



OLED fényforrások

Gröller György, Molnár Károly, Nemcsics Ákos
Óbudai Egyetem, Kandó K. Villamos Kar
Mikroelektronikai és Technológiai Intézet

A polimer elektronika kialakulása

Tudományos, ipari oldal

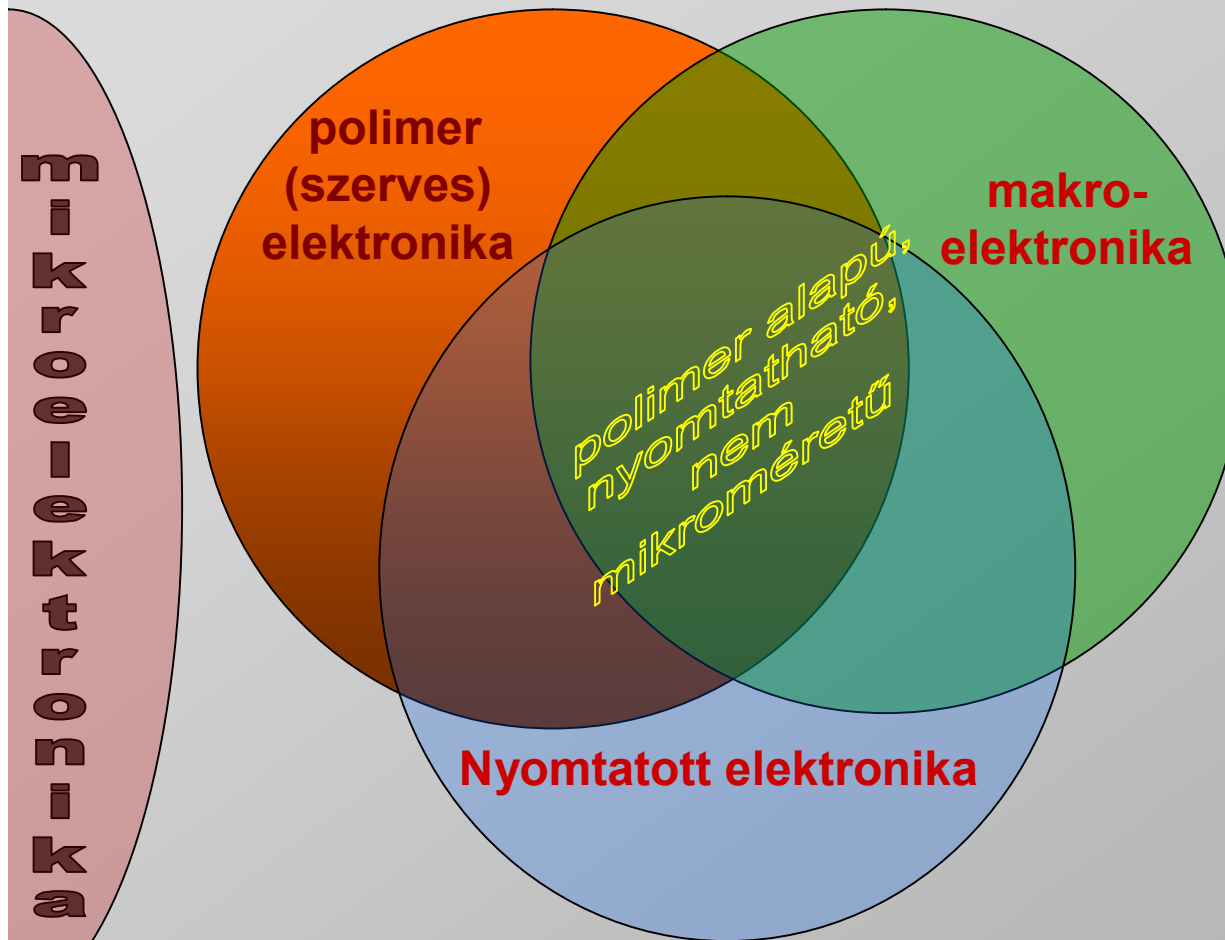
- Félvezető, vezető tulajdonságú szerves molekulák, polimerek ('90-es évekig)
- Nobel díj: 2000
- Alkalmazási- működési-technológiai fejlesztések, kísérleti gyártás
- Első ipari termékek (2000 után)

