



Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem
Elektronikus Eszközök Tanszéke

IT eszközök technológiája

9. előadás

Fényemittáló diódák

Kijelzők

Érintőképernyők

- Fényemittáló diódák
 - LED félvezető anyagok
 - Lézerdióda
 - Elektromos karakterisztika
 - Tokozás
 - **Meghajtás**
- Kijelzők
 - Passzív és aktív folyadékkristályos kijelző.
 - AMOLED
- Érintőképernyők technológiája

Fényemittáló dióda

▪ Light Emitting Diode, LED

- Félvezető pn átmenet, amelyen nyitóirányú áram hatására fényt bocsát ki.
- Elektromos szempontból pontosan olyan, mint egy félvezető dióda.
 - Egyenirányító jellegű karakterisztika

▪ Felhasználása

- Szilárdtest-fényforrás
 - Visszajelző fénytől a stadionvilágításig
- Kommunikáció
 - IR kommunikáció
 - Optikai szál
- Lézer
 - távolság/sebesség mérés
 - Optikai tárolók
 - Lézernyomtatás
 - HAMR



LED-ek fejlődése

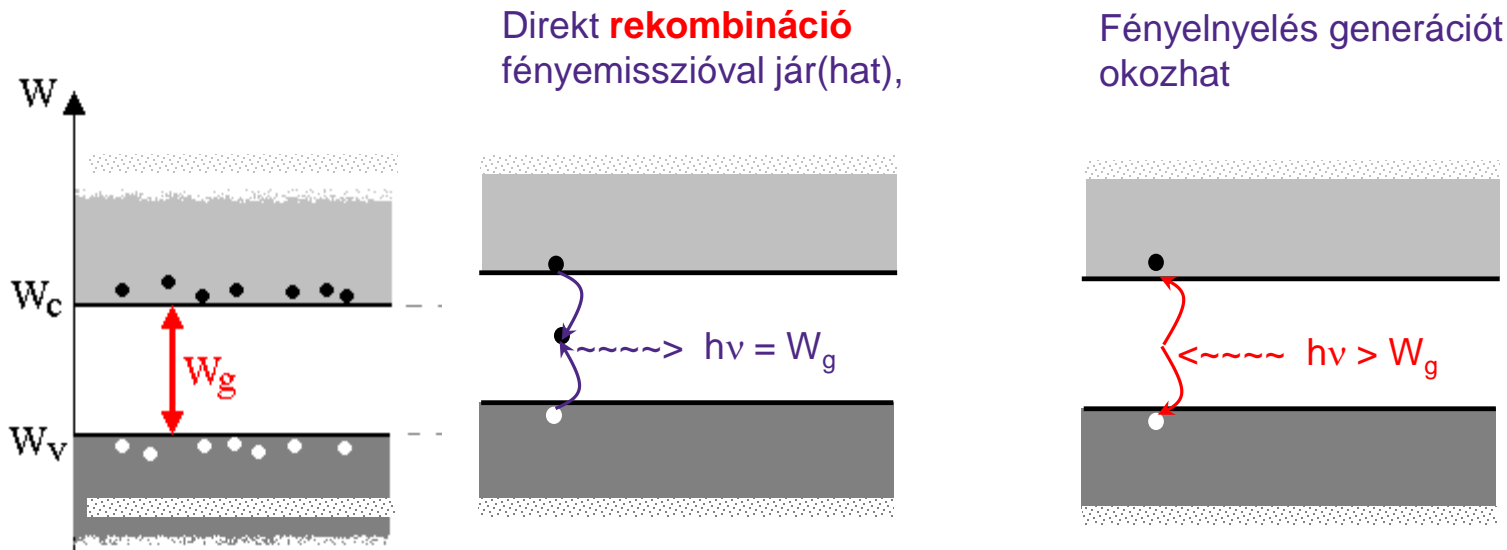
■ Régi találmány

- 1907 H.J. Round, UK észlelte a jelenséget szilícium-karbid detektoron
- 1927 Oleg Loszev, az első publikáció
- 1955 Rubin Braunstein, RCA: az első IR LED és az első kommunikációs alkalmazás
- 1962 Nick Holonyak, GE az első vörös LED
- 1972 Herbert Paul Maruska, RCA: az első kék LED
- 1994 Az első nagyfényerejű kék LED, Shuji Nakamura, Nichia Corporation

■ A fejlődés folyamatos

- A fényáram 10 évente 20-szorosára, az egységnyi fényáramra jutó költség 10 év alatt a tizedére csökken.
 - Fényáram: [lm] Lumen
 - Az emberi szem által érzékelt fény teljesítménye
 - (a spektrum súlyozva az emberi szem hullámhossz szerinti érzékenységgel)

Félvezetők sávmodellje (ismétlés...)



- Bizonyos típusú félvezető anyagokban a rekombináció
 - Azaz egy elektron visszatérése a vezetési sávból a vegyértéksávba
- Foton kibocsátásával jár
 - (Az elektronnak el kell veszítenie az energiáját. Ez vagy fotonnak (direkt) vagy a kristályrácsnak (indirekt) adódik át.
- A kibocsátott foton hullámhossza a tiltott sáv szélességétől függ.

■ Ún. vegyületfélvezetők

- A periódusos rendszer III. és V. oszlopában lévő elemek vegyületei
- Al, Ga, In
- N, P, As

■ A tiltott sáv szélessége az összetételtől függ

$$\lambda = \frac{c}{\nu} = \frac{hc}{W_g}$$

■ Szélesebb tiltott sáv -> kisebb hullámhossz

■ Keskenyebb tiltott sáv -> nagyobb hullámhossz

III A	IV A	V A	VI A	VII A	VIII A
					2 He
5 B	6 C	7 N	8 O	9 F	10 Ne
13 Al	14 Si	15 P	16 S	17 Cl	18 Ar
31 Ga	32 Ge	33 As	34 Se	35 Br	36 Kr
49 In	50 Sn	51 Sb	52 Te	53 I	54 Xe
81 Tl	82 Pb	83 Bi	84 Po	85 At	86 Rn

- Két anyagrendszert használnak. Az elérhető színek
 - InGaAlP rendszer: (infra vörös) – vörös – sárgászöld
 - InGaN/GaN rendszer: (ultraibolya) – kék - kékeszöld

InGaN/GaN

Green

T = TrueGreen (InGaN) 525nm

V = VerdeGreen (InGaN) 505nm

White / CoD

W = White (GaN/InGaN)

Cx = Color on Demand (GaN/InGaN)

