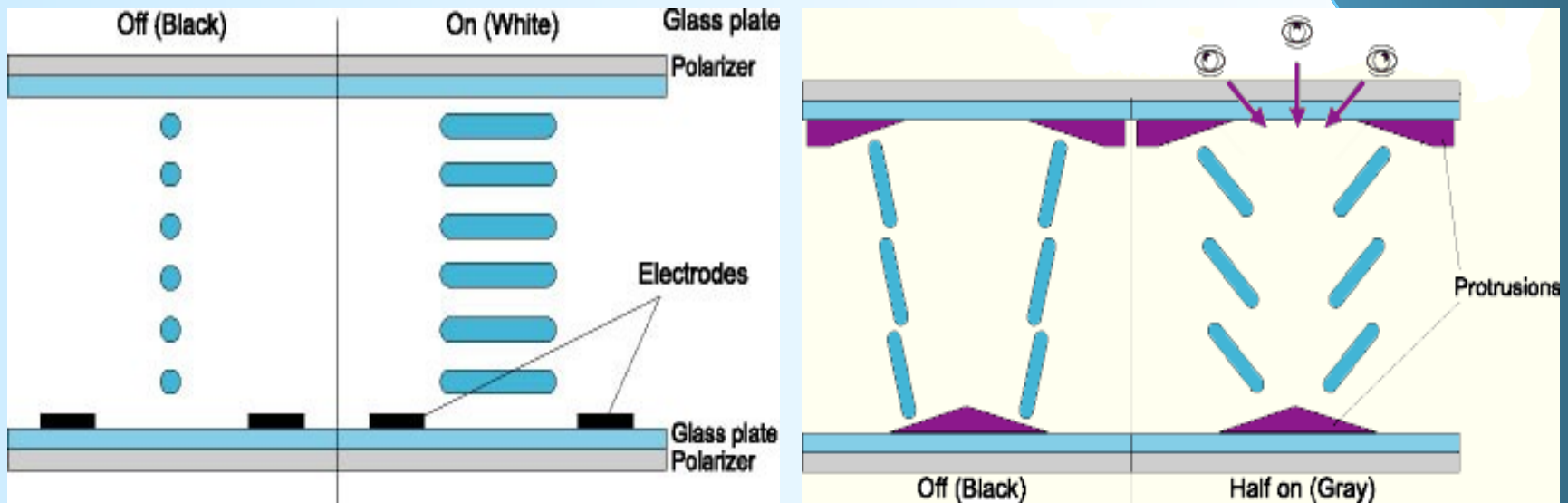


Vylepšenia LCD

Zväčšenie uhla pohľadu:

- *In-plane switching* (1996 Hitachi) – *AS IPS*, *IPS Pro*
- *Multi-domain vertical alignment* (1998 Fujitsu)
- *Patterned vertical alignment* (2001 Samsung)

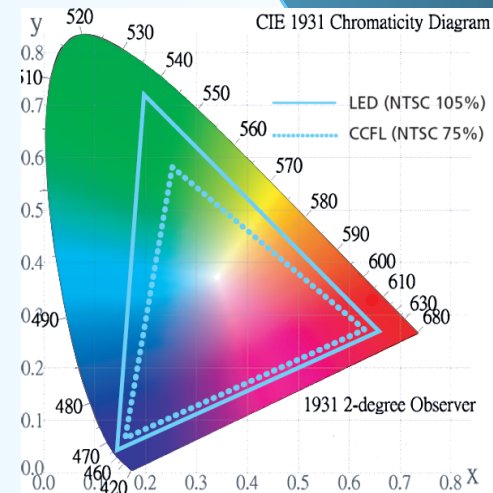
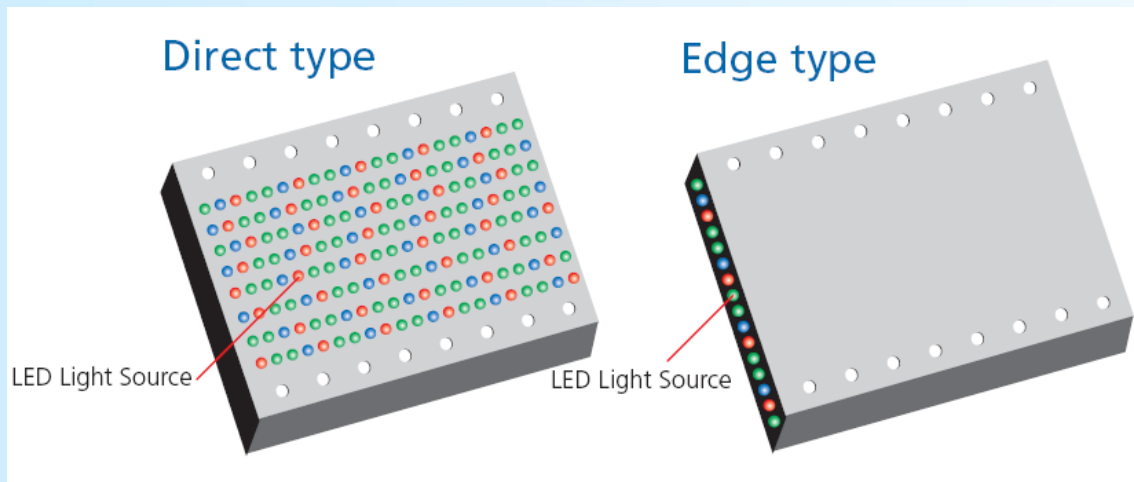
Chybný (mŕtvý) subpixel je čierny.