Fogadó (piaci) oldal

Igény ~

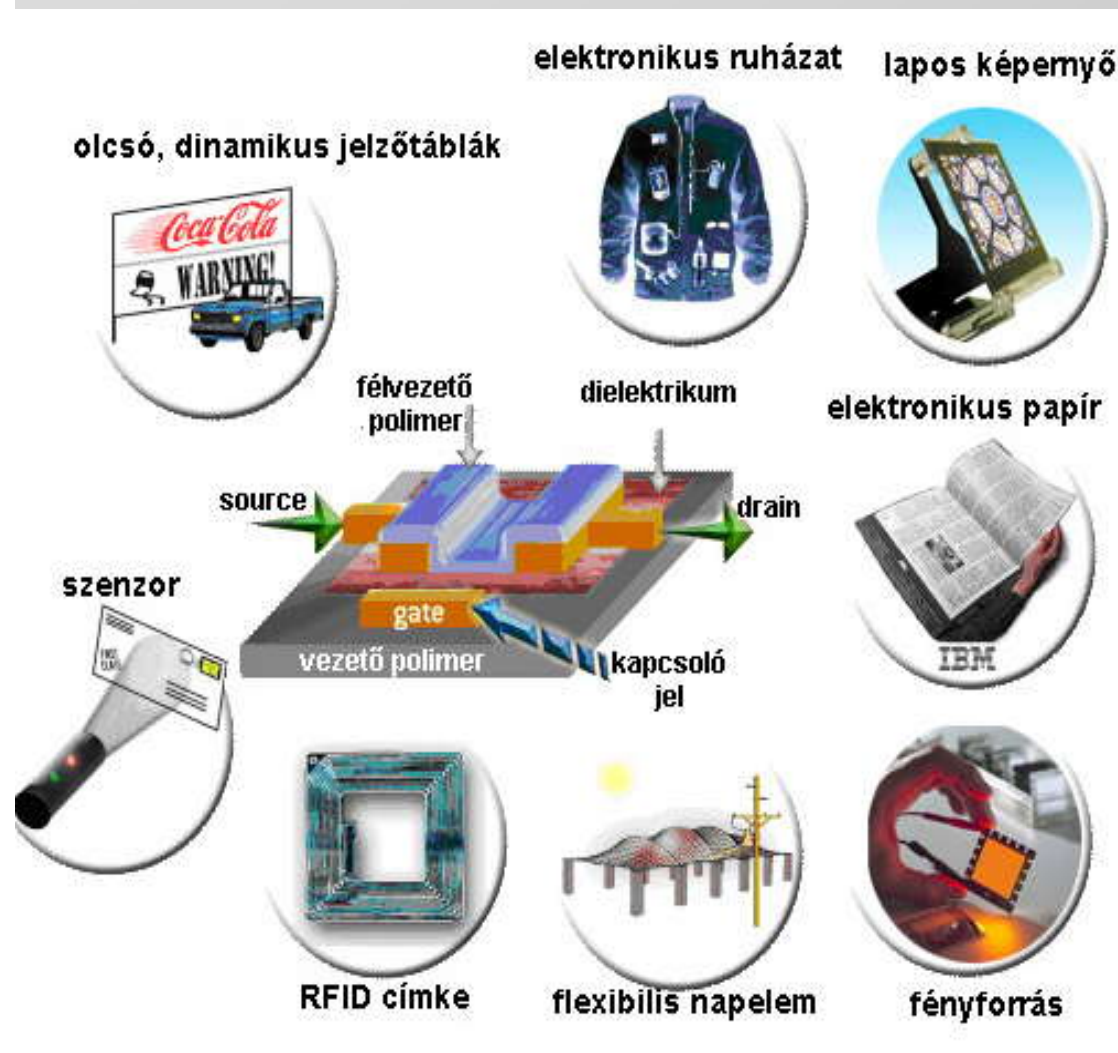
- nagy méretű elektronikus eszközökre: lapos képernyők, napelemek
- (vágy) hajlékony, papírszerű hordozójú kijelzőkre
- nagy sorozatú, rövid élettartamú eszközökre („eldobható elektronika”)

A polimer elektronika



- **A közös terület a fontos**
 - Olcsó alapanyag
 - Egyszerű, nagy teljesítményű technológia
 - Nagy méretű eszközök
- **Közös név nincs.**

Termékek, ötletek



OFET tranzisztor

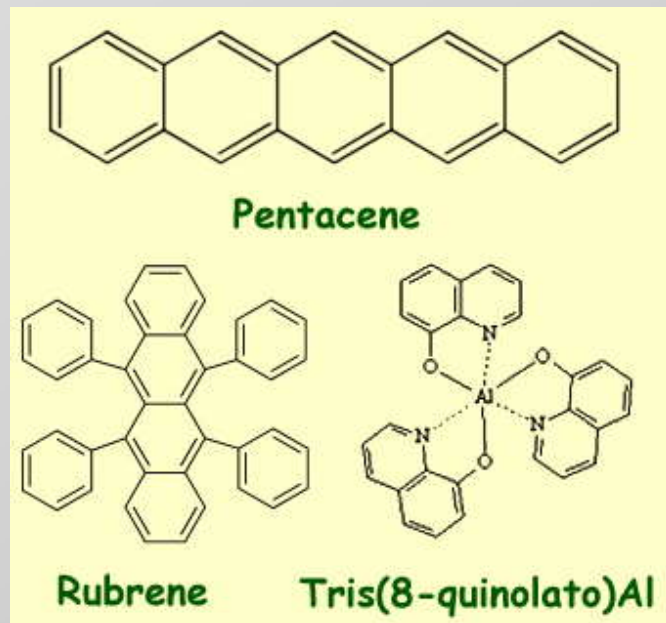
- tisztán szerves anyagokból
- tintasugaras nyomtatással előállítható

