



## Дисплеи



Полупроводникови  
елементи

## Въведение

**Дисплеите** са екрани за визуализация на информация.

Те намират широко приложение в телевизорите, настолните и преносими компютри, екрани за развлекателни цели, измервателна апаратура, цифрови камери, мобилни телефони, аудио/видео и офис оборудване, ръчни часовници, калкулатори и др.



## Цели и предпоставки

Изучават се различни видове дисплеи, тяхното устройство, принцип на действие и основни приложения.

Познавате

Разбирате

Анализирате

След изучаване на материала вие би трябвало да:

- ✦ Видовете дисплеи
- ✦ Устройството на различните видове дисплеи
- ✦ Областите на приложението им
- ✦ Принципът на работа на дисплеите
- ✦ Предназначението на отделните електроди
- ✦ Предимствата и недостатъците на различните видове дисплеи и приложимостта им за конкретно приложение

## Електронно лъчева тръба

Електронно-лъчевите тръби са електровакуумни прибори, в които поток от електрони, формиран в електронен лъч, се използва за преобразуване на електрическите сигнали в светлинни.

### Основни приложения

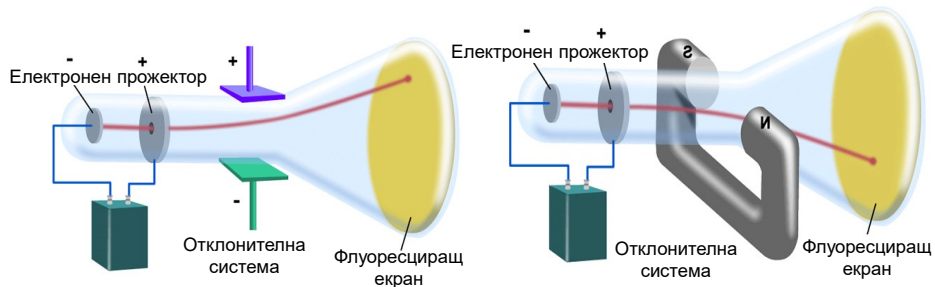
- ✦ Осцилоскопи
- ✦ Телевизори
- ✦ Стари монитори



## Видове ЕЛТ

Електроннолъчевата тръба (ЕЛТ) се състои от електронен прожектор, отклонителна система и екран. Според отклонителната система се различават:

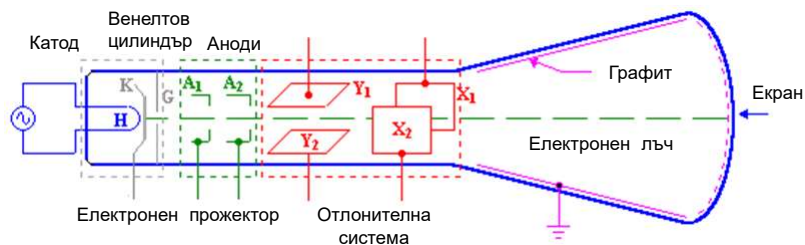
- ✦ ЕЛТ с електростатично отклонение
- ✦ ЕЛТ с електромагнитно отклонение



## ЕЛТ – устройство

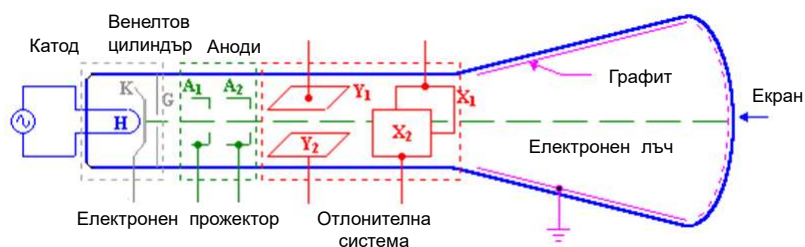
ЕЛТ с **електростатично отклонение** се състои от:

- ✦ Електронният прожектор – отопление, катод и венелтов цилиндър
- ✦ Електронните лещи -- анод 1 (A1) и анод 2 (A2)
- ✦ Две двойки отклонителни пластини (Y) и (X).
- ✦ Флуоресциращия екран.