Vylepšenia LCD

Podsvietenie pomocou LED (namiesto CCFL):

- Lepšie podanie farieb – väčší farebný rozsah
- Menšia spotreba elektrického prúdu
- Väčší kontrast – dynamický kontrast $> 15000 : 1$
- Dlhšia životnosť

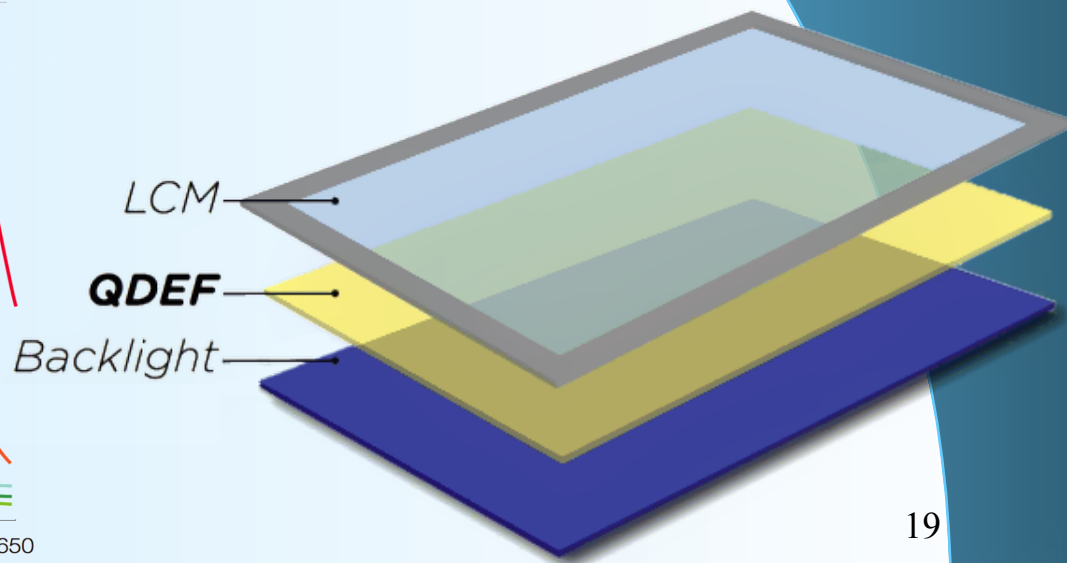
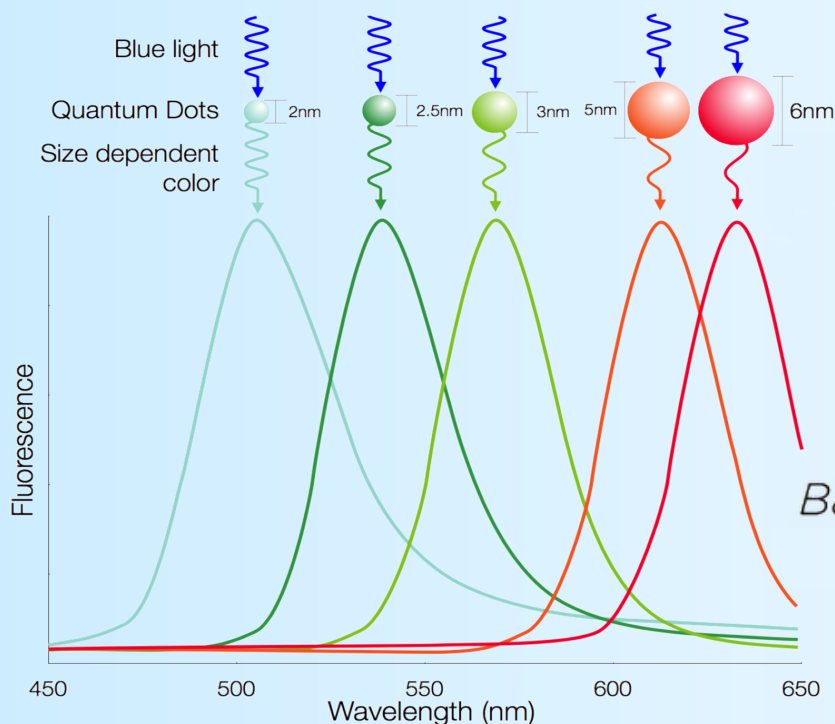


Vylepšenia LCD

Technológia Quantum Dots:

- Sú tvorené nanokryštálmi CdSe
- Pomocou fotoluminiscencie konvertujú modré svetlo na červené a zelené, podľa veľkosti nanokryštálu

Quantum Dot Size and Color



Vylepšenia LCD

Výhody použitia:

- Lepšie podanie farieb – väčší farebný rozsah (gamut)
- Menšia spotreba elektrického prúdu
- Väčší kontrast a jas, pretože nepoužívajú RGB filtre pre subpixle
- Dlhšia životnosť oproti OLED



Porovnanie LCD a CRT CRT monitory

Výhody:

- Rýchla odozva
- Ľubovoľné odtiene (veľká možnosť modulovať elektrónový lúč)
- Lacnejšia technológia
- Široký uhol pohľadu, vysoký kontrast a jas

Nevýhody:

- Ťažké a veľké (typ. 70x70 cm, 15 kg)
- Veľká spotreba prúdu (typ. 140W)
- Nebezpečné elektrické a magnetické pole
- Blikanie už pri 50-80 Hz (bez pamäťového efektu)
- Chyby geometrie v rohoch

Porovnanie LCD a CRT

LCD monitory

Výhody:

- Malé a ľahké (približne 1/5 CRT)
- Nízka spotreba elektriny (typ. 1/4 CRT)
- Úplne ploché – žiadne chyby geometrie
- Žiadne rádioaktívne vyžarovanie

Nevýhody:

- Vysoká cena (typ. 2x CRT)
- Malý uhol pohľadu (typ. $\pm 80^\circ$)
- Nízky kontrast (typ. 1:700)
- Nízky jas (typ. 300 cd/m²)
- Presýtené farby
- Problém s tmavými farbami

História plazmových monitorov

- Začiatky sú rovnaké ako u CRT – 1855 *Geissler* skonštruoval vákuovú trubicu, ktorá sa vplyvom elektr. poľa rozžiarila. Farba tejto žiary závisela od plynu, ktorým bola naplnená.
- 1964 *Bitzer* a spol. skonštruovali prvý monochromatický displej.
- 1992 *Fujitsu* – vyrobili 21" farebný plazmový displej.



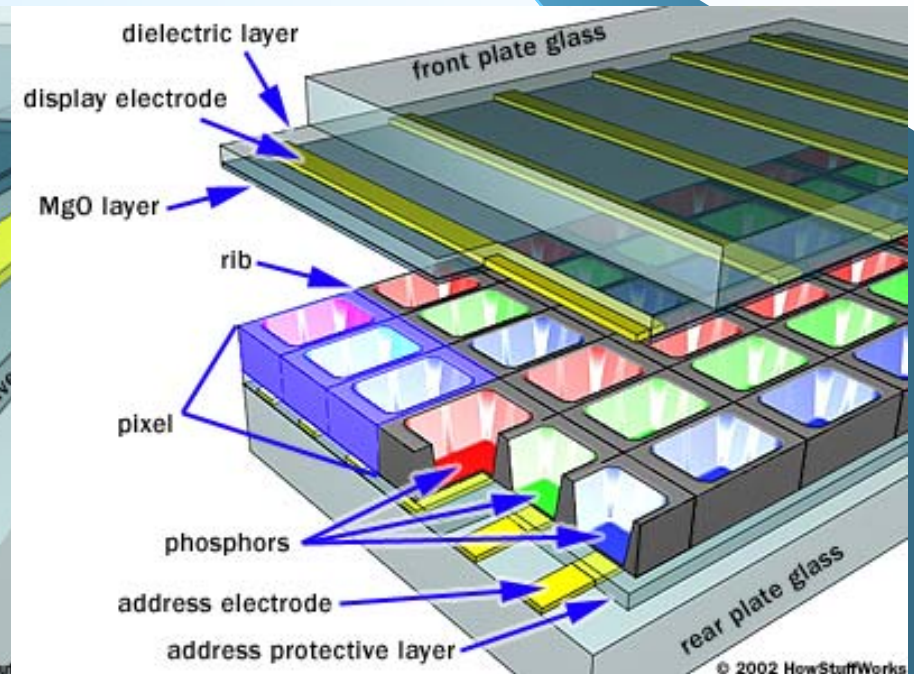
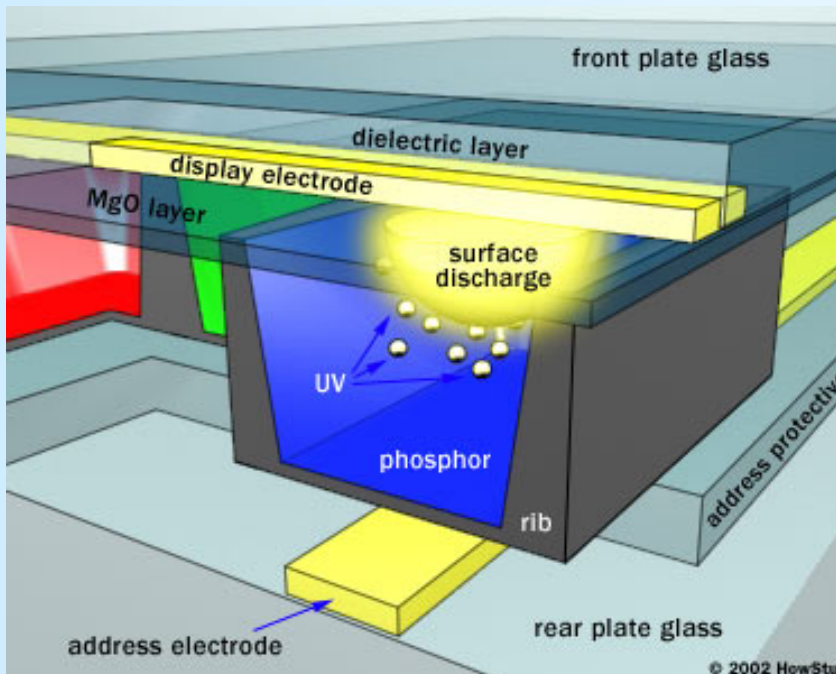
Plazmové monitory

- Princíp je podobný ako u klasickej neónovej žiarivky – trubica je naplnená plynom a jej vnútorná stena je pokrytá luminoforom.
- Po „naštartovaní“ žiarivky elektróny uvoľňované elektródami ionizujú atómy plynu (vzniká plazma) a tie uvoľňujú UV-žiarenie (fotóny).
- Fotóny UV-žiarenia narážajú na atómy fosforu a emitujú viditeľné svetlo – **flôrescencia**.



Plazmové monitory

- U farebných displejov je farba tvorená pomocou troch buniek, ktoré vyžarujú buď červené, zelené alebo modré svetlo v závislosti od luminoforu.
- Intenzita vyžar. svetla sa riadi postupným blikaním.