Blue

B = Blue (InGaN) 470nm

B = Blue (GaN) 466nm

InGaAlP

Green

P = PureGreen 560nm

G = Green 570nm

Yellow

Y = Yellow 587nm

Orange

O = Orange 605nm

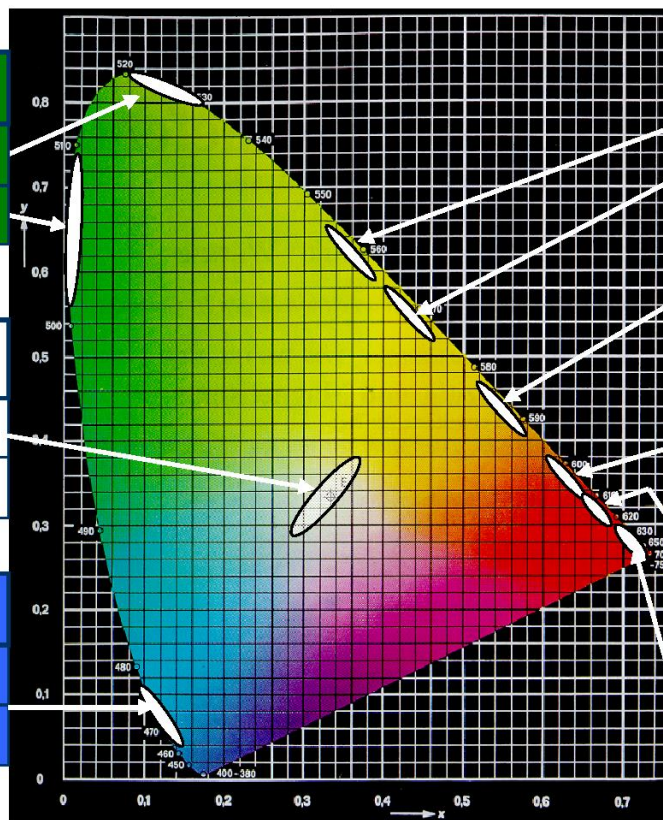
Orange Red

A = Amber 617nm

Red

S = Super-Red 630nm

H = Hyper-Red (GaAlAs) 645nm



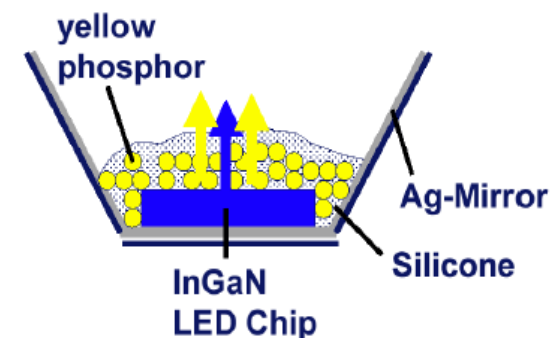
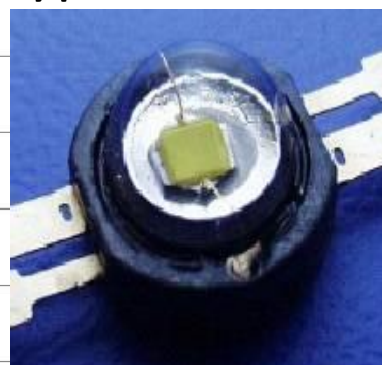
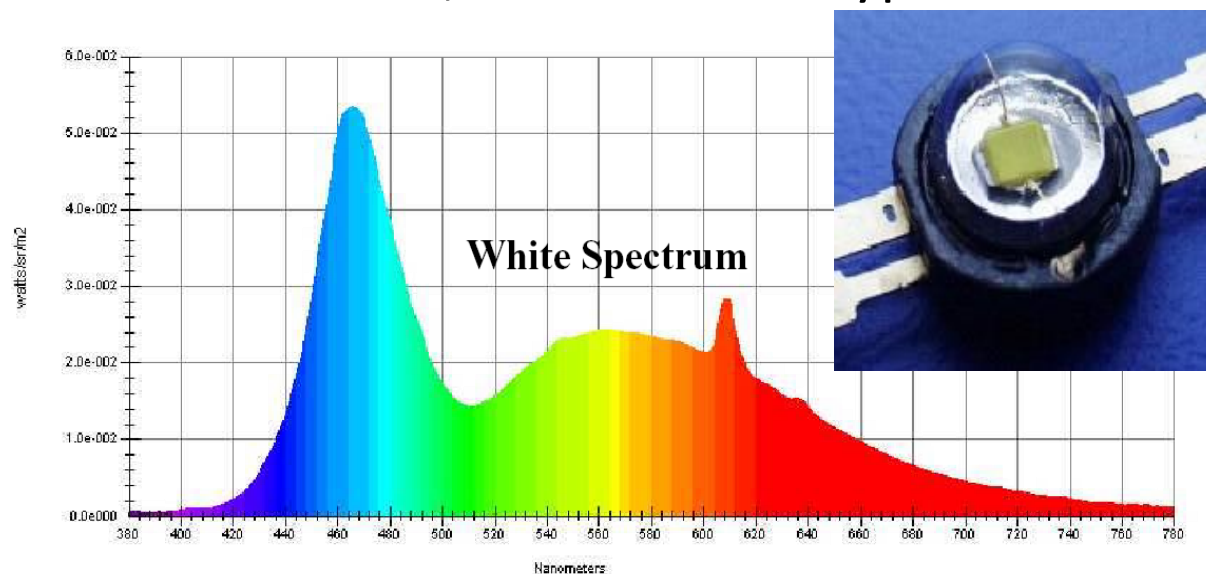
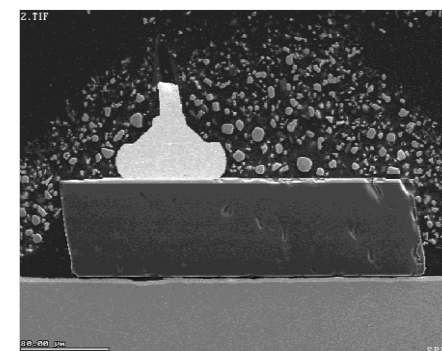
Fehér fény előállítása

■ RGB LED

- A három alapszínt tartalmazza
- A színek aránya könnyen beállítható.
 - Azaz a R, G, B intenzitása külön szabályozható

■ Kék LED + sárga fénypor

■ UV LED + vörös, zöld és kék fénypor



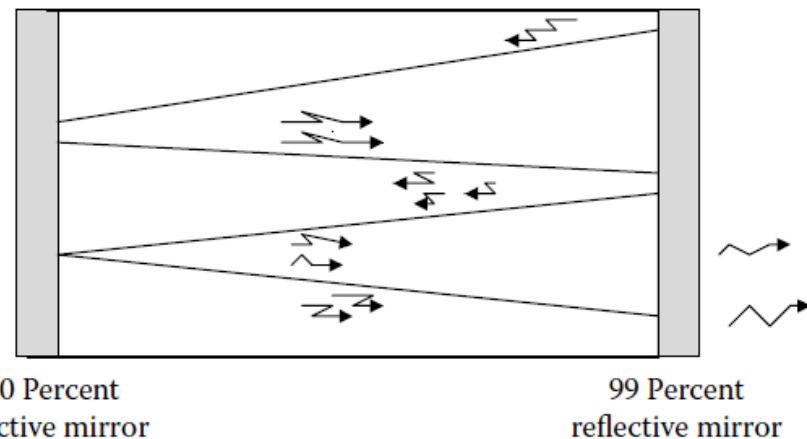
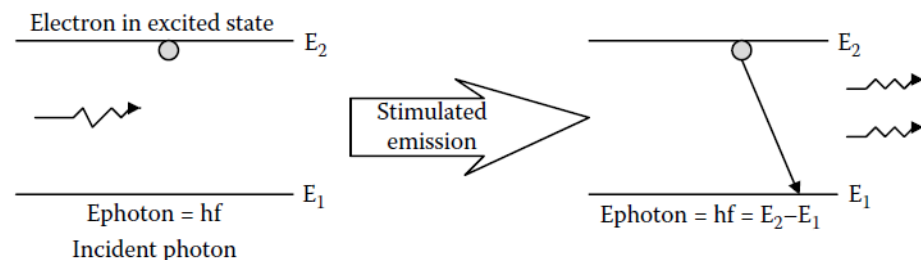
Fényporok

- Más néven „foszfor”
 - (foszforeszkál szóból ered, nem a foszforra (mint kémiai elem) utal
- Sugárzás (foton, vagy elektron) hatására látható fényt kelt.
 - Elnyeli a nagyobb energiájú (kisebb hullámhosszú) fotont és kisebb energián (nagyobb hullámhosszon) sugározza ki.
 - Az energiakonverziós hatásfok tehát kisebb, mint 1
 - A gerjesztő sugárzás megszűnése után még sugároz
 - Ez az ún. utánvilágítási idő, néhány ms (CRT) – több másodperc (radar)
 - Fénycsövekben (az UV fény átalakítására)
 - Katódsugárcsővekben (elektronsugár kelt fényt)
 - Fehér LED-ekben

Lézerdióda

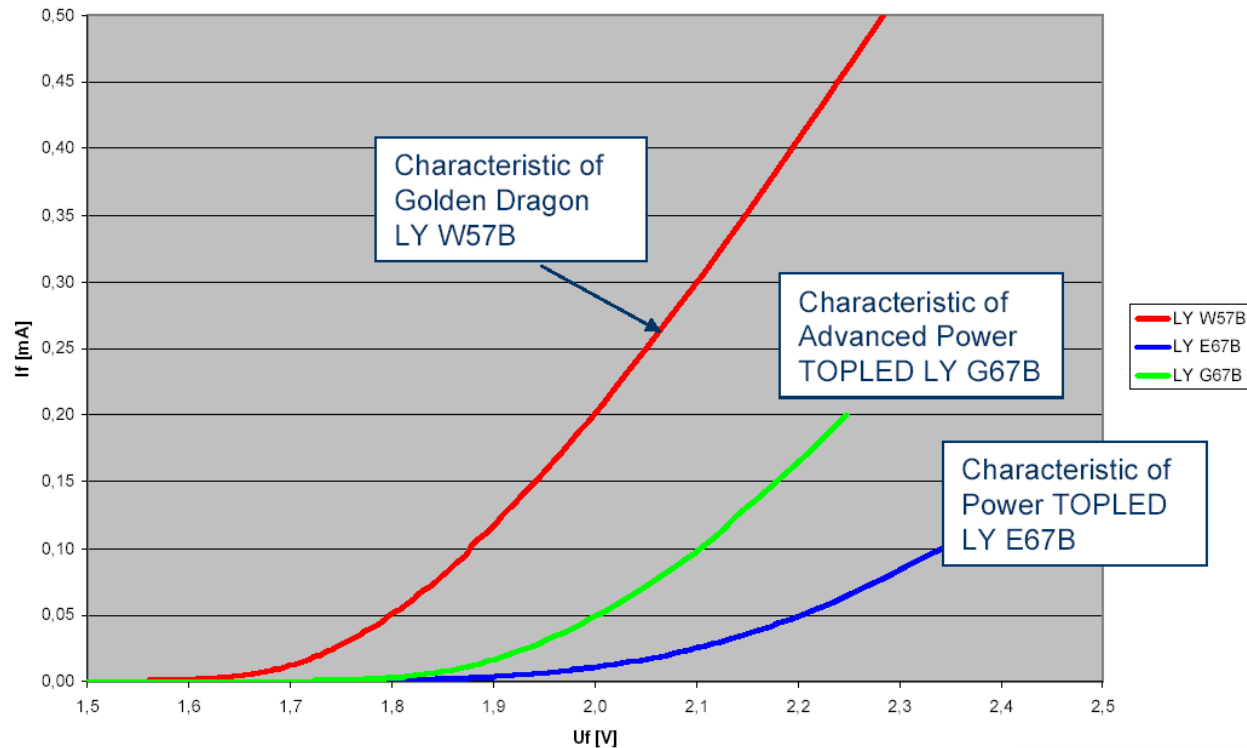
■ LASER

- Light amplification by stimulated emission of radiation
- Egy speciális kvantumjelenség, az ún. indukált emisszió
 - Egy beeső foton hatására egy gerjesztett elektron visszatér a vegyértéksávba
 - A energiáját egy fotonnak adja át, ami pontosan fázisban van a beeső fotonnal
- A lézerműködés feltétele
 - Nagy gerjesztett elektronsűrűség (egy biz. áramnál nagyobb áram folyjon a diódán, ez az ún. küszöbáram. Ez alatt a lézerdióda LED-ként viselkedik)
 - Nagy fotonsűrűség
 - Optikai rezonátort alakítanak ki



Lézerdióda	LED
Indukált emisszió	Spontán emisszió
Keskeny spektrum (<10nm)	Széles spektrum (40-200nm)
Koherens	Nem koherens