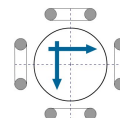


## ЕЛТ – принцип на действие

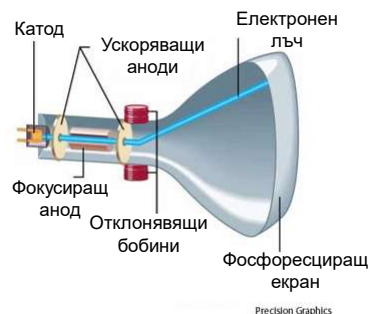
- ✦ Електронният прожектор създава електронен лъч и променя яркостта му
- ✦ Електронните лещи фокусират (A1) и ускоряват (A2) електроните
- ✦ (Y) пластините създават електрическо поле, което отклонява е<sup>-</sup> лъч вертикално, докато другата двойка (X) го отклонява хоризонтално.
- ✦ Когато електронният лъч удари фосфора върху екрана, той излъчва видима светлина.



## ЕЛТ с магнитно отклонение

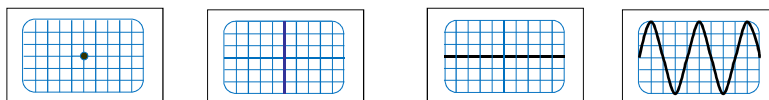


- ✦ Отклонението на лъча се извършва с магнитно поле – един набор бобини създават поле, което премества електронния лъч вертикално, докато други бобини го преместват хоризонтално.



## Получаване на изображение

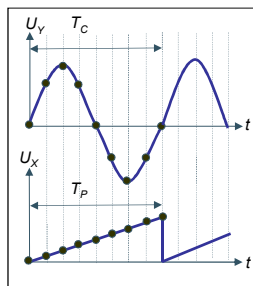
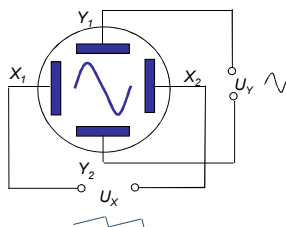
- ✦ Без сигнали на отклоняващите пластини върху екрана на ЕЛТ се получава петно с яркост, определена от напрежението на управляващия електрод. Добре фокусирано, петното се превръща в светеща точка върху екрана
- ✦ Ако на вертикалните отклоняващи пластини се подаде напрежение (при липса на хоризонтално отклонение) лъчът се премества нагоре надолу по у-остта, очертавайки вертикална линия



- ✦ Ако се подаде напрежение (обикновено трионообразно) на хоризонталните пластини, при липса сигнал на вертикалните пластини, върху екрана се наблюдава хоризонтална права линия. Това напрежение се нарича **развивка**.

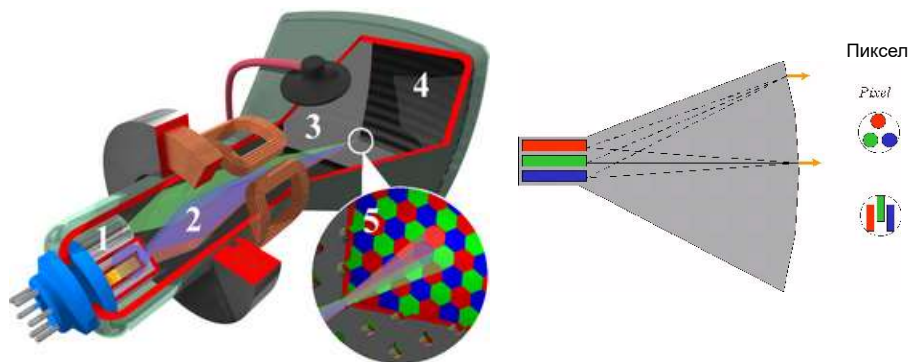
## Получаване на времедиаграма

- ✦ За да се наблюдава изменението на изследвания сигнал във времето е необходимо този сигнал да се подаде на Y –пластините, а на хоризонтално отклоняващите пластини се подава развивката.
- ✦ В резултат на едновременното действие на полетата на развиващия и изследвания сигнал върху електронния лъч, на екрана се получава разгъната във времето диаграма.