Porovnanie PM a LCD

LCD monitory

Výhody:

- Väčšia hustota pixlov
- Vyšší jas (typ. 2x plazmových monitorov)
- Pixle sa nevypaľujú

Nevýhody:

- Kontrast (typ. 1/4 - 1/2 plazmových monitorov)
- Rozmazaný pohyb objektov
- Príliš nasýtené farby
- Sú podsvietené, neemitujú svetlo

Porovnanie PM a LCD

Plazmové monitory

Výhody:

- Väčší uhol pohľadu ($\pm 85^\circ$)
- Vernejšie farby (*gamut* dosahuje SMPTE C)
- Tmavšie odtiene čiernej

Nevýhody:

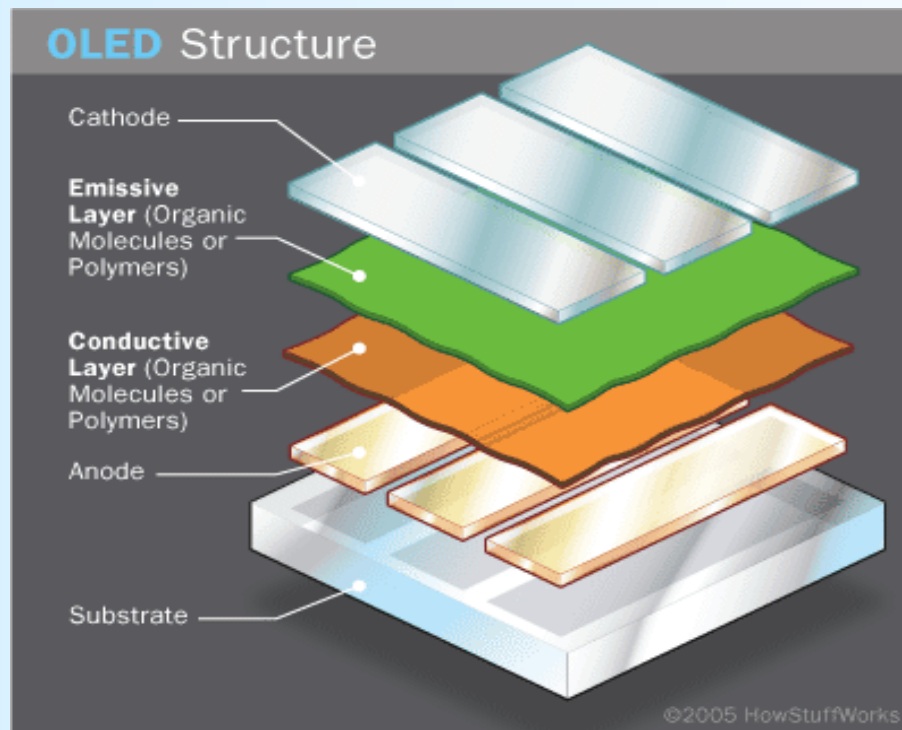
- Fosfor sa vypaľuje
- Vyššia spotreba prúdu
- Väčšia veľkosť bodu (0.8 mm - 1 mm)

História OLED

- 1950' *Bernanosov tím* – vytvoril prvý elektroluminescenčný materiál, ktorý sa po aplikovaní striedavého prúdu vysokého napätia rozžiaril.
- 1960' firma *Dow Chemical* – vyvinula elektroluminisc. látku ovplyvňovanú jednosmerným prúdom.
- 1977 *Shirakawa a spol.* – vytvorili vodivé organické polyméry, za čo získali v roku 2000 Nobelovu cenu.
- 1980 *Eastman Kodak (Tang & Slyke)* – vymysleli revolučnú dvojvrstvovú štruktúru, ktorá je dnes základom OLED displejov.
- 2007 *Sony XEL-1* – predáva prvé 11" OLED televízory.

OLED displeje

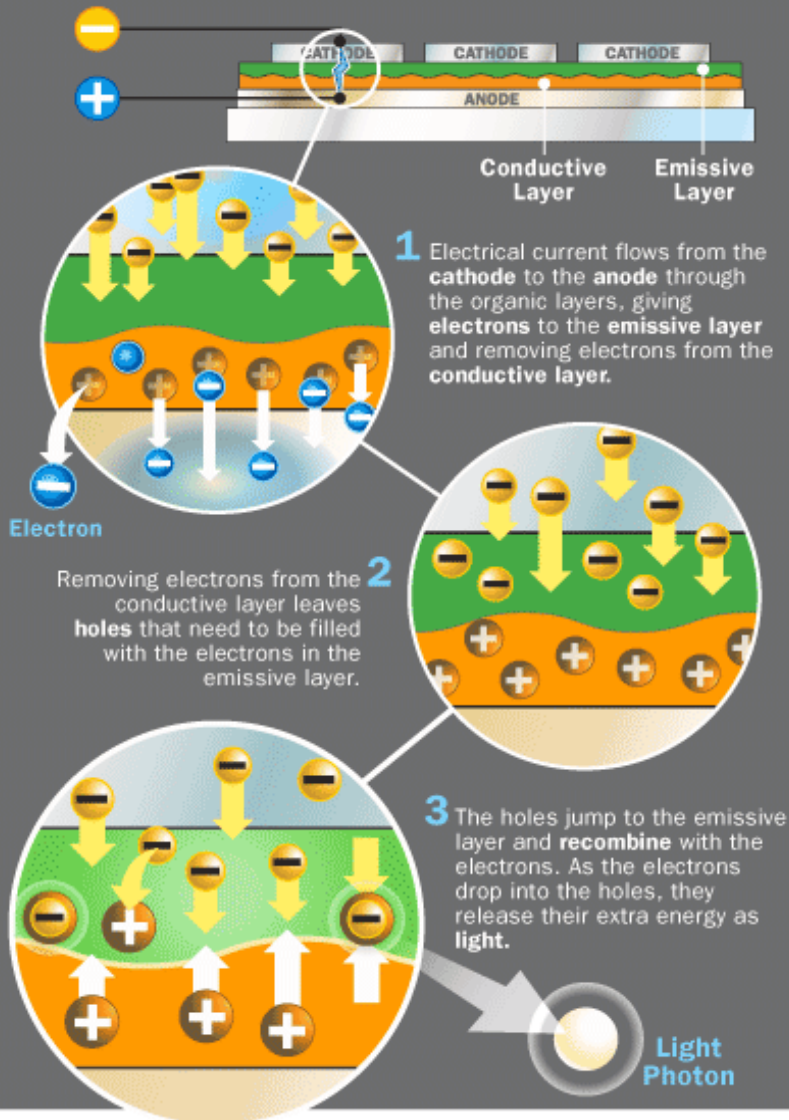
- OLED = Organic Light Emitting Diode
- **Svetlo emitujúce polyméry** sú špeciálne plastické materiály (zložené z dlhých molekúl), ktoré premieňajú elektrický prúd na viditeľné svetlo.