Elektromos karakterisztika



■ Elektromos szempontból egy dióda

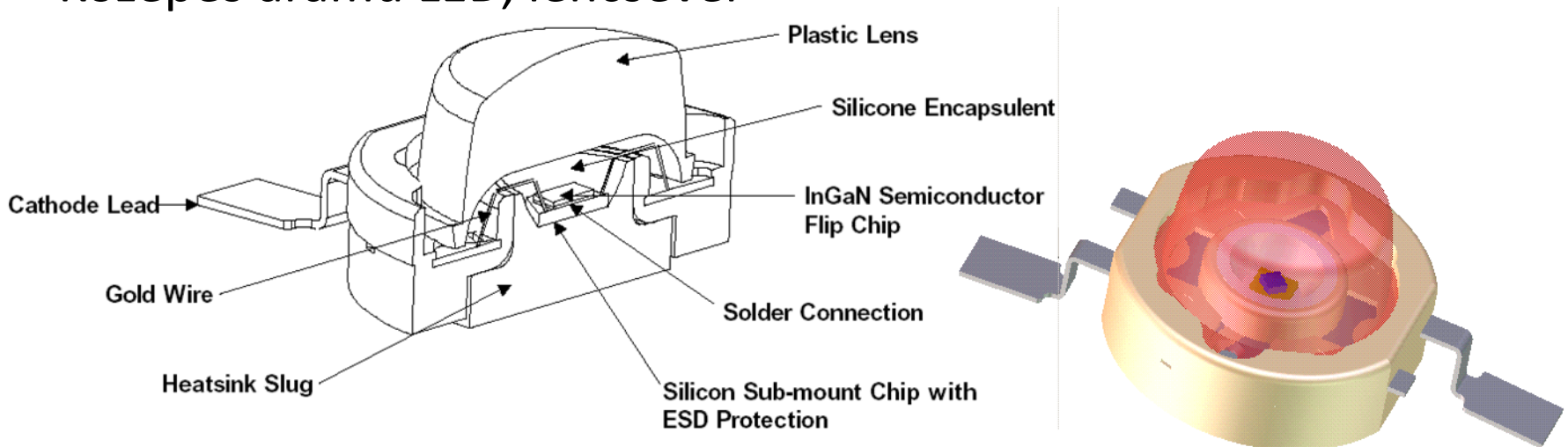
- Kisebb hullámhossz: ugyanakkora áramhoz nagyobb feszültség tartozik.
- **Nyitó áram:**
 - kisteljesítményű, hagyományos LED-ek: ~20 mA
 - nagyteljesítményű LED-ek: 300 mA ... 800 mA ...1500 mA

Tokozás

■ Kisáramú LED

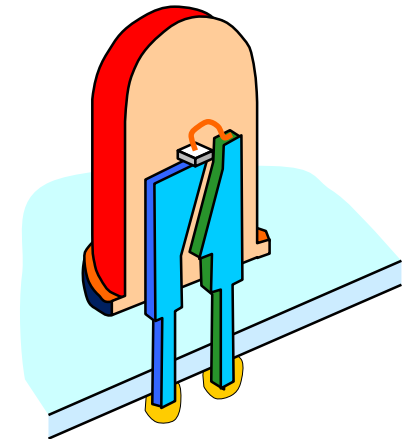


■ Közepes áramú LED, lencsével

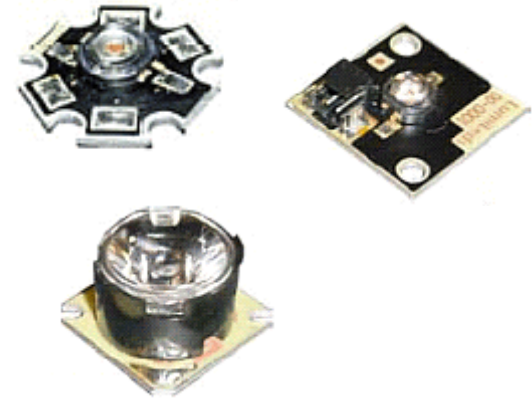


Radial LED

Chip 250 x 250 μm



Nagyáramú LED-ek (fényforrások)



- MCPCB – metal core printed circuit board
 - Alumíniumból készült hordozó, a felülete oxidált (hogy elektromosan szigeteljen...)
 - Jó hővezető

LED-ek meghajtása

■ Definíciók

- WPE (Wall Plug Efficiency)

- A LED által kibocsátott fénytéljesítmény és a LED elektromos teljesítményének hányadosa

- $$WPE = \frac{P_{OPT}}{P_{EL}}$$

■ A karakterisztika diódához hasonló, ezért árammal történik a meghajtás

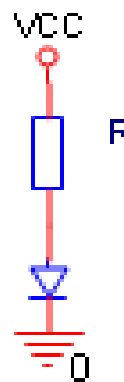
- Feszültséggenerátor és előtét ellenállás

- Az előtét ellenálláson teljesítmény esik, ami rontja a hatásfokot.
- A feszültség megváltozása nagy áramváltozással jár, ami a kibocsátott fény intenzitásában is látható lesz.

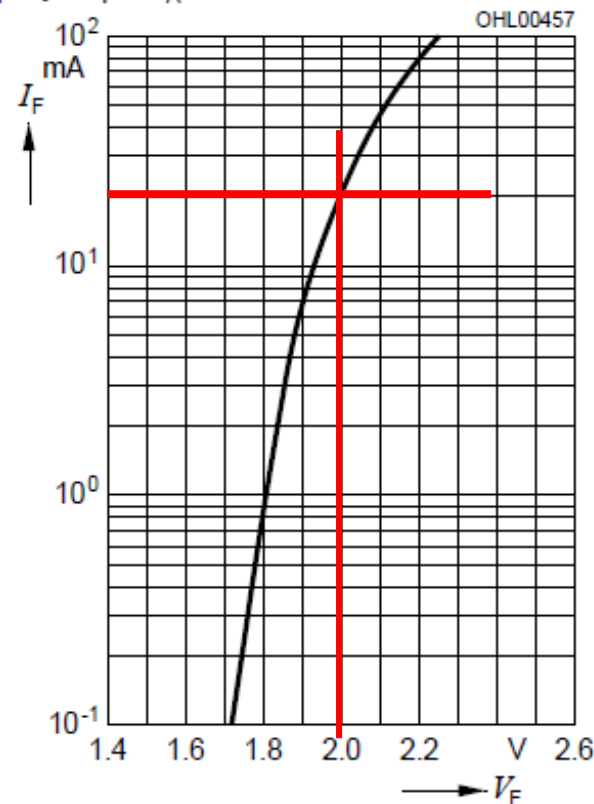
- Áramgenerátor

- DC/DC konverter IC áramgenerátor üzemmódban.

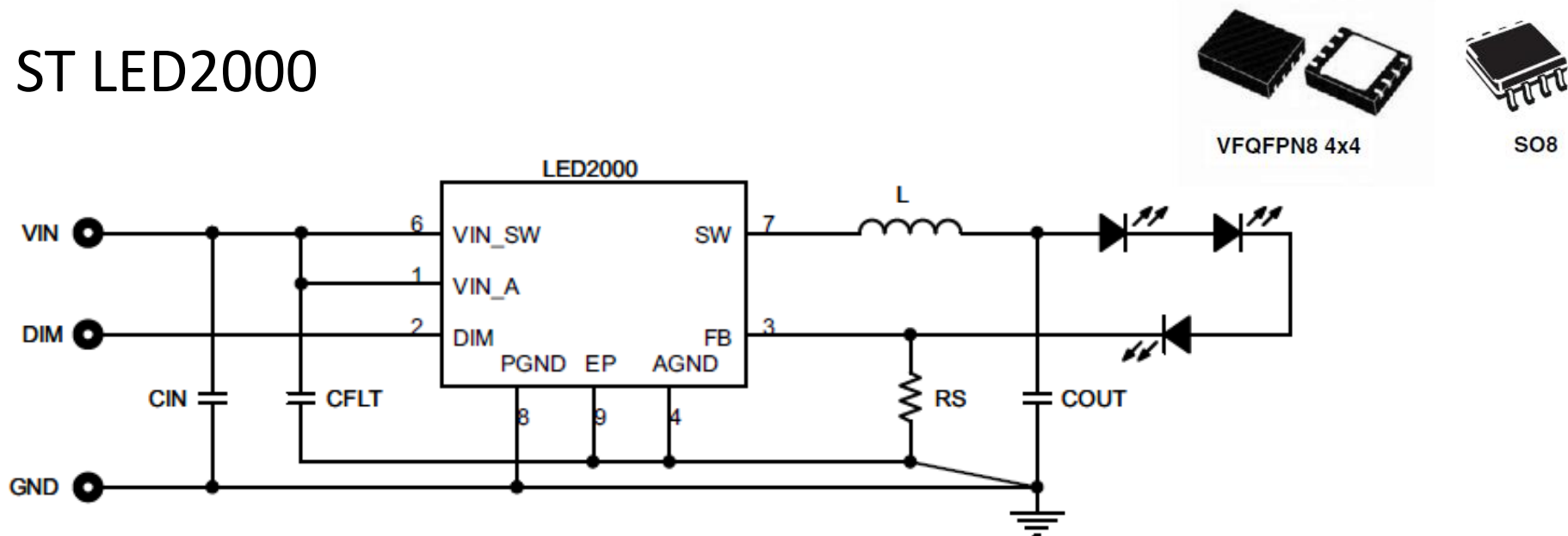
- Egy zöld színű LED-et szeretnénk egy 3,3V-os tápfeszültségről a 20mA munkapontban működtetni. A LED karakterisztikája adott.
- A kapcsolási rajz a következő:
 - Az $I_L=20\text{mA}$ -es ponthoz $U_L=2\text{V}$ feszültség tartozik a karakterisztika alapján.
 - A szükséges ellenállás tehát:
 - $R = \frac{V_{CC}-U_L}{I_L} = \frac{3,3-2}{20} = 65\Omega$
- Látható, hogy az előtét ellenálláson hővé alakuló energia a teljes rendszer hatásfokát rontja.
 - Éppen ezért nagyáramú, világítástechnikai célokra szánt LED-ek esetén nem előtétellenállást, hanem LED meghajtó áramköröket alkalmaznak.