## Цветни ЕЛТ

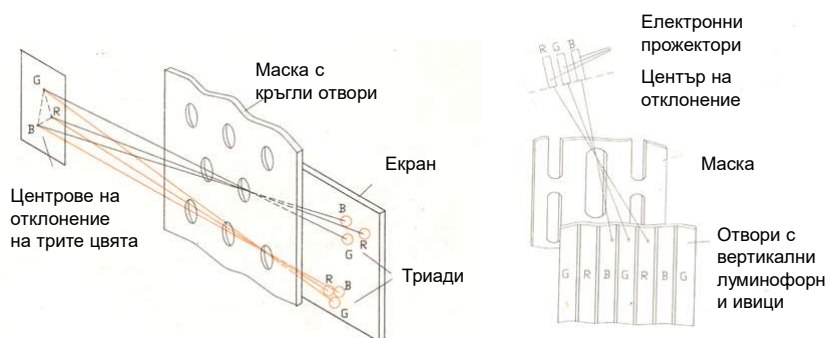
Те съдържат три електронни лъча (червен, син и зелен) (Red, Blue and Green - RGB), които се преместват едновременно върху екрана. От смесването на трите цвята се получават всички останали цветове.



Лъчите преминават през тънък метален екран (маска) с много малки отвори, които съвпадат с точките (или лентите) на фосфора върху екрана.

## Екрани за цветно изображение

Електронните лъчи, излъчвани от всеки прожектор, се фокусират на повърхността на маската, след което отново се разфокусират, за да попаднат на определено място на екрана върху определен цвят от трите основни цвята.



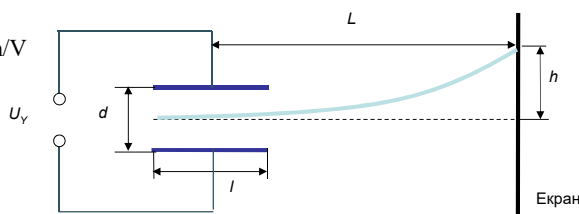
В зависимост от различните съотношения на интензивността на трите цвята се получава определеният цвят.

## Параметри на ЕЛТ

**Чувствителност  $K$ .** Тя показва с колко милиметра ще се премести лъчът върху екрана на ЕЛТ при изменение на напрежението на отклоняващите пластини с 1 V.

✦ При тръби с електростатично отклонение:

$$K = \frac{h}{U} = \frac{IL}{2U_{a2}d}, \text{ mm/V}$$

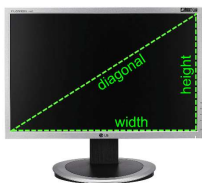


✦ При тръби с електромагнитно отклонение:

$$K = \frac{h}{H} = 0,3 \frac{IL}{\sqrt{U_{a2}}}, \text{ mm/V, където } H \text{ е интензитета на магнитното поле, а}$$

$L$  диаметърът на бобините.

## Плоски дисплеи



Цел:

- ✦ Да видими лесно при всяка осветеност и различен ъгъл,
- ✦ Да показват точно движенията и цветовете,
- ✦ Да са гъвкави и издръжливи.
- ✦ Да използват малко енергия.



Колкото повече толкова повече

Samsung 105 inch UHDTV, CES 2014, 119,000\$

<http://www.theverge.com/2014/1/6/5279784/samsung-bendable-tv-and-105-inch-curved-uhd-tv-announced>

## Дисплеи с течни кристали (LCD)

### Приложение

- ✦ LCD (Liquid Crystal Display) се използват в преносимите компютри, цифровите часовници, ръчни часовници, микровълнови печки, CD устройства и др.

### Предимства

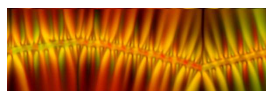
- ✦ Те са по-тънки, по-леки, консумират по-малка мощност и изискват по-ниски напрежения спрямо ЕЛТ



## Течни кристали



- ✦ Течните кристали заемат междинно място между твърдите и течни вещества – имат молекулярната структура на кристалите, но се движат и заемат различни позиции, както течностите.
- ✦ Течните кристали **не излъчват светлина** и изискват **външен източник на светлина**.
- ✦ При прилагане на напрежение се **поляризират** и пропускат или възпрепятстват преминаване на светлина.