OLED displeje

OLED Creating Light

©2005 HowStuffWorks

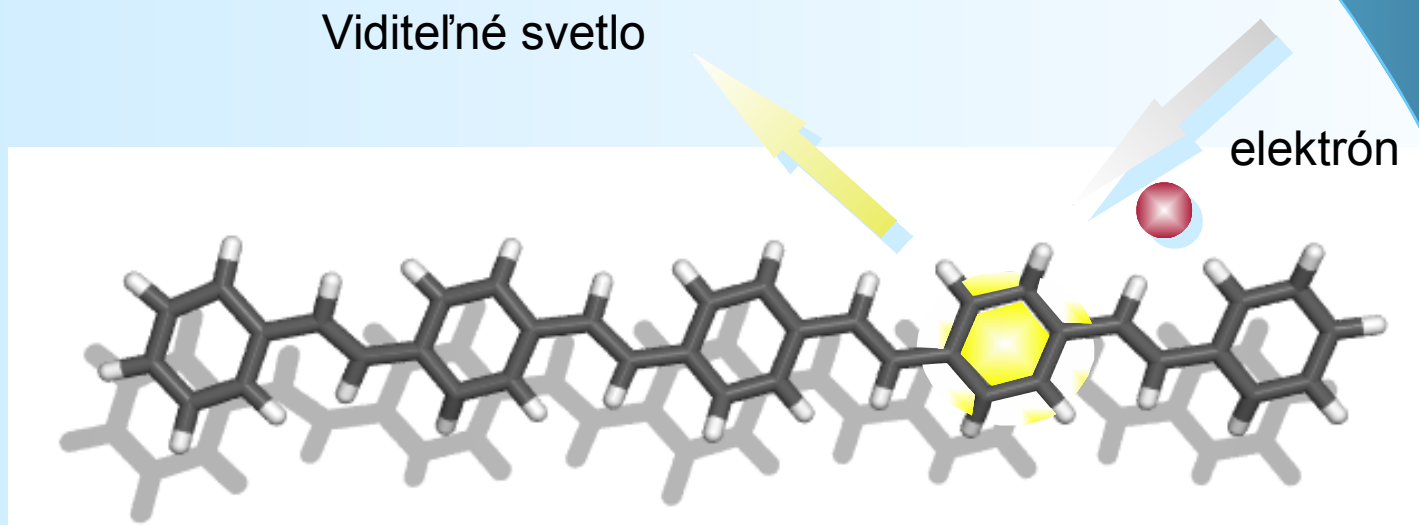


Princíp elektrofosforescencie

- Tok elektrónov prechádza z katódy na anódu:
 - katóda dodáva elektróny emisnej vrstve
 - anóda odoberá elektróny z vodivej vrstvy (el. diery)
- Na hranici E/V vrstvy vďaka **rekombinácii** elektróny zaplňajú diery a vzniká svetlo.