Durchlassstrom²⁾ Seite 15
 Forward Current²⁾ page 15
 $I_F = f(V_F); T_A = 25^\circ\text{C}$



ST LED2000



- Halogénizzó helyettesítésére

- 3-18V bemenő feszültség, max. 3A kimeneti áram
- 850kHz-es kapcsolóüzemű működés.
- PWM dimmelhető
- 4mm×4mm a tokozás
- 3 kapacitás, egy energiatároló tekercs és egy ellenállás a külső alkatrész szükséglet. (a nagy frekvencia miatt kisebb méretű alkatrészek elegendőek.)

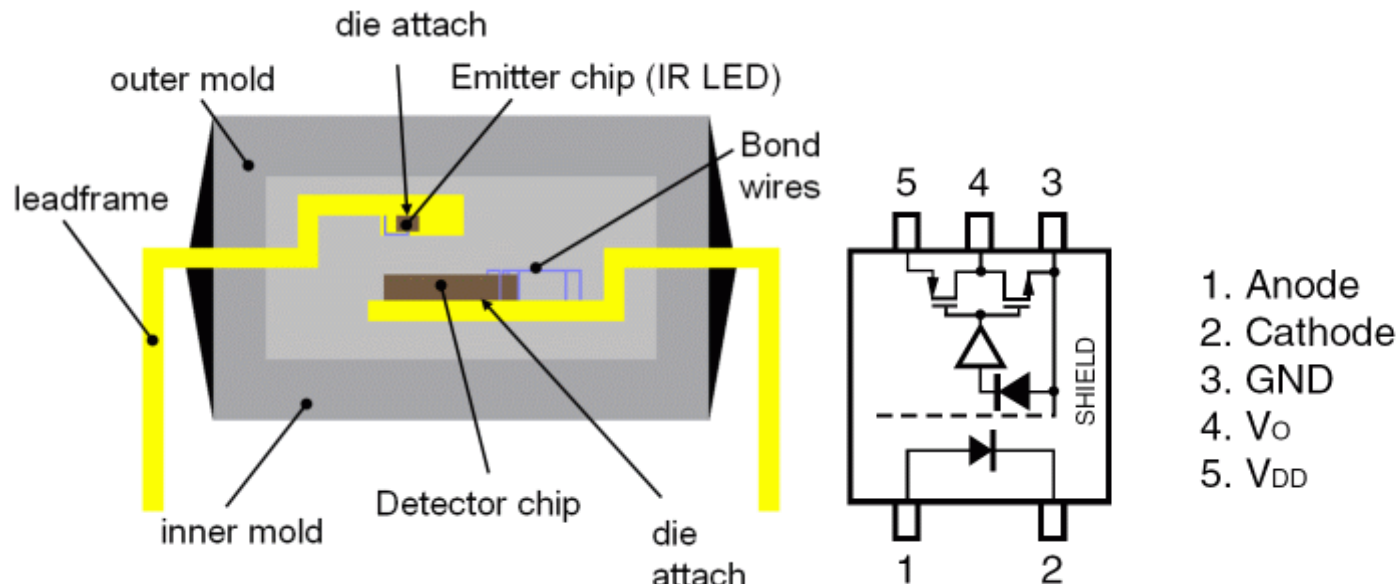
Kommunikáció

- Vezeték nélküli kommunikáció (IR)
 - Egyszerű felépítés, „veszélytelen” hullámhossz.
 - Többé kevésbé optikai rálátás szükséges.
 - ASK vagy FSK a kommunikáció
- Üvegszálak kommunikáció
 - LED helyett általában lézerdióda az adó
 - Akár sok Tbit/s sávszélesség, akár sok ezer km hosszan is.
 - Elektromos zajtól, zavartól védett
- Optikai adattárolás
 - A megvilágítás kisenergiájú lézerrel történik.
 - Írható tárolók esetén az íráshoz nagyenergiájú lézerfényt használnak



Optocsatolás

- **Galvanikusan szeparált** adatátviteli út kialakításához használt.
 - Galvanikusan szeparált: nincs elektromos összeköttetés a két rendszer között.
 - Ez sok előnnyel és nagy biztonsággal jár.
- Bemenet: pl. GaAs LED
- Kimenet: Si fotodióda + kimeneti interfész (pl. CMOS logikai áramkör)





Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem
Elektronikus Eszközök Tanszéke

Folyadékkristályos (LCD) kijelzők

Folyadékkristály

- Friedrich Reinitzer osztrák botanikus, 1888 koleszteril-benzoát kísérlete
 - A kristály 145°C -on megolvadt, zavaros folyadékká alakult, majd 179°C -on tiszta folyadékká alakult át.
 - Tehát van egy olvadáspont és egy ún. tisztulási pont.
 - Az alkalmazásra 1968-ig várni kellett.
- Speciális, szerves anyagok
 - Átmeneti állapot a szilárd test és a folyadék halmazállapot között
 - Mechanikai tulajdonságaik a folyadékokra emlékeztetnek
 - Optikai, dielektromos és egyéb tulajdonságaik viszont kristályokra jellemző anizotrópiát mutatnak.
 - Átlátszóak, de képesek a beeső fény polarizációját elforgatni.
 - A folyadékkristályos állapot viszonylag széles hőmérséklettartományban fennáll
 - A folyadékkristály molekulái úgy rendeződnek, hogy egy irányba álljanak, de külső hatással könnyen megváltoztatható.

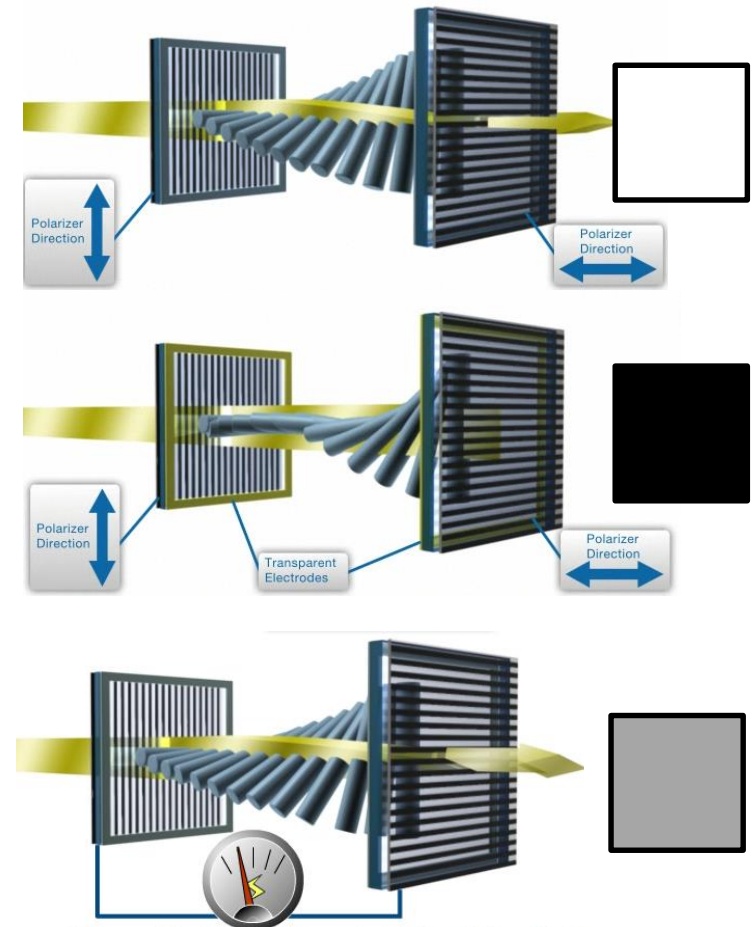
Folyadékkristályok

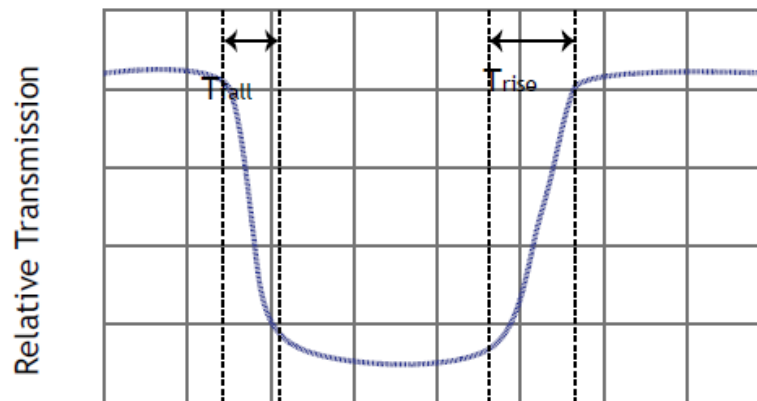
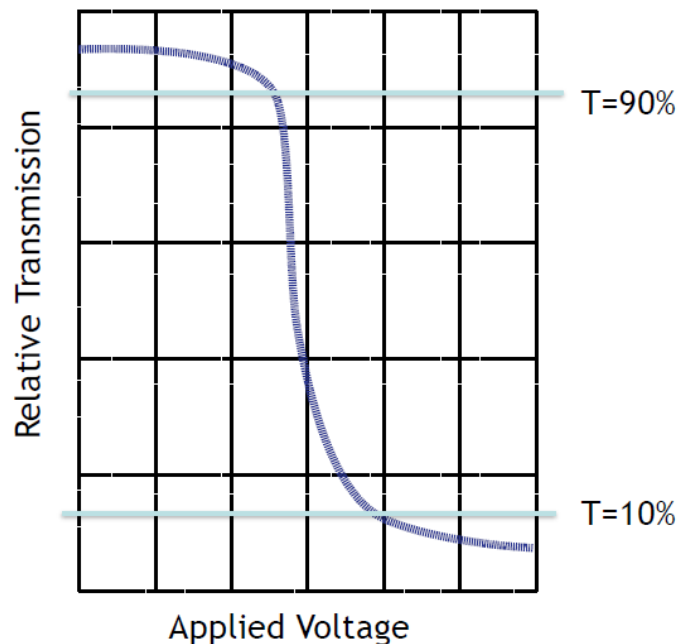
- Elég sok típusuk van.
- Kijelzésre az ún. nematikus folyadékkristályokat használják.
- Hosszú, pálcikaszerű molekulák, amelyek külső hatás hiányában párhuzamosan rendeződnek.
 - (kristályra jellemző)
- A tömegközéppontok azonban nem szabályosak
 - (folyadékra jellemző)