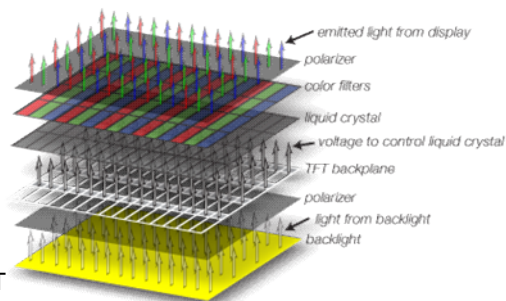




## LCD дисплеи – конструкция

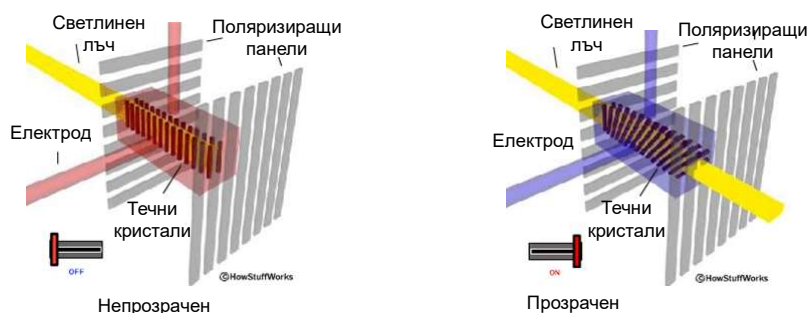
### Основни компоненти

- ✦ Подсветка – ярък източник на светлина, типично светодиоди, флуоресцентна лампа
- ✦ Течни кристали и поляризатори – пропускат светлина при подаване на напрежение
- ✦ Тънкослойни транзистори – TFT управление на отделните течни кристали
- ✦ Цветен филтър – филтрира бялата светлина на подсветката



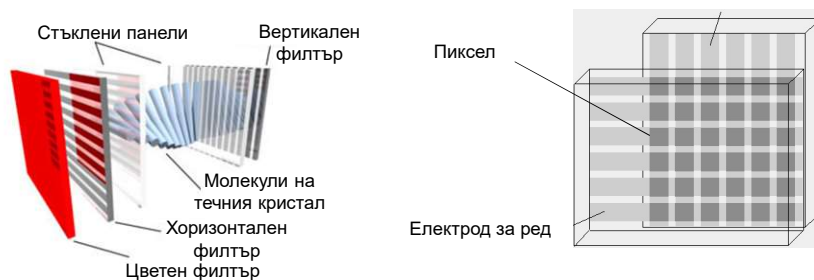
## Поляризация – пример

- ✦ Twisted nematic (TN) кристали нормално са с усукани молекули.
- ✦ Под действие на електрическо поле диполните молекули изменят ориентацията си под различен ъгъл според приложеното напрежение и възпрепятстват в различна степен светлината
- ✦ Когато се изправят, никаква светлина не преминава през областта.



## LCD с пасивни матрици

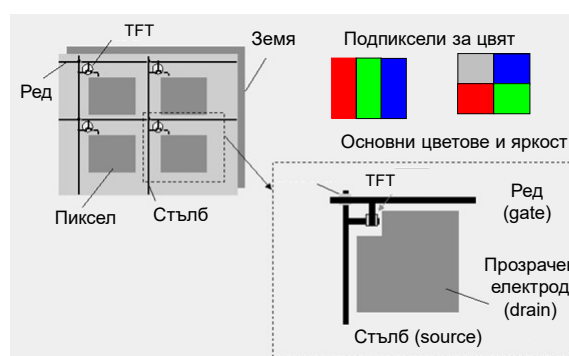
- ✦ Използват се прозрачни електроди, разположени върху две плоскости, между които като сандвич се разполагат течните кристали
- ✦ Напреженията по редовете и стълбовете активират течните кристали, свързани с конкретен пиксел



- ✦ Пасивните матрици имат малко бързодействие – влошено опресняване на екрана (активира се не само 1 пиксел) и се влошава контрастта

## Активни матрици – TFT LCD

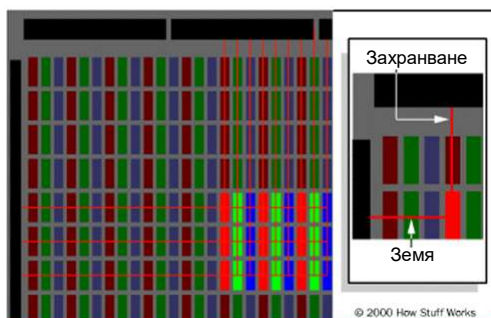
- ✦ **Thin Film Transistors (TFT)** – тънкослойните транзистори са активен ключ към всеки пиксел. В определен момент се адресира само 1 пиксел.