Bármely további makroelektronikai eszköz vezérlése megoldható

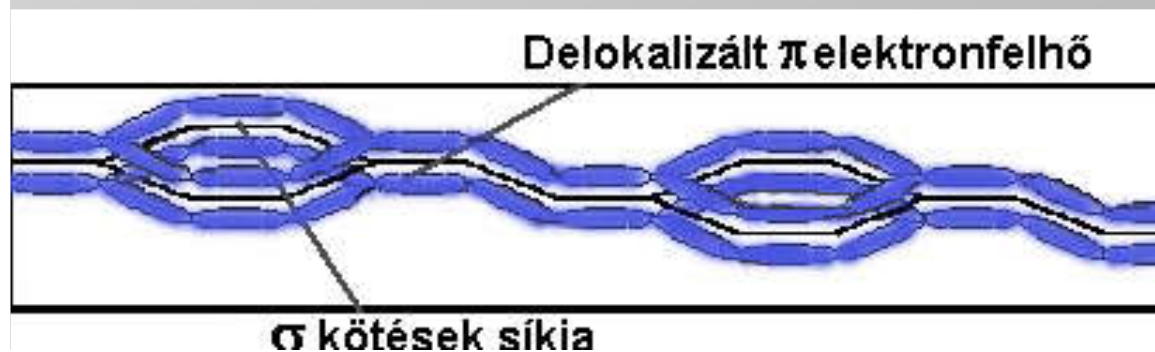
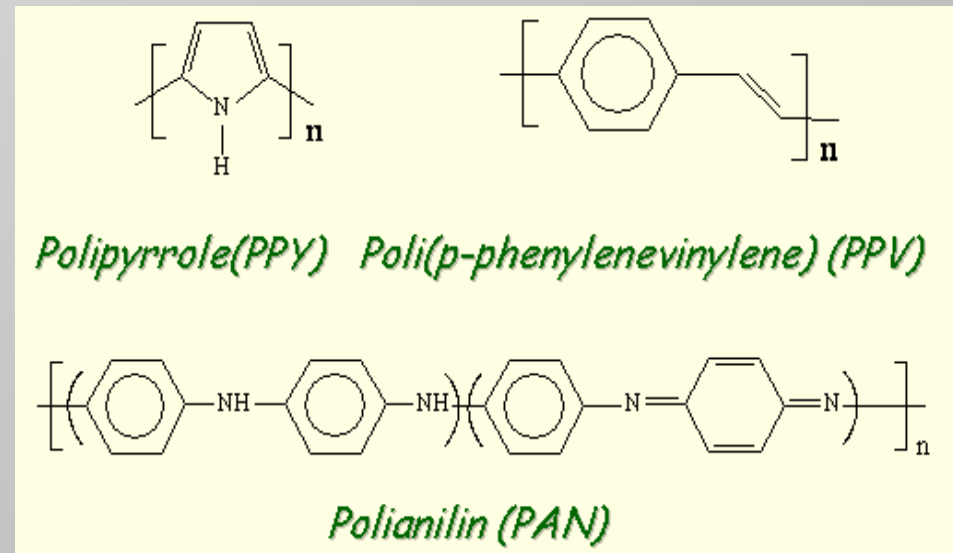
Alapanyagok



Kis szerves molekulák



Polimerek

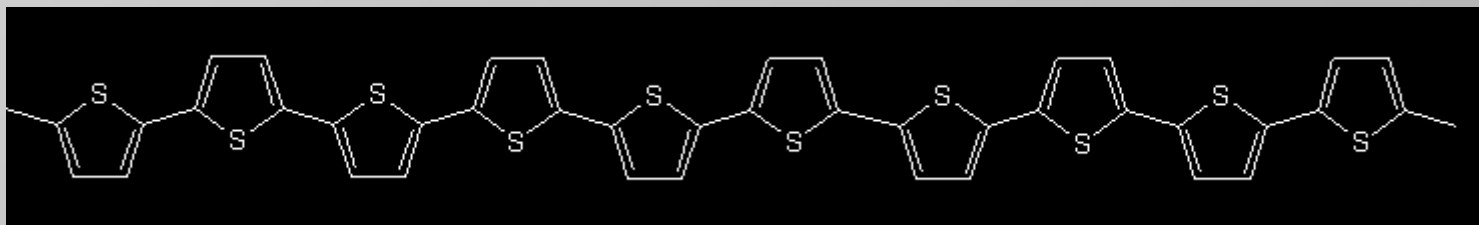


Közös a konjugált kettőskötés-rendszer

A vezetés mechanizmusa



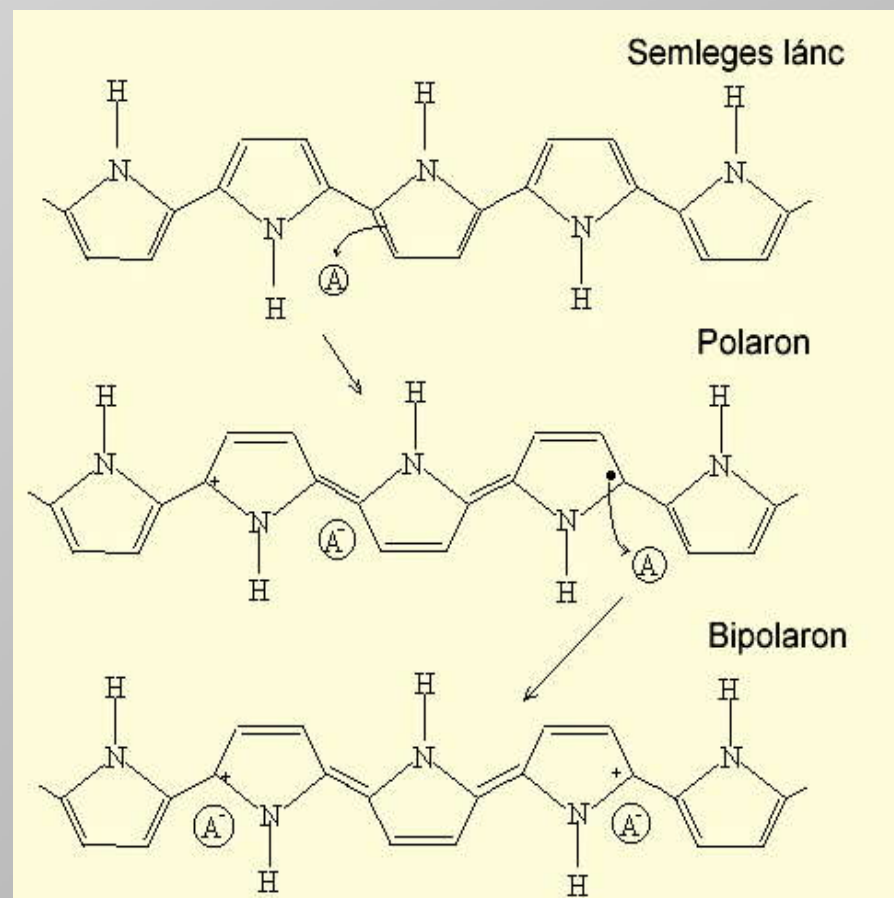
- Konjugált kettőskötés rendszer \Rightarrow delokalizált elektronok
 - Kötő pálya: **HOMO** (legfelső betöltött molekulapálya)
 - Nemkötő pálya: **LUMO** (legalsó betöltetlen molekulapálya)
 - Hasonló a fémek vezető és vegyérték sávjaihoz
 - Adalékolással elektron ill. lyukvezetés (redukció ill. oxidáció)