A működés elve

- A folyadékkristályt két üveglap közé helyezik.
 - Az üveglap belső oldalán szabályos kisméretű orientáló réteget helyeznek el.
 - „direktor” réteg
 - A legegyszerűbb esetben a folyadékkristály molekulák 90° -ban fordulnak el.
 - Azaz a beeső fény polarizációját szintén 90° -ban fordítják el.
 - A mindkét üveglapon kívülről polarizáló réteget helyeznek el, szintén egymásra merőleges irányban.
 - Így a fény keresztüljut a cellán.
- Ha térerősséggel megváltoztatjuk a folyadékkristály orientációját
 - A fény nem jut keresztül a cellán, elsötétedik.
 - Megfelelő vezérléssel szabályozható a fény intenzitása





- A folyadékkristályos cella kb. $5-10\mu\text{m}$
- Az optikai hatás eléréséhez kb. 3V szükséges
 - Az elsötétítés gyorsabb, hiszen a molekulák a térerő irányába próbálnak fordulni.
 - A vezérlés megszüntetésekor idő szükséges (ms nagyságrendű), hogy spontán visszarendeződjön az eredeti csavart állapotba.

Megvilágítás

■ Reflektív

- Nincs külön megvilágítás, a beeső fény kelti a hatást, amely a hátoldali tükörről verődik vissza

■ Transzmisszív

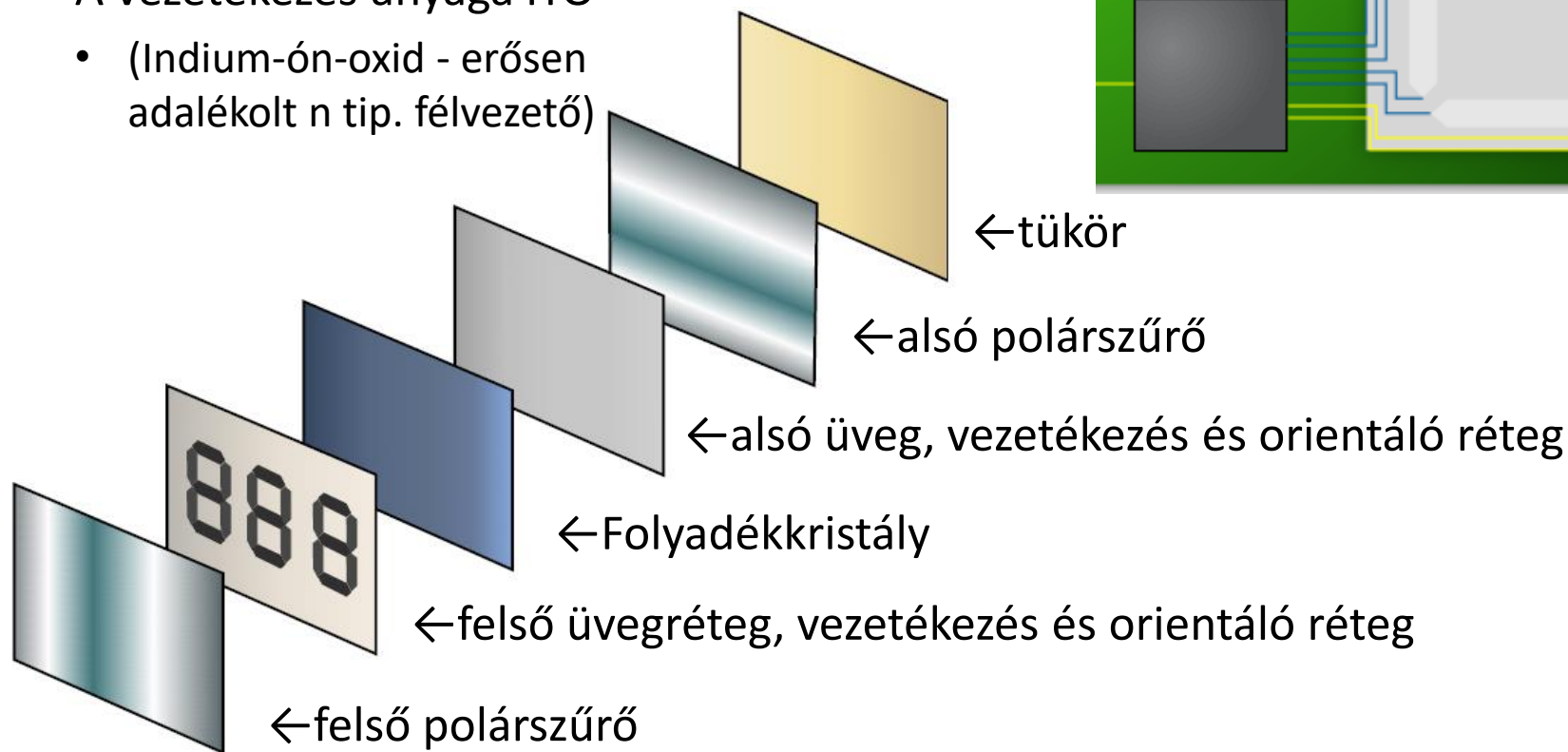
- Van háttérmegvilágítás, általában LED vagy hidegkatódos fénycső (CCFL)

■ Transzreflektív

- Erős fényben, pl. napsugárzás esetén reflexióval, egyébként pedig saját háttérmegvilágítással működik.

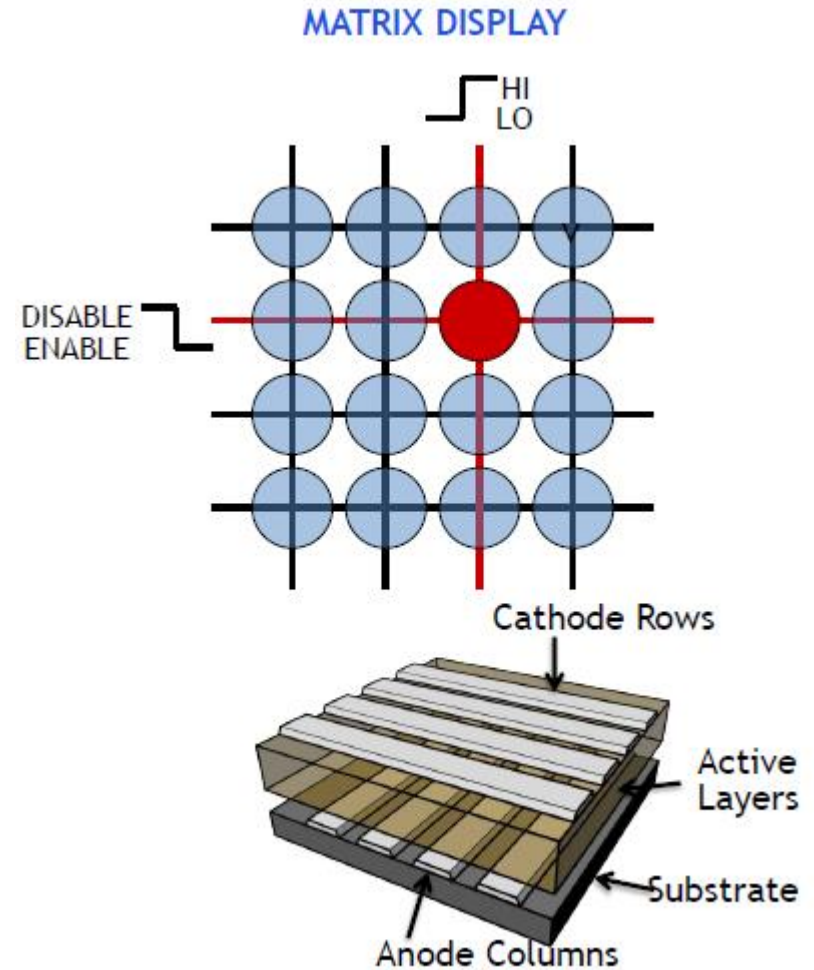
Direkt címzésű kijelző

- A legegyszerűbb kijelzők
 - Órák, számológépek stb.
 - Az egyes pixelek egyesével címezhetők.
 - A vezetékezés anyaga ITO
 - (Indium-ón-oxid - erősen adalékolt n tip. félvezető)