Зарядът се задържа в гейтовия кондензатор на MOS транзистора достатъчно дълго до следващия цикъл на опресняване на изображението.

## LCD цветни дисплеи

- ✦ Всеки пиксел се разделя на 3 подпиксела с филтри, които позволяват смесването на трите основни цвята (R,G,B).
- ✦ Чрез контрол на приложените напрежения, интензитетът на всеки подпиксел може да се изменя в **256 нюанса**. (18,8 милиона цвята)



Необходими са огромен брой транзистори

### Пример

За типичен преносим компютър с разрешаваща способност 1,024x768 управлението на 1,024 стълба, 768 реда с по 3 подпиксела изисква 2,359,296 тънкослойни транзистора ецвани върху стъклото.

## Недостатъци на LCD

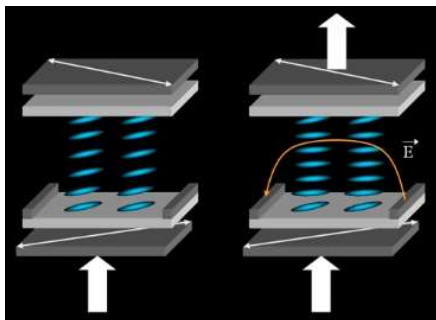
- ✦ Много чувствителни на температурни промени
- ✦ Силна зависимост от ъгъла на наблюдение
- ✦ Ограничен размер на дисплея поради проблеми с контрол на качеството.
  - По-голям размер на дисплея изисква повече пиксели и повече транзистори, което увеличава риска от дефектни транзистори.
  - Дефектни при производството транзистори довеждат до дефекти в изображението и до брак на близо 40 % от произведените дисплеи, което влияе директно върху цената на дисплеите с голям размер.

С подобряването на технологията този недостатък се преодолява



## IPS дисплеи с течни кристали

**IPS (In Plane Switching)** е технология с течни кристали, която преодолява главните ограничения на LCD – силната зависимост от ъгъла на наблюдение и ниското качество на възпроизвеждане на цветовете.



Конструктивно електродите за подаване на напрежение са в една равнина върху единичен стъклен панел и генерират електрическо поле паралелно на тази равнина (по-малко слоеве)

### Предимства:

- ✦ По-добър зрителен ъгъл
- ✦ Не оставят петна при натискане – важно при екраните с докосване в смартфон и таблет.

**Недостатъци:** Изискват 15% по-голяма мощност от LCD и са по-скъпи

## Плазмени дисплеи – PDP

- ✦ Основната идея на плазменния дисплей е да засветва миниатюрни, цветни, флуоресциращи клетки.
- ✦ Всеки пиксел обхваща три флуоресциращи подклетки с червена, зелена и синя светлина.
- ✦ Точно като при ЕЛТ, при плазмените дисплеи се променя интензитетът на всеки подпикселен цвят, за да се получат цветовете от целия спектър.
- ✦ Тези дисплеи **излъчват светлина** и не се нуждаят от подсветка.

### Plasma Display Panel (PDP)



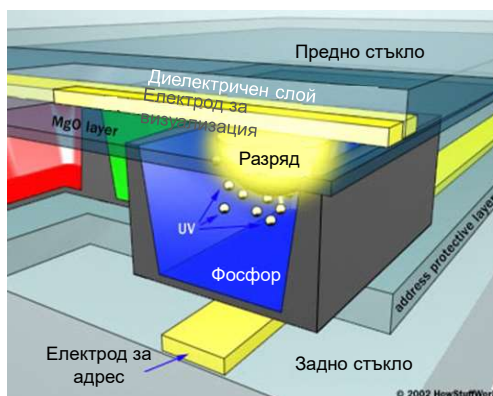
## Принцип на действие

Централен елемент е **плазмата** – газ (ксенон, хелий и неон), който съдържа свободни йони и електрони.

Когато се подаде напрежение между двата електрода, през плазмата в клетката протича ток, който предизвиква движение на заредени частици.

При сблъсъка им с атомите на газа възниква разряд с излъчване на UV фотони.