A vezetés mechanizmusa



- **Polaron:** elektronhiány (vagy többlet) egy láncszakaszon. Egyik adalék iontól vándorol a másikig.
- **Bipolaron:** két közeli töltés, vezetéskor együtt mozognak
- **Szoliton:** a láncon ill. az adalék gyökön kialakuló ellentétes töltéspár. Együtt mozogva a láncok közti töltésátadásban van szerepük.



A vezetés mechanizmusa

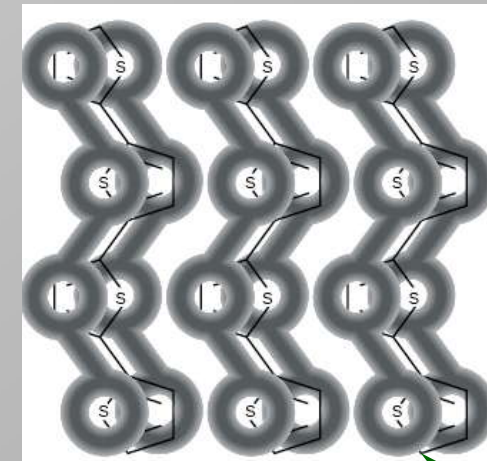
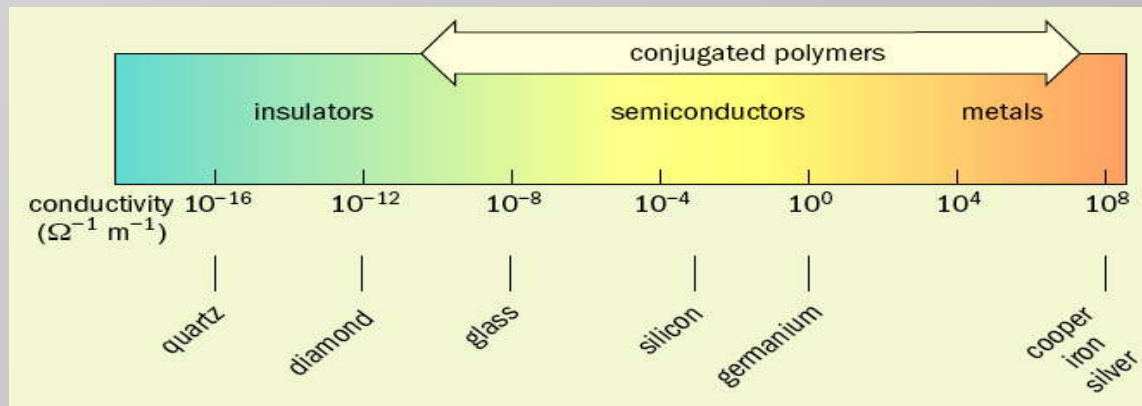


Mozgékonyosság függ:

- A rétegekészítés módjától:
 - Oldószer
 - Koncentráció
 - Leválasztás módja, hőmérséklete,
 - Hordozó felülete

- Molekulák rendezettségétől

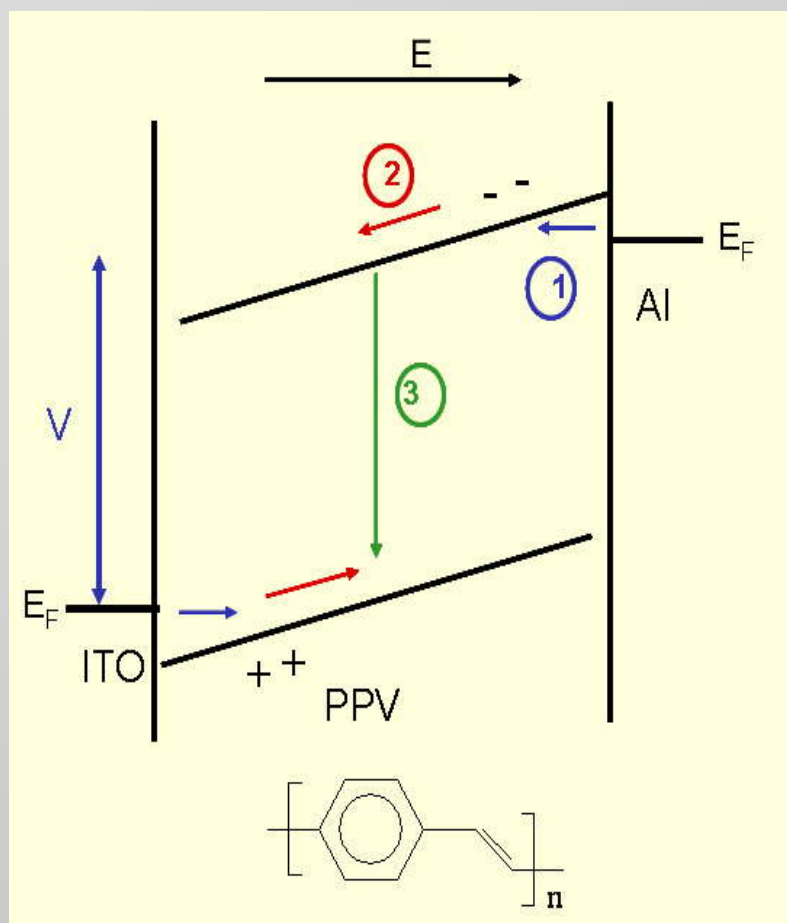
- Molekulák fedése
- Elcsúszása
- Elfordulása