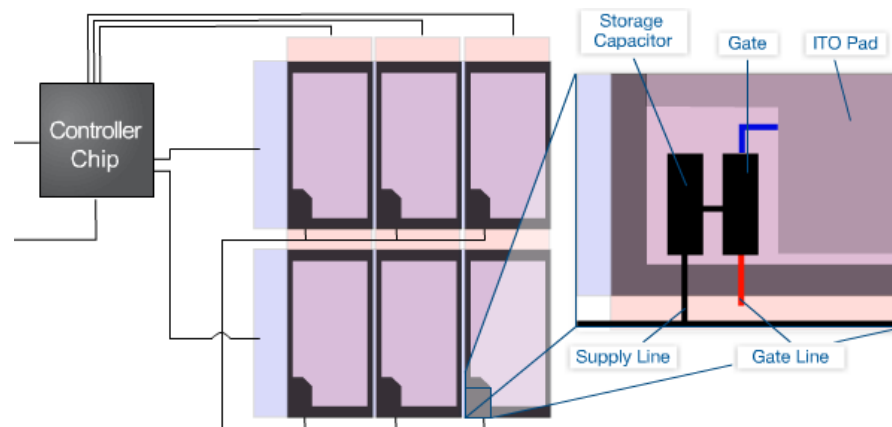


Passzív mátrix

- A felső elektródán függőlegesen, az alsó elektródán pedig vízszintesen fut a fémezés.
- A kereszteződés lesz a pixel
- A vezérlés nem egyszerű
 - Nem közvetlenül egyenfeszültséget kapcsolnak rá, hanem négyszögjeleket.
 - A kijelzés soronként történik, pásztázással
 - A nem aktivált sorban is zavart kelt
 - A kontrasztarány romlik a sorok számának növekedésével.
 - STN – szuper csavart nematikus folyadékkristály. Nem 90° , hanem 270° -ban csavarodik, így a kontraszt jobb lesz.
 - DSTN – két réteg, amely ellenkező irányban csavarodik.



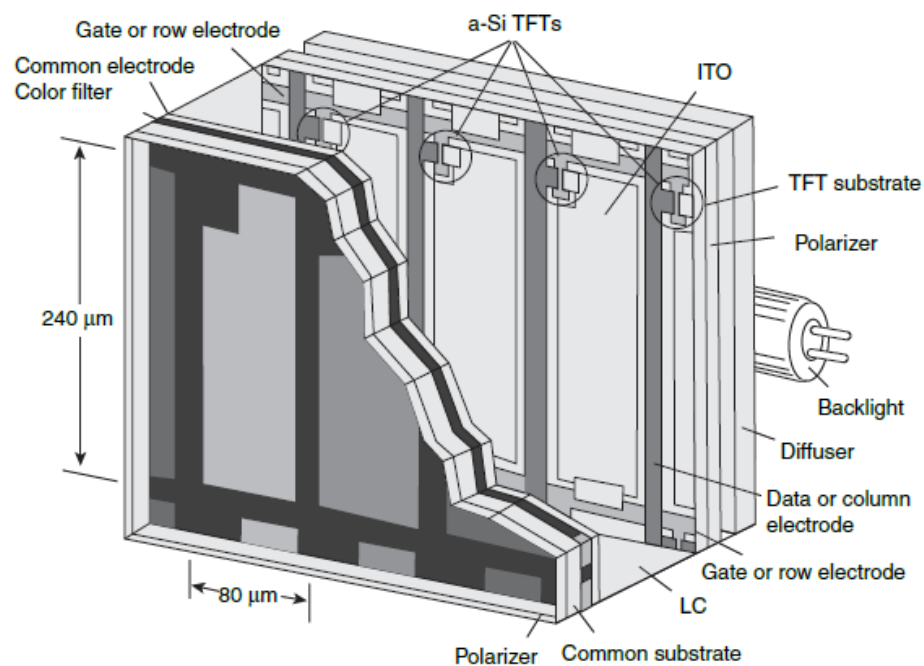
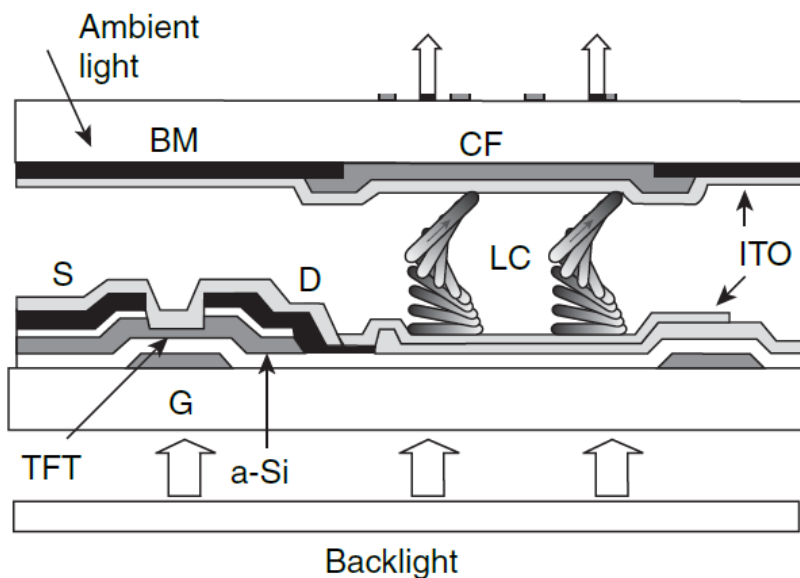
Aktív mátrix (TFT) kijelzők



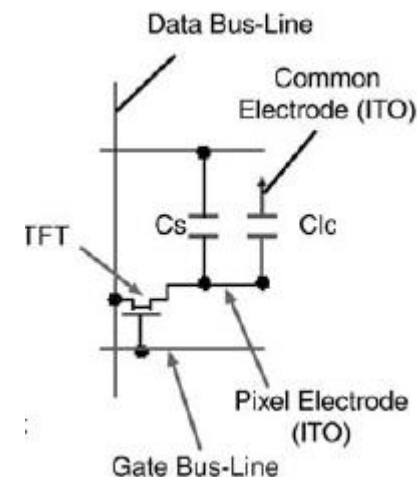
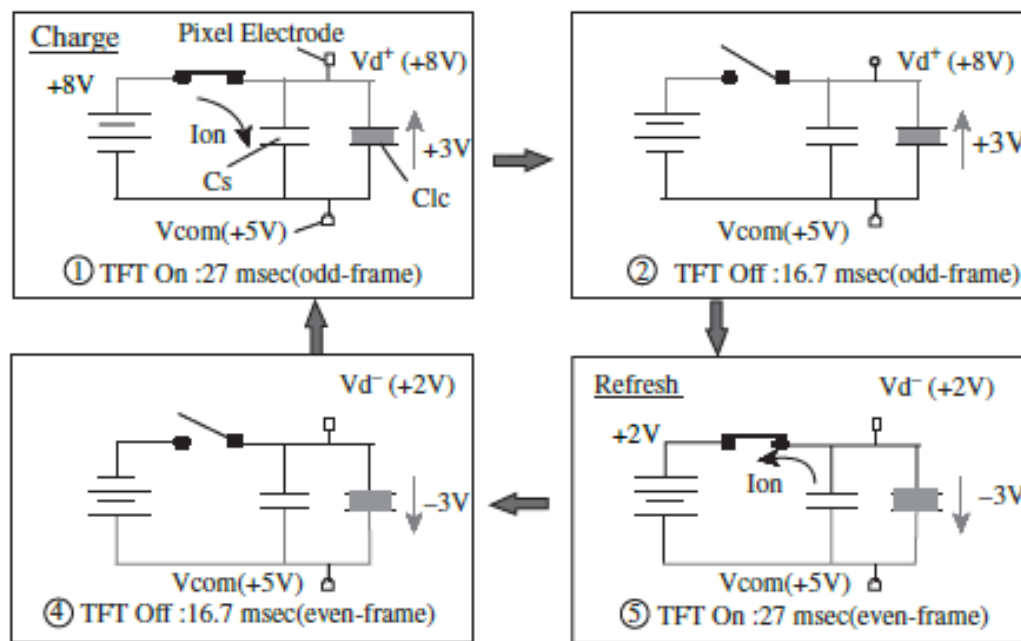
- Tranzisztort használnak minden egyes pixel (színenként) ki/be kapcsolásához.
 - A tranzisztorokat az üvegre integrálják.
 - A képpontok egyesével címezhetők
 - Pl. egy 1920×1080 kijelző esetén több, mint 6 millió képpont van.
 - Pl. 6 hibás képpont 1ppm hibaarányt jelent...

TFT

- TFT: thin film tranzistor, vékonyréteg tranzisztor
 - Amorf szilíciumból készül.
 - MOS tranzisztor, de sokkal rosszabb paraméterekkel.