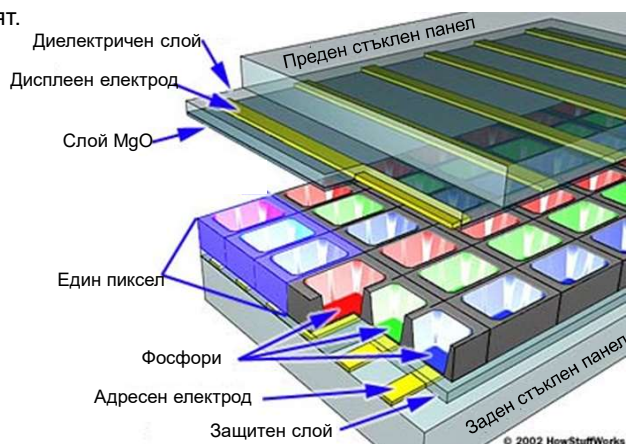
Тези фотони възбудят фосфора, стимулирайки го да излъчва светлина във видимия спектър.



Основна флуоресцираща клетка

## Конструкция на панела

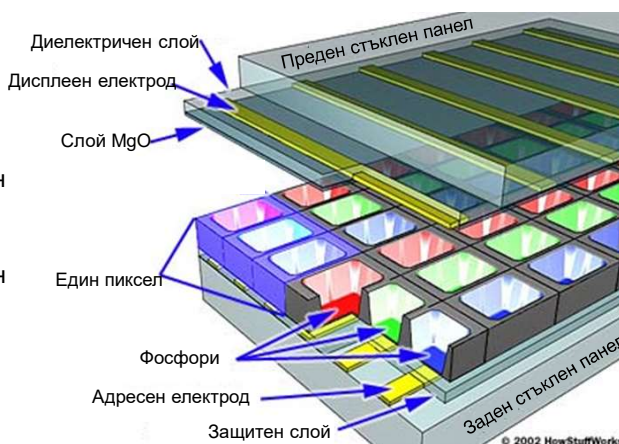
- ✦ Газът ксенон и неон се съдържа в стотици хиляди миниатюрни клетки, разположени между две стъклени плоскости.
- ✦ Всеки пиксел се формира от три отделни **подпикселни клетки**, всяка с различно оцветен фосфор. Чрез смесване на тези цветове се получава резултантният цвят.



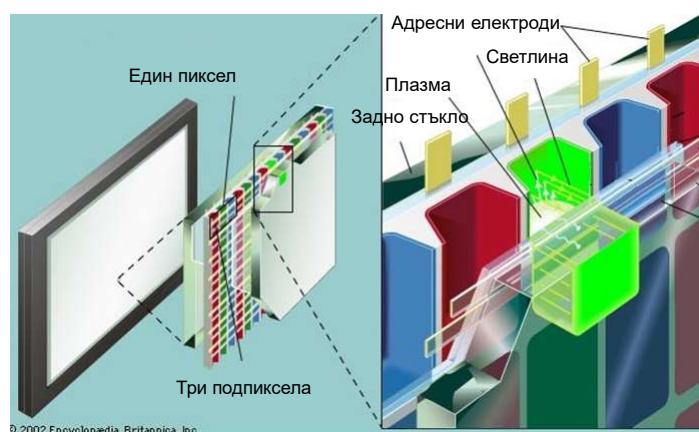
## Конструкция на панела

- ✦ Два набора с електроди, организирани в редове и стълбове, формират решетка по цялото протежение на екрана.
  - Адресните електроди са монтирани зад клетките по протежение на задния стъклен панел
  - Прозрачните дисплейни електроди са монтирани над клетките по протежение на предния стъклен панел.

Те са обградени с изолиращ диелектричен слой и защитен слой от магнезиев окис.



## Плосък екран с плазмен панел



## Предимства и недостатъци

### Предимства

- ✦ Позволява производството на много големи екрани, използвайки изключително тънки материали.
- ✦ Ниско тегло, малък обем, ниска консумация на мощност
- ✦ Високо качество на изображението – много ярко и изглежда добре почти от всеки ъгъл.



### Недостатъци

- ✦ По-висока цена.