Legkisebb R iránya

LED konferencia 2010

A fénykeltés mechanizmusa

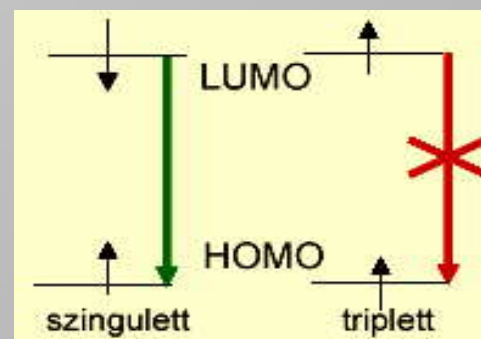


1. Töltésinjektálás

2. Migráció

3. Rekombináció

exciton keletkezés, szabad mozgás, megsemmisülés foton kibocsátás



Spin statisztika: 25%

A fénykeltés mechanizmusa



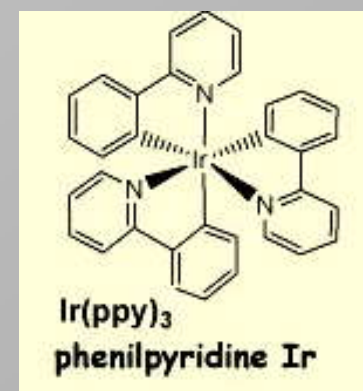
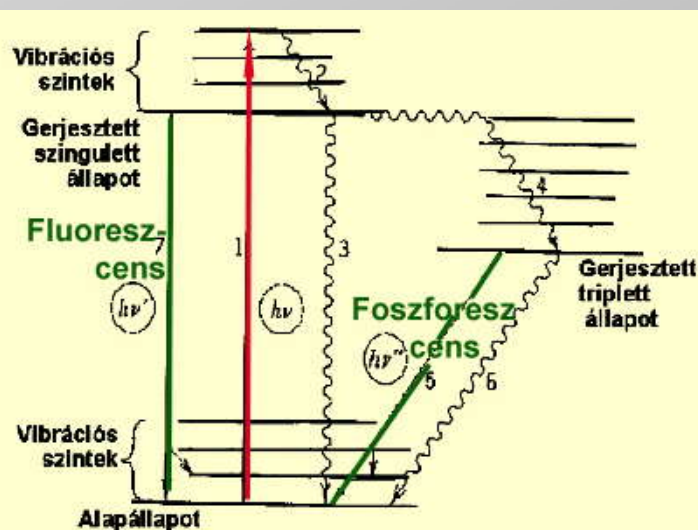
Fluoreszcencia:

- Elektron - lyuk ellentétes spinnel
- Így a belső kvantumhatásfok max 25%
- Szinte minden polimer és kismolekula e mechanizmus szerint

Foszforeszcencia:

- Elektron - lyuk azonos spinnel
- A rekombináció harmadik szereplő segítségével
- IQE \cong 100%
- Adalék nemesfém komplex (Ir, Os, Pt)

Jablonsky diagram



LED konferencia 2010

Az OLED lámpák konstrukciója

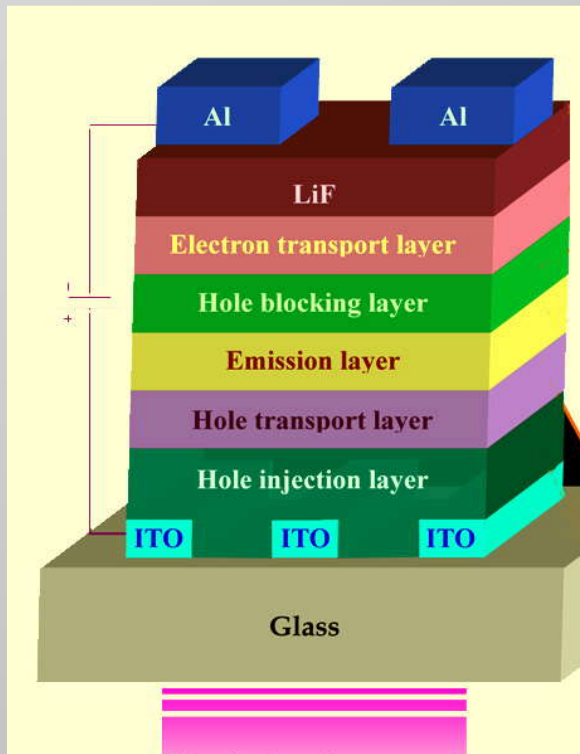
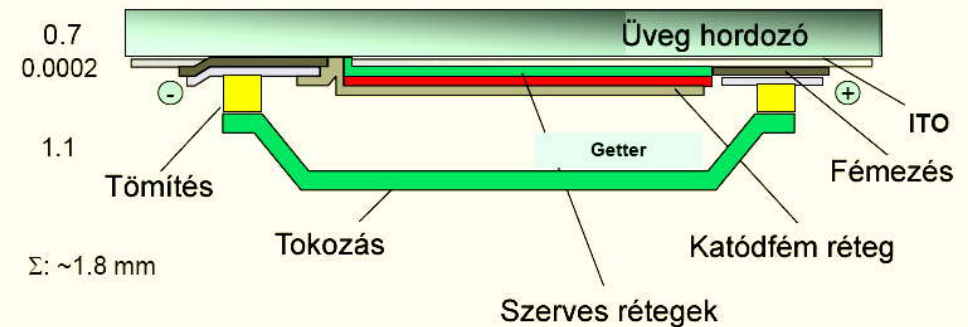