Rekombinácia elektrónu a diery

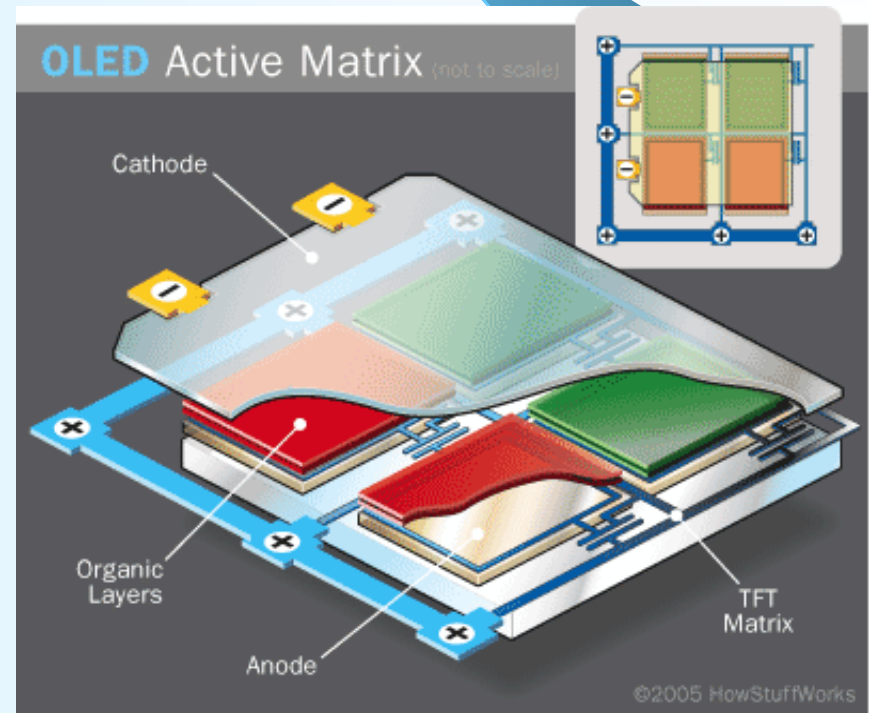
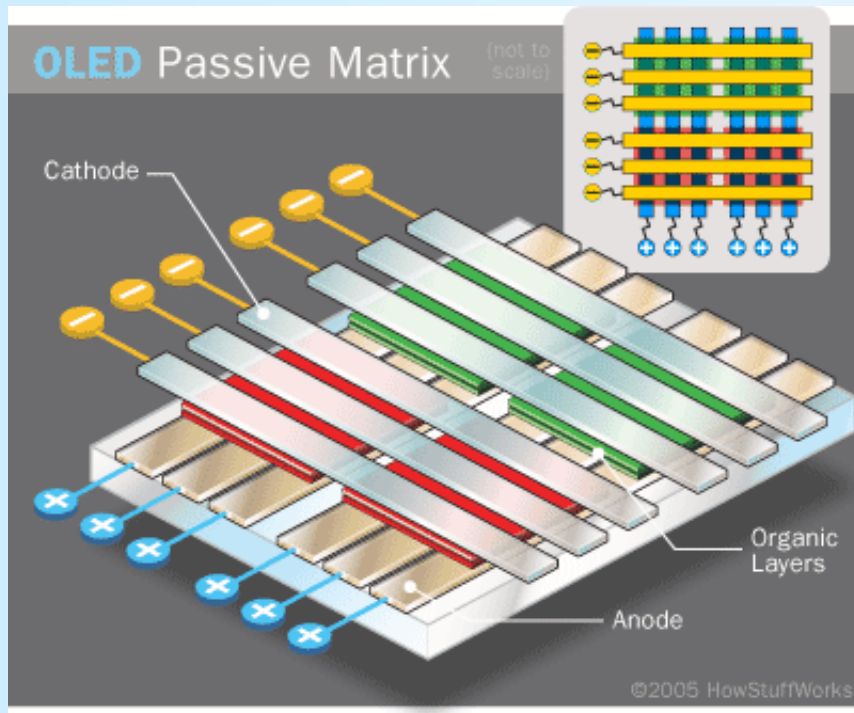
- Elektróny nezotrvávajú vo vodivostnom pásme a znova sa začlenia do elektrónového obalu atómu.
- Elektrón zaplní dieru a vyžiari prebytočnú energiu vo forme fotónu.



OLED displeje

- Pasívne – Passive Matrix OLED
- Aktívne – Active Matrix OLED

Farba vzniká pridaním rôzneho farbiva do molekúl.
Intenzita svetla sa riadi zmenou elektrického napätia.



OLED displeje

- SmOLED – Small molecule OLED. Sú nanášané vo vákuu na sklenenú platňu. SmOLED = OLED.
- PLED – Polymer LED. Majú malú spotrebu el. prúdu. Technológiou *inkjet* môžu byť nanášané aj na ohybný materiál.
- PhOLED – Phosphorescent OLED. Sú vysoko účinné.



Porovnanie OLED a LCD

OLED monitory

Výhody:

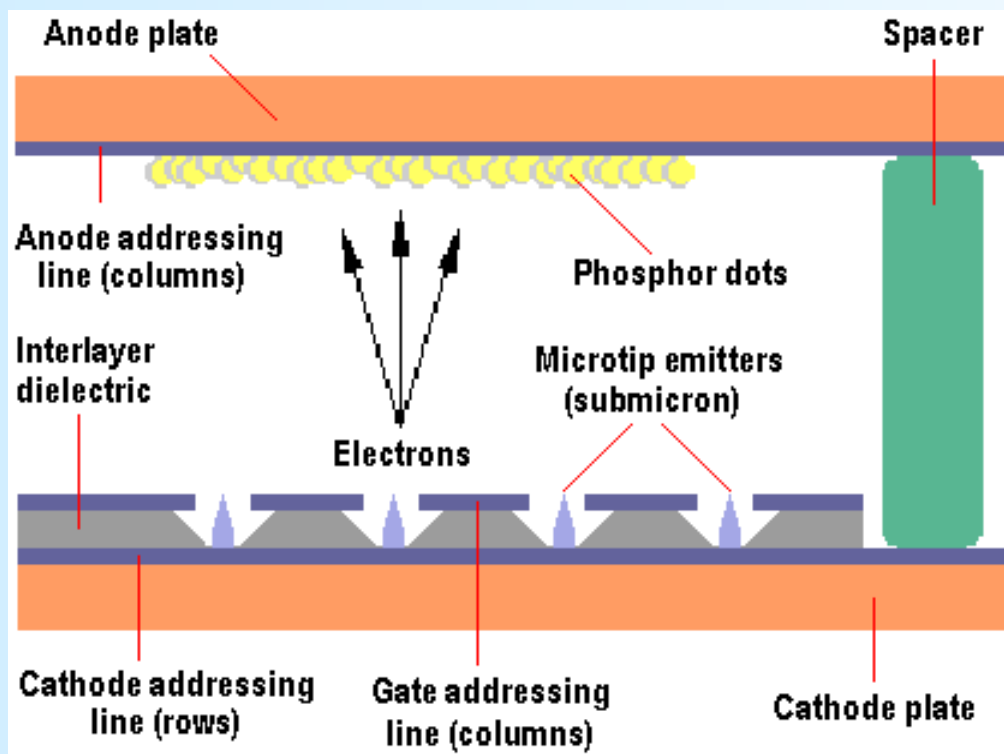
- Tenšie, ľahšie, ohybné
- Jasnejšie
- Nevyžadujú podsvietenie
- Spotrebujú menej prúdu
- Väčší uhol pohľadu
- Jednoduchšie na výrobu