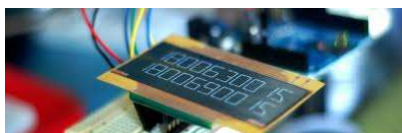


## Дисплеи с е-хартия, е-мастило

**Electronic paper (e-paper), e-Ink** е технология за производство на дисплеи, проектирана да имитира появата на мастило върху хартия.

### Електронната хартия

- ✦ **Отразява** светлината като обикновената хартия, докато LCD изискват подсветка на екрана за визуализация на пикселите.
- ✦ Запазва текст и изображение неограничено дълго без изразходване на електрическа енергия.



## Приложения

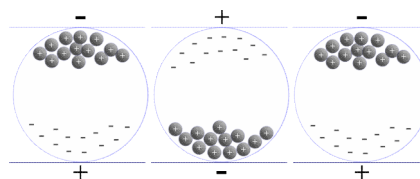
### Приложения

- ✦ е-четци за визуализиране на цифрови версии на книги и списания.
- ✦ Дисплеи на мобилни телефони
- ✦ Електронни билбордове
- ✦ Разписания на рейсове и влакове
- ✦ е- етикети на стоки, е-сигнализации.



## Технология на е-мастило

Дисплеите с е-мастило съдържат миниатюрни частици от титанов двуокис (микрокапсули с електронно мастило), които могат свободно да се въртят в слой с течност (hydrocarbon oil).



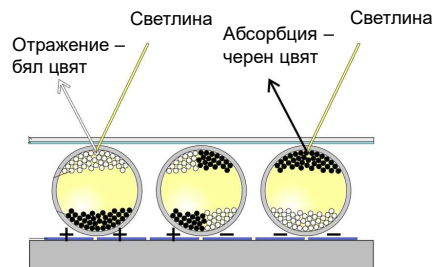
Всяка частица представлява **дипол** и съдържа отрицателно заредени черни топчета от едната си страна и положително заредени бели топчета от другата

Тази система се разполага между два електрода. Видимо изображение се получава чрез пренареждане на пигментираните частици посредством подходящо електрическо поле.



## Принцип на действие

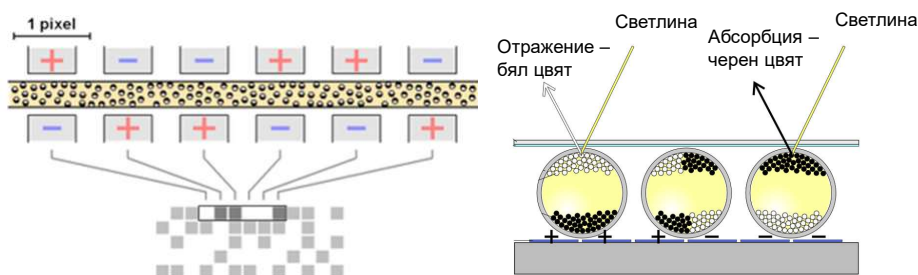
Когато се приложи напрежение на двата електрода, оцветените частици се придвижват към електрода, който има противоположен заряд на техния собствен.



Ако се приложи отрицателен потенциал към предната (видима) страна на дисплея, белите частици се придвижват нагоре в микрокапсулата. Тогава повърхността се вижда бяла, защото светлината се отразява обратно.

При обратна полярност, черните частици се придвижват нагоре, което довежда до абсорбиране на светлината и повърхността се вижда черна.

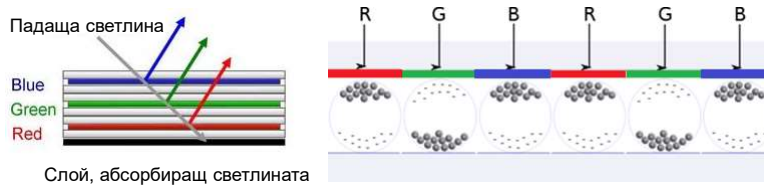
## Формиране на изображение



Ако задният електрод се раздели на множество пиксели, тогава може да се формира изображение чрез прилагане на подходящо напрежение към всяка област на дисплея, създавайки съответни отразени и абсорбирани зони.

Полярността на напрежението на всяка двойка електрода определя дали бялата или черна страна на капсулата ще се ориентират към повърхността така определяйки бял или черен цвят на съответния пиксел.

## Цветно изображение



Всеки пиксел се разделя на 3 подпиксела с филтри, които позволяват смесването на трите основни цвята (R,G,B).