Polimer alapúak:

- Anód, átlátszó
- Katód, fém
- Szerves réteg



Méreték
(mm)

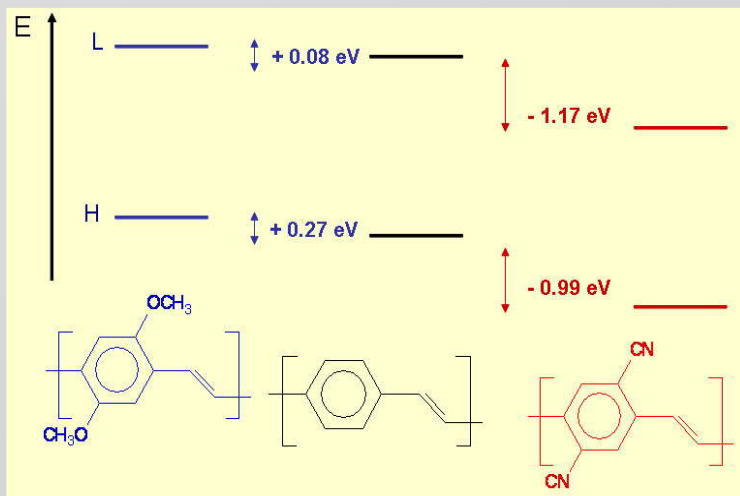


Kis molekulájú OLED:

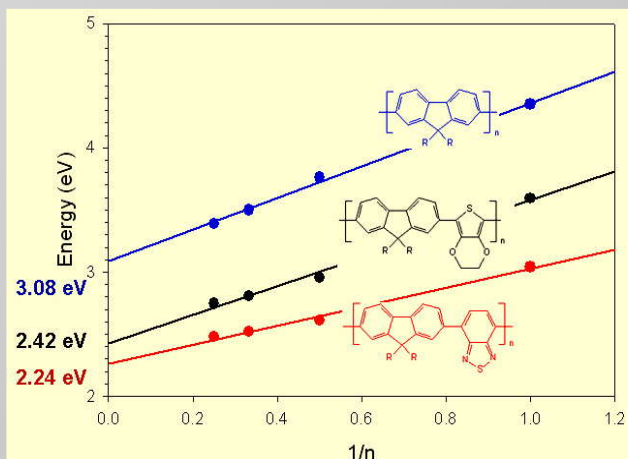
- Összetettebb rétegszerkezet
- Energiaszintek illesztésére, potenciálgát csökkentésére
- Elektron/lyuk szállító réteg
- Lyuk/elektron blokkoló réteg



„Molecular engineering”



A HOMO - LUMO szint hangolása



A szerves elektronika lehetősége:

Az alapvető funkció megtartása mellett a molekula-struktúra kis módosításával tudjuk az egyes tulajdonságokat finoman hangolni

A sávszélesség (\Rightarrow szín) hangolása a szerkezet módosításával és a helyettesítés arányával

LED konferencia 2010

Világítástechnikai jellemzők



• Hatásfok

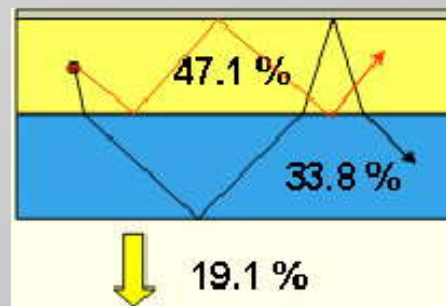
-Belső kvantumhatásfok

-Külső kvantumhatásfok

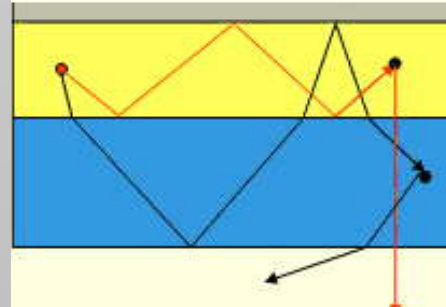
A szerves rétegek törésmutatója
~1,7 - 1,8 \Rightarrow nagy a teljes
visszaverődés, közel 80%
kicsatolási veszteség

Javítás:

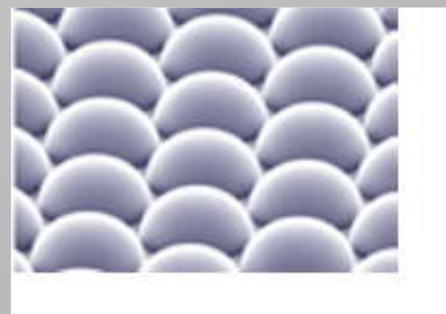
- Felületi mintázat, mikrolencse
- Szóróréteg
- Reflexió csökkentő rétegszisztem



Visszaverődés
alaphelyzetben

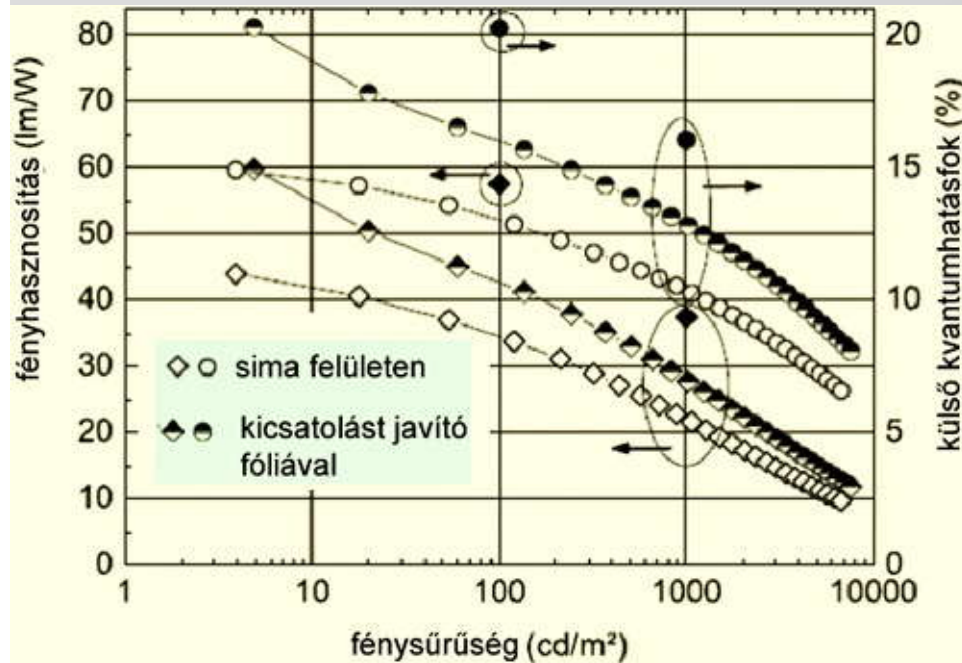


Szórócentrumok
az aktív
rétegben és az
ITO-ban



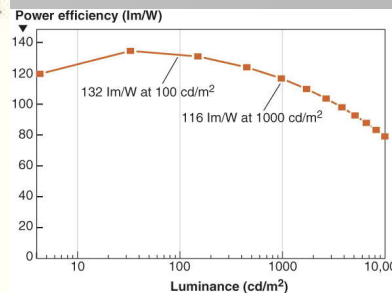
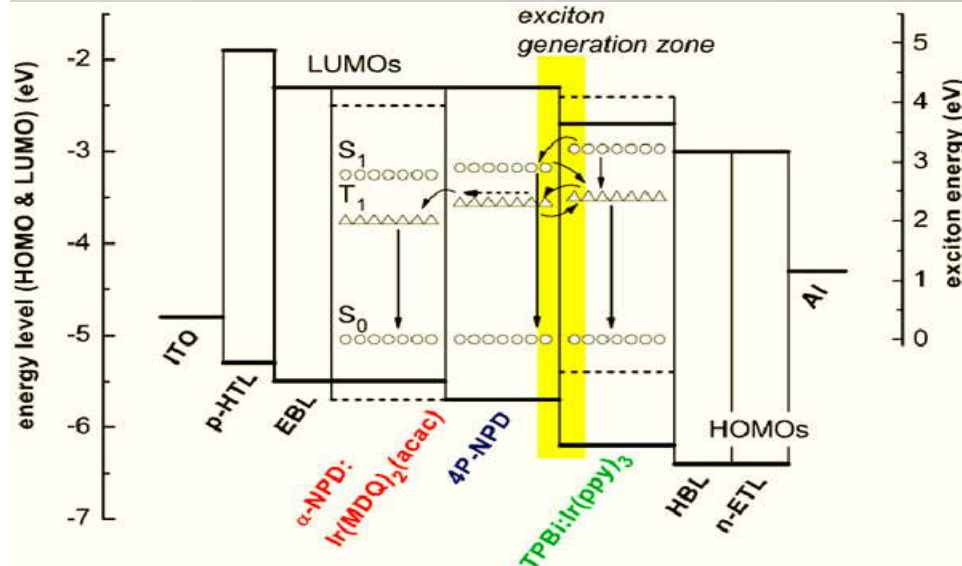
Mikrolencsék

Hatásfok

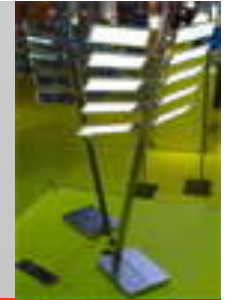


Befolyásolja még:

- Elektródok kilépési munkájának és a rétegek HOMO/LUMO szintjének illesztése (Ohmos veszteség)
- Eszköz terhelése (fényesség, áramsűrűség)
- Eszköz öregedése
- Elektród fényabszorpciója