Nevýhody:

- Životnosť – červená a zelená (cca 60000 hod.)
modrá (cca 14000 hod.)
- V súčasnosti drahá výroba
- Voda ničí molekuly OLED

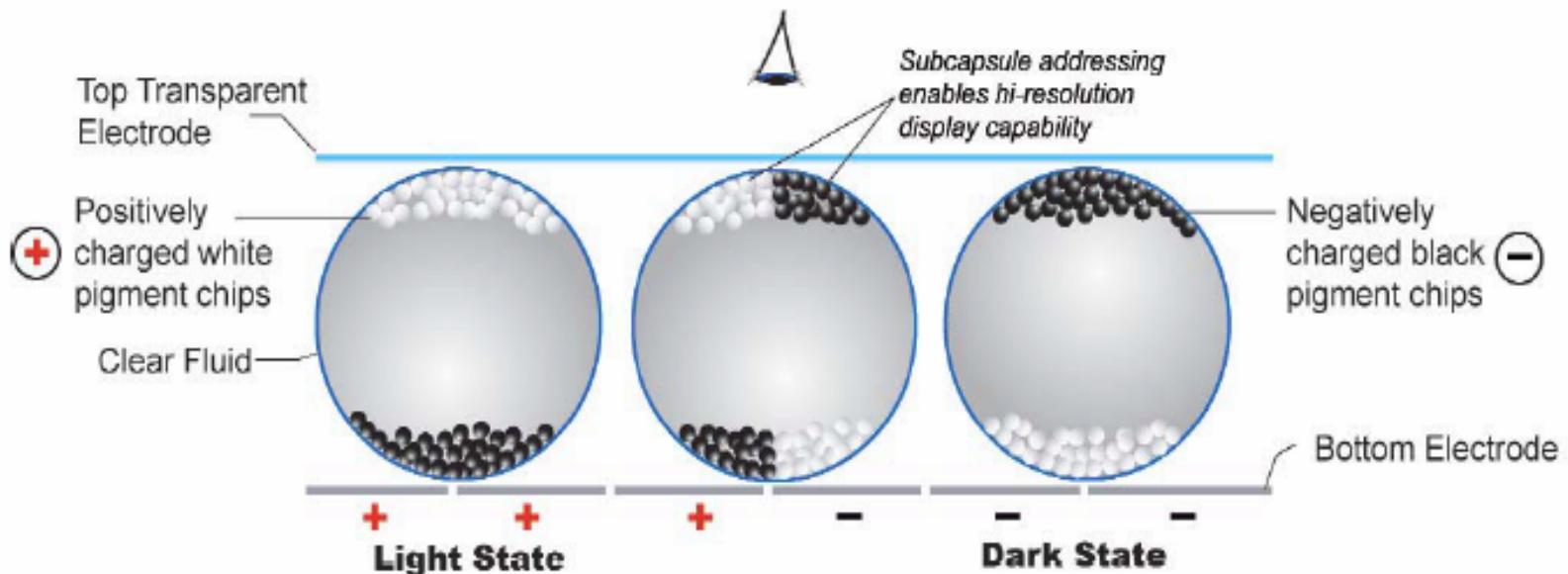
Ostatné technológie

- FED = Field Emission Display
- Každý bod obsahuje maličkú bunku v ktorej elektróny dopadajú na fosfor ako v CRT.



Elektronický papier

- E-ink = Electronic ink (elektronický papier)
- Kladne nabité, biele pigmentové častice sú priťahované záporne nabitou elektródou a čierne so záporným nábojom sú priťahované kladne nabitou elektródou.



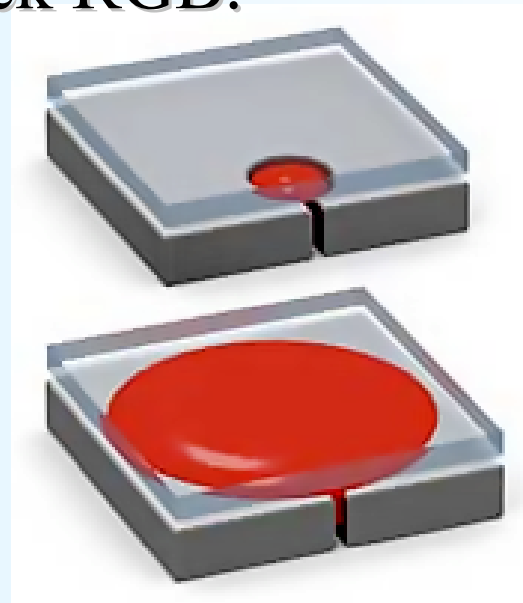
Elektronický papír

- Má velmi nízkou spotřebu elektr. proudu. Prúd je potřebný iba pri prekreslení obrazu.
- Nevyžaruje svetlo.
- Je využívaný v elektronických čítačkách.