- A TFT bekapcsolásához kb. 20V, kikapcsolásához kb. -5V szükséges.
 - Ebben az esetben a be és kikapcsolt tranzisztor áramának aránya kb. 10^6
 - A folyadékkristály károsodik, ha sokáig nagy egyirányú térerősségnek teszik ki
 - Ezért képenként átkapcsolják a polaritást
- A cella hasonlít a DRAM-hoz

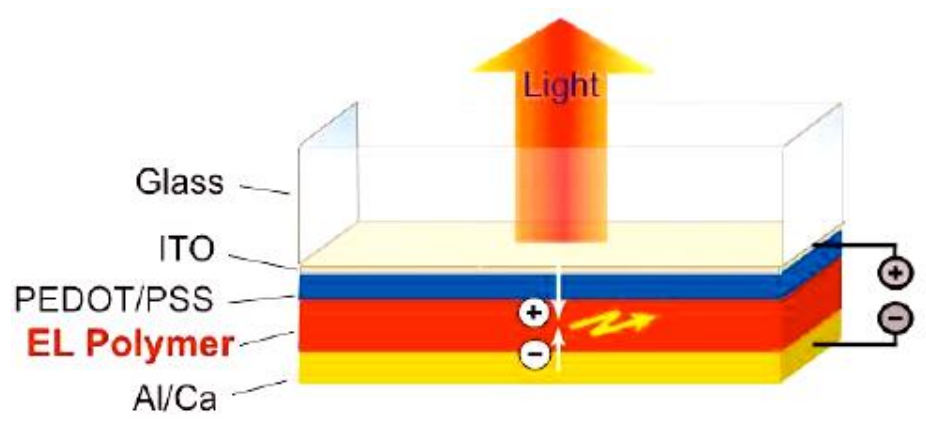


OLED – szerves világító dióda



OLED – organic LED

- Szerves vegyületek, amelyen, ha áram halad keresztül, fényt bocsátanak ki.
- (a középső polimer rétegben zajlik a rekombináció, fénykibocsátással)
- Az fénykibocsátó anyag kémiai összetételétől függ a szín.



OLED

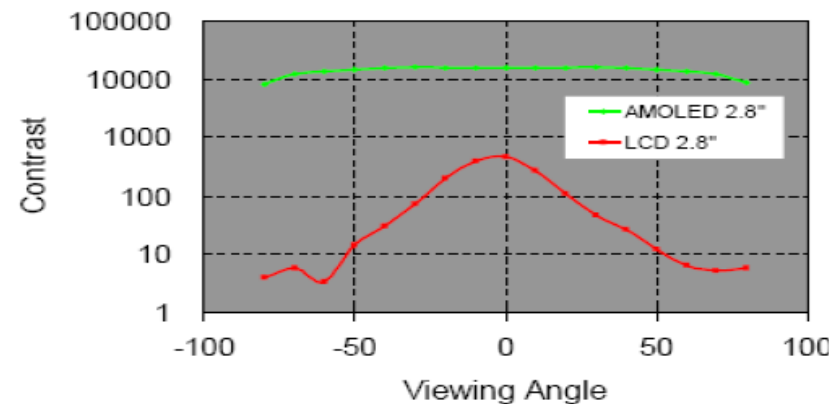
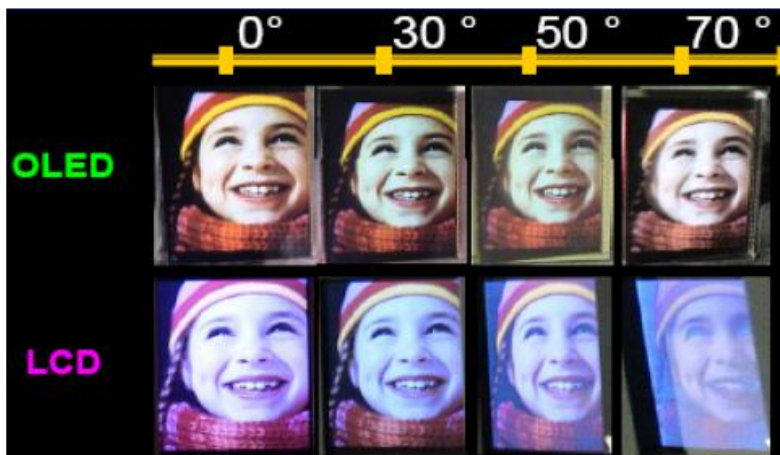
■ Két irányba fejlődik

- Kijelzők területe – az LCD kijelzők vetélytársa
- Világítás
 - Itt vélhetően nagy jövő előtt áll
 - Nagy felszínű, extrém vékony, hajlékony, energiatakarékos világítás
 - Környezetbarát, hiszen nagyon minimális anyagot tartalmaz



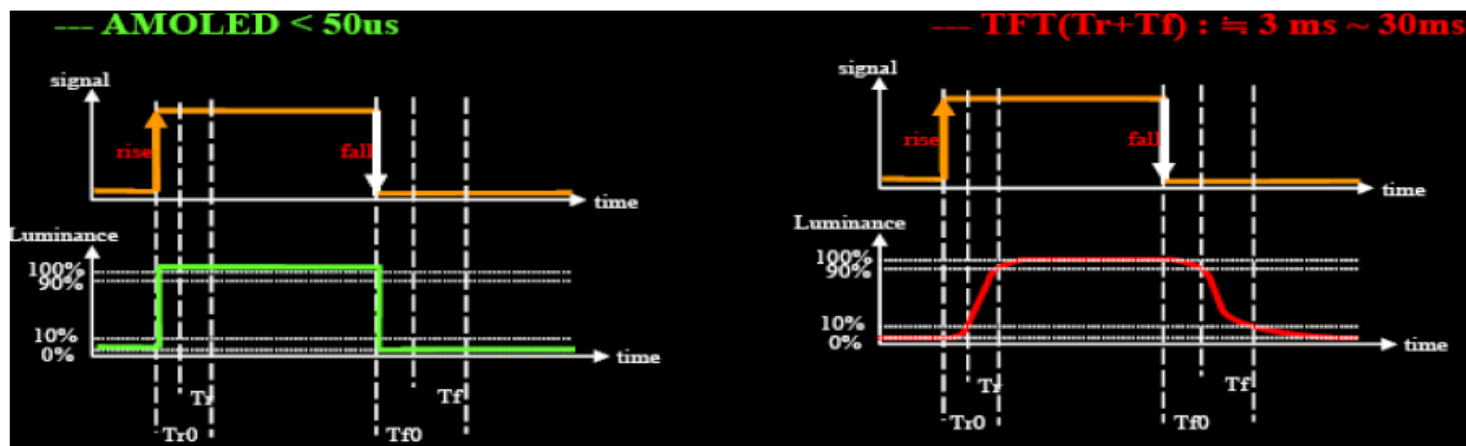
AMOLED – aktív mátrix OLED

- Minden egyes pixel hasonlóan vezérelt, mint az aktív TFT esetén.
 - Nincs azonban háttérvilágítás! Itt maga a pixel világít, amit a tranzisztorkal lehet ki és be kapcsolgatni.
 - Emiatt sokkal vékonyabb a kijelző és flexibilis.
- Előnyök
 - A TFT-hez képest a kontraszttarány jobb
 - Kevésbé változik a kontraszt a betekintési szögtől



■ Gyors

- $\sim 10\mu\text{s}$ a válaszidő, a néhány ms az aktív LCD-vel szemben.
- (a fényforrást AMOLED esetén a TFT tranzisztor kikapcsolja.)



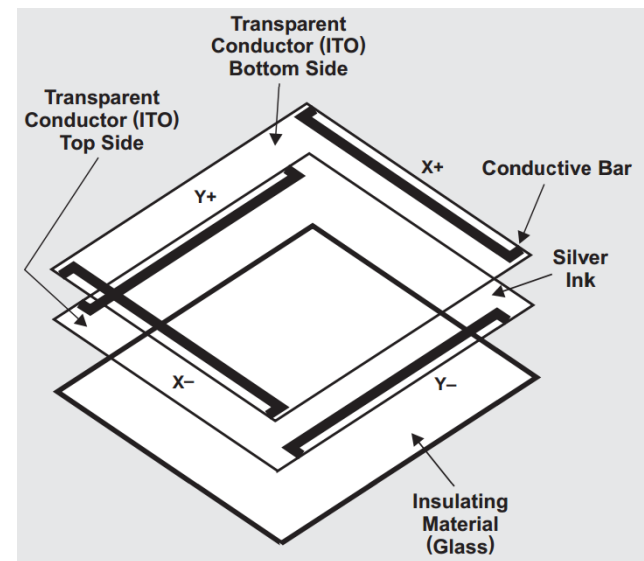
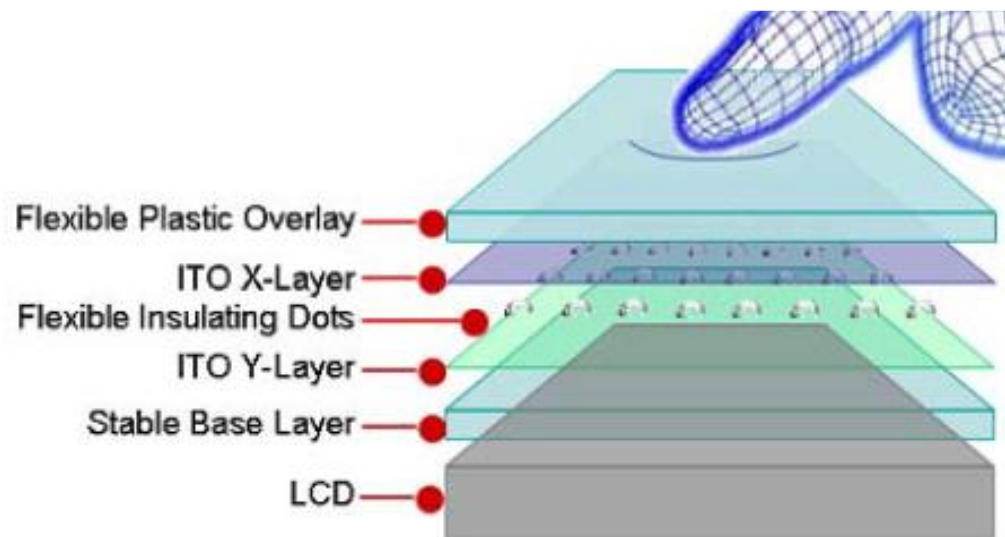
- Az elektromos fogyasztás függ a képtartalomtól
 - (LCD esetén a fogyasztás állandó – a háttérvilágítás fogyasztása)
- A panel élettartam $\sim 100\,000$ óra, de kezdetben $\sim 20\,000$ óra volt
 - Élettartam: az az idő, ami alatt a fényintenzitás a felére csökken