Fehér OLED



RGB színkeverés

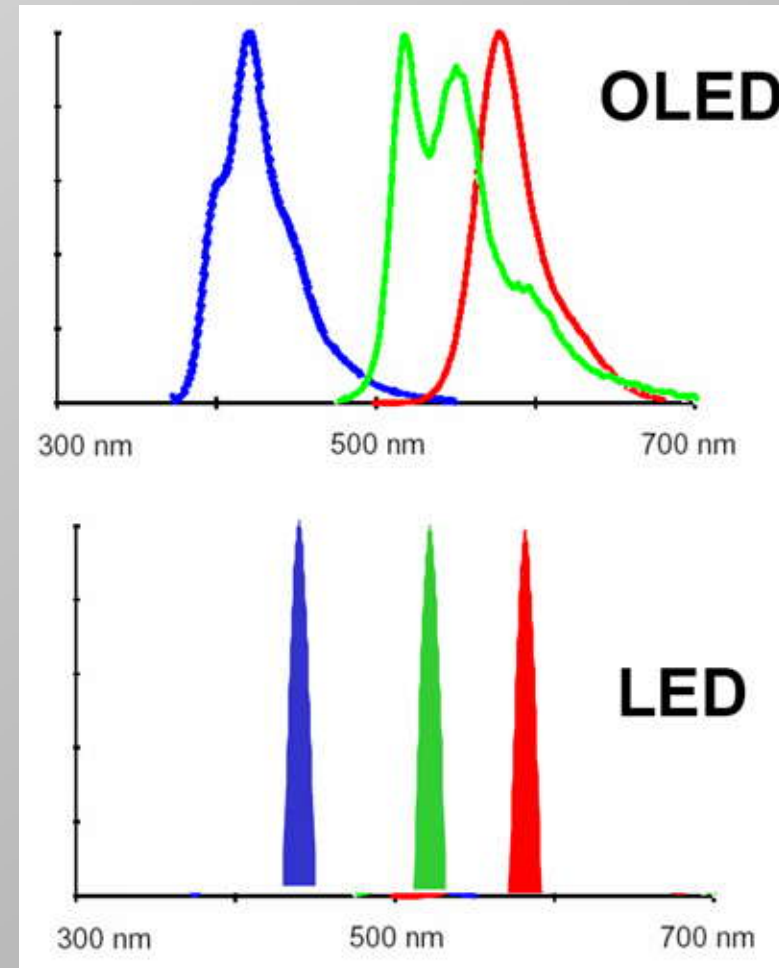
Szélesebb emisszió, mint a szervetlen LED-nél

Színvisszaadás megfelelő

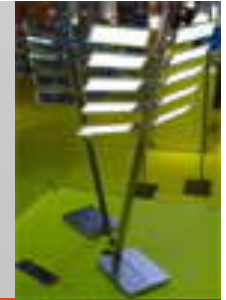
$$R_a \geq 80$$

Komponensek élettartama, öregedése nem azonos, így hosszabb használat után eltolódás

Komponensek hatásfoka sem azonos, a leggyengébbhez kell illeszteni a többi



Stabilitás, megbízhatóság



Meghibásodás okai

- Tokozási hibák, tömítetlenség, oxigén, vízgőz bejutása az aktív réteghez → lassú degradálódás
- Alapanyagok tisztátlansága
 - Nagyon vékony rétegek (n.10nm), nagyon apró szennyezés is okozhat sérülést, tűhibát, rövidzárat
 - Rövidzár nagy helyi melegedés → sötét folt

Az eddigi stabilitási vizsgálatok laboratóriumi mintákról készültek. Nincs tapasztalat üzemi sorozatgyártott termékekről.

Technológia, hordozók

Hajlékony - merev

- Simaság: átlag 2nm, csúcs-völgy 20nm
- Porozitás, gázáteresztés:

vízgőz: $> 10^{-6}$ g/m²/nap

oxigén: $> 10^{-6}$ cm³/m²/nap

Kell egy diffúzió gátló réteg
többrétegű, szerves,
szervetlen

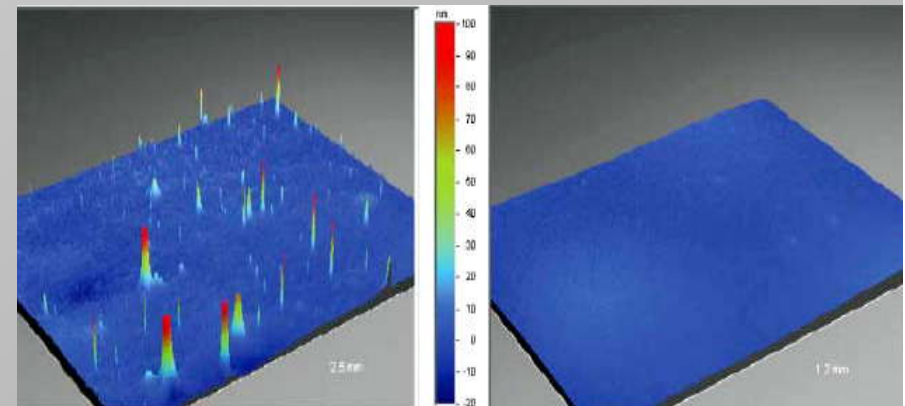
- **Anyagok:**

Üveg, PET, PC, PI,

PEN (polietilén-naftalát)



Hajlékony üveg hordozó

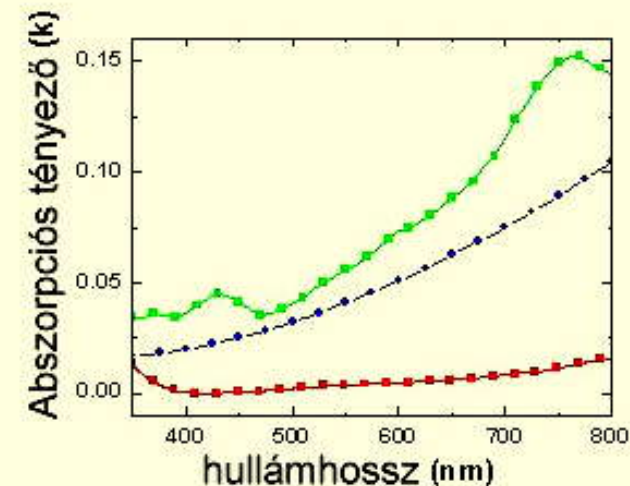