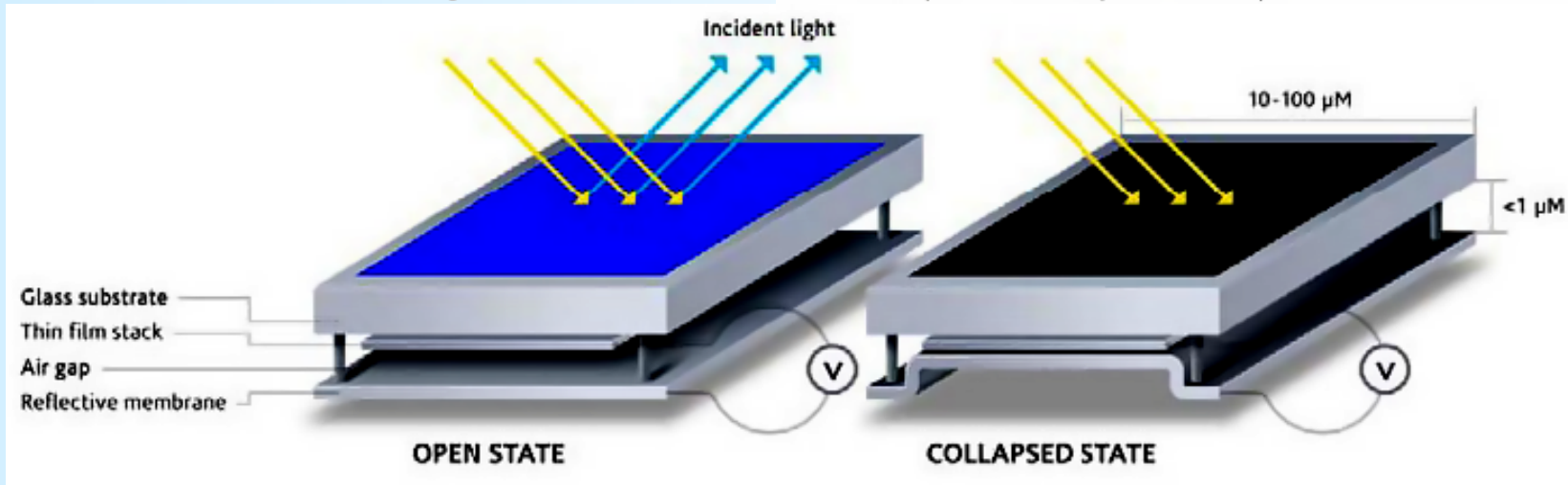
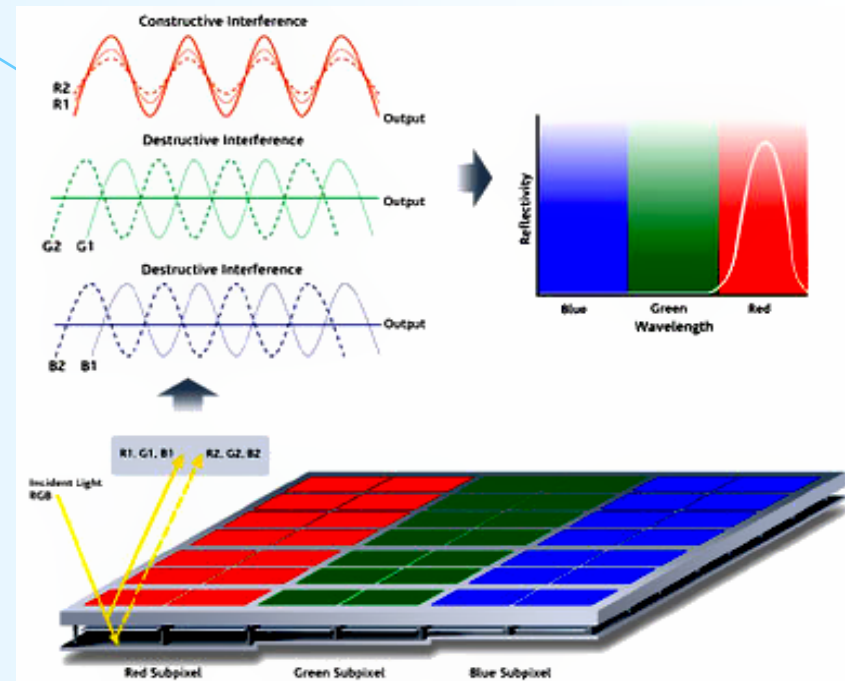
Electrofluidic

- Menej známa technológia, kde pixle sú tvorené bunkami obsahujúcimi farebnú tekutinu.
- Vo vypnutom stave sa nachádza kvapalina v rezervoári na spodku bunky.
- V zapnutom je kvapalina priťahovaná nábojom na elektróde na hornú časť bunky.
- Každý pixel tvorí trojica buniek RGB.



Mirasol

- Využíva interferenciu svetelných vln podobne ako motýlie krídla.
- Interferujú dve vlny, jedna odrazená od povrchu bunky, druhá od reflexnej membrány.
- Interferujúce vlny sa buď vyrušia, alebo sčítajú.



Mirasol

- Oproti e-Ink má rychlejšíu odozvu ale horší kontrast.



Vylepšenia e-Ink

- Aby sa eliminovalo pohlcovanie svetla cez dotykovú vrstvu a zlepšila čitateľnosť využíva sa „nadsvietenie“.