Съществуват и технологии с две частично запълнени цветни капсули за всеки пиксел – едната, съдържаща жълт цвят и циан, а втората – магента и черно.

Чрез контрол на напрежението, цветните частици или се разпръсват в пиксела или се преместват напълно извън полезрението. Различните цветове се постигат в зависимост от броя на показваните цветни частици.

## Предимства и недостатъци

### Предимства

- ✦ Висок контраст при пряка слънчева светлина
- ✦ Ниска консумация – изисква енергия само при промяна на изображението
- ✦ По-широк ъгъл на видимост
- ✦ Стабилна картина без необходимост от постоянно опресняване



### Недостатъци

- ✦ Бавни (т.е. неприложими за интерактивни приложения като подвижни менюта, скролване и позициониране на мишка.)
- ✦ С лошо качество на цветовете



## OLED дисплеи

**Organic Light Emitting Diode (OLED)** е нова технология, която използва тънък слой (100 nm) от органични полупроводници, които **излъчват собствена светлина**, поради електролуминисценция при преминаване на електрически ток през тях.

OLED е съставен от слой органичен материал, разположен между два електрода – анод и катод. Органичните молекули са електропроводими.

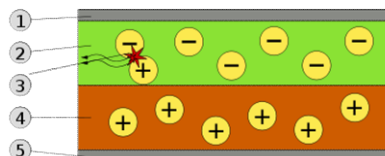


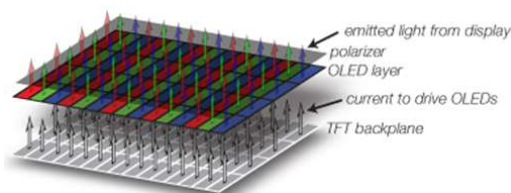
Схема на двуслоен OLED: 1. Катод (-), 2. Емисионен слой, 3. Излъчване на светлина, 4. Проводим слой, 5. Анод (+)

Върху органичния светодиод (OLED) се прилага напрежение, така че анодът да е положителен по отношение на катода. През елемента протича ток – електроните се придвижват от катода към анода, а дупките от анода към катода. Електростатичните сили привличат разноименните токоносителни един към друг и те рекомбинират, излъчвайки светлина във видимата област.

## OLED дисплей – конструкция

OLED дисплеите са с опростена конструкция с два основни слоя:

1. OLED слой (слой органични светодиоди)
2. Активен слой за управление на светодиодите



OLED слой се характеризира с:

По-малка дебелина (0.3  $\mu\text{m}$ )  
 По-широка гама цветове  
 По-висок контраст (100 000:1)  
 По-голямо бързодействие  
 (0.01ms,  $10^5\text{Hz}$ )  
 Гъвкавост

По-ниска яркост  
 Деградация на параметрите  
 По-висока цена и по-ниска  
 енергоефективност (за момента)

## Приложения

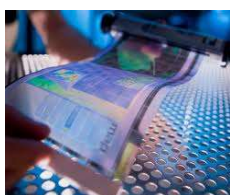
OLED се използват за създаване на цифрови дисплеи за телевизионни екрани, компютърни монитори, преносими системи като смартфони, ръчни игрови конзоли и устройства за лична цифрова помощ – PDA(Personal Digital Assistant). Основна област на изследване е разработването на бели органични светодиоди в приложенията за осветление.



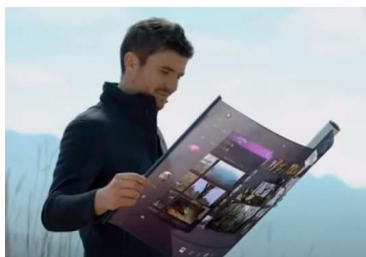
Гъвкав дисплей (Sonny),  
навит върху молив

## Гъвкави OLED екрани

**Гъвкавите** органични светодиоди могат да се използват при производството на навиващи се на руло телевизори, електронна хартия, сгъваеми и огъващи се дисплеи, които могат да се интегрират в дрехи, тапети или други извити повърхности.



Електронна  
хартия



Огъващ се дисплей



TV тапет (1 mm)

## Гъвкави OLED TV екрани



Навиващ се телевизор (на пода или тавана на стая)



Информационно табло в самолетна кабина за бизнес класа

## Гъвкави OLED в автомобилите