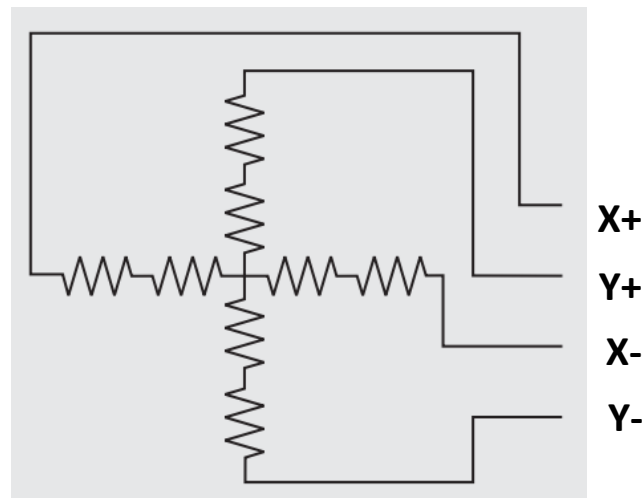
Érintésérzékelés

Ellenállásváltozáson alapuló
Kapacitásváltozáson alapuló

Rezisztív érintőképernyő



- ITO = indium-ón-oxid. Átlátszó vezető anyag.
 - Megnyomáskor a két vezető réteg összeér, az X és az Y között.
 - Két lépcsőben történik a kiolvasás, irányonként
 - (valójában egy ellenállásmérés történik...)



- Először az X rétegre feszültséget kapcsolva az Y vezetéken a X koordináta leolvasható (feszültségosztás)
- Utána ugyanezt megismételve az Y rétegre, most az Y koordináta határozható meg feszültségméréssel.
- Ezt gyorsan egymásután végezve a megnyomás (X,Y) koordinátája könnyen előállítható.

Rezisztív érintőképernyő

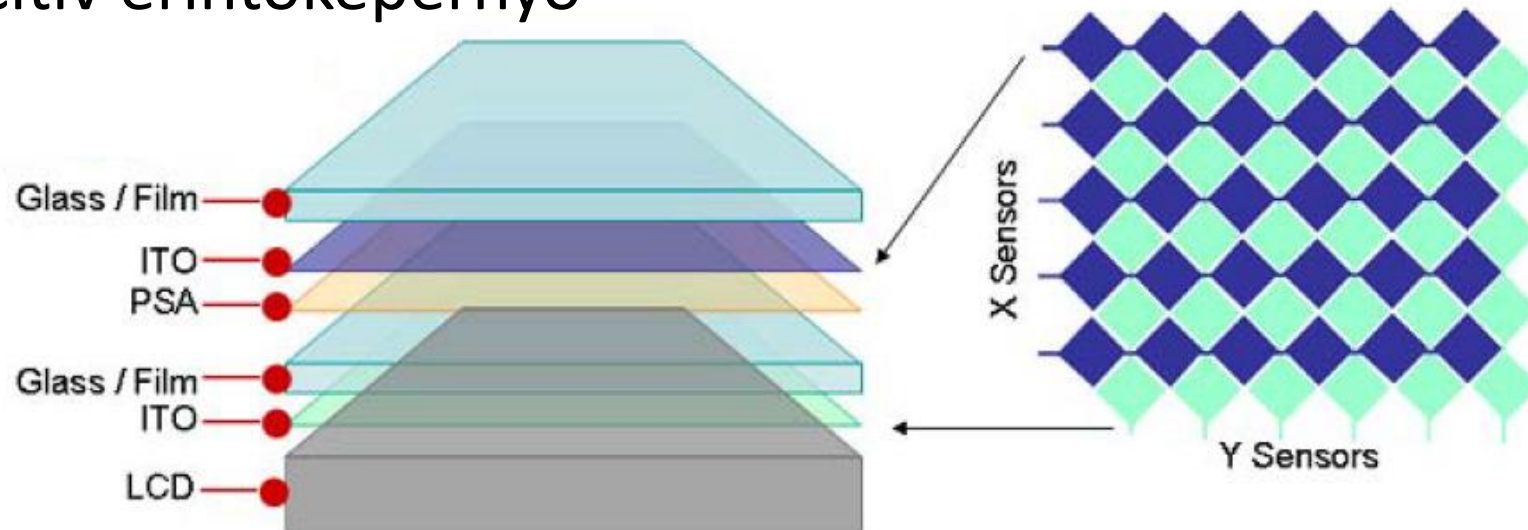
■ Előnyök

- Nagyon egyszerű felépítés.
- Kesztyűvel, más tárggyal nyomva is működik
- Szennyeződés nem befolyásolja a működést
- (ipari környezet, közforgalmú berendezések stb...)

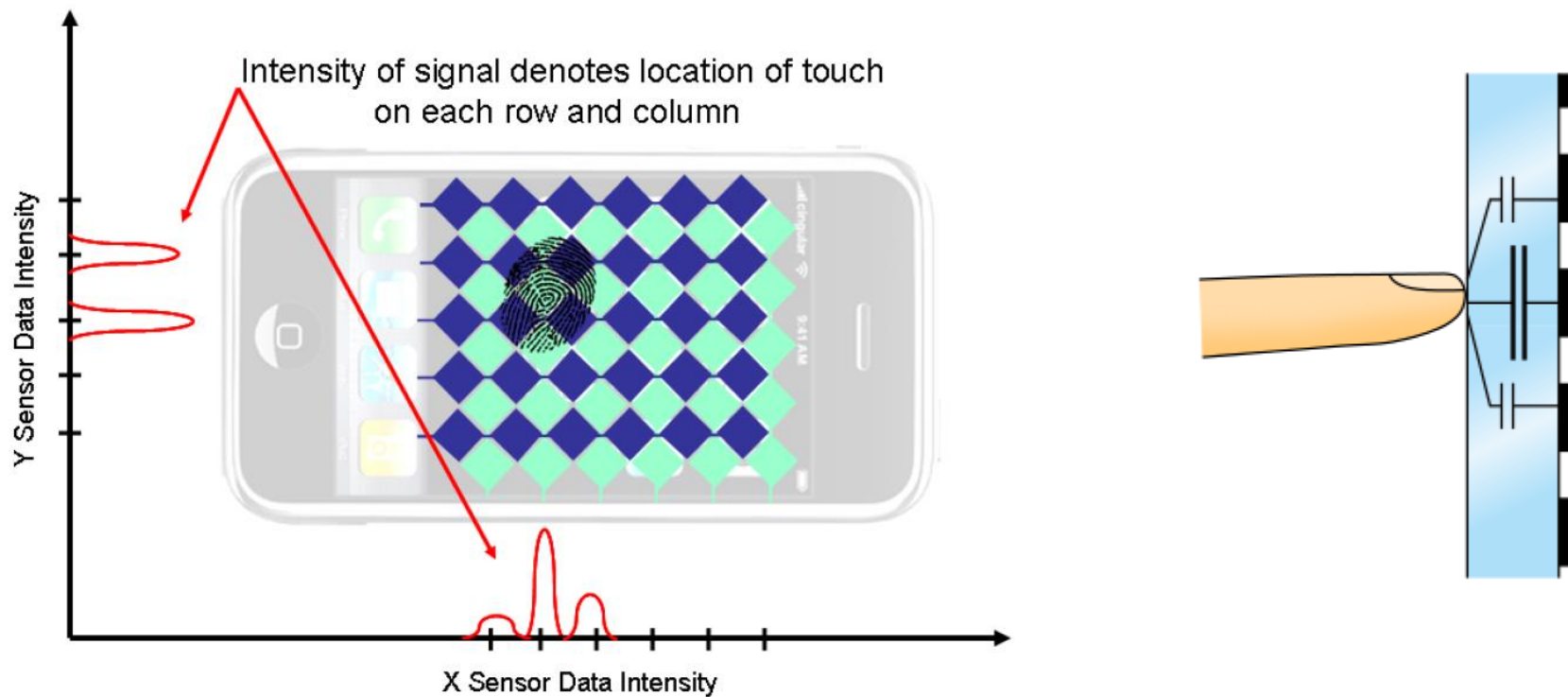
■ Hátrányok

- Bár az ITO réteg vékony, az átlátszóság 75-80%.
- Ha az ITO réteg nem teljesen egyenletes vagy sérül, nem lesz lineáris a feszültségesés, így a kiolvasás hibás lehet.
- Nagy pontosságú feszültségmérés szükséges, min. 10-12 bit
- A fedőréteg megsérülhet
- Felépítésből adódóan nincs lehetőség többszörös érintésre (multitouch...)

Kapacitív érintőképernyő



- (ún. projected capacitance)
- Az x és y szenzorok egyesével címezhetők, kapacitásuk kb. 10-20pF.
 - Az emberi ujj érintésére a kapacitás kb. 0.5pF-ot megváltozik
 - Mérésük: gyors feltöltés, majd egy adott ellenálláson a kisütési idő mérése.
- A vezérlő folyamatosan letapogatja és méri a pixeleket



- Az X és Y szenzorok intenzitásának átlagolásával pontosabb koordináta érhető el.
- Jóval kisebb felbontás elegendő

Kapacitív érintőképernyő

- Előnyök
- Jó átlátszóság > 90%
- Többszörös érintés kezelhető (multitouch)
- Vékony kesztyű használható
 - (orvosi alkalmazások, gumikesztyűt pl. nagyon fontos, hogy lehessen használni.)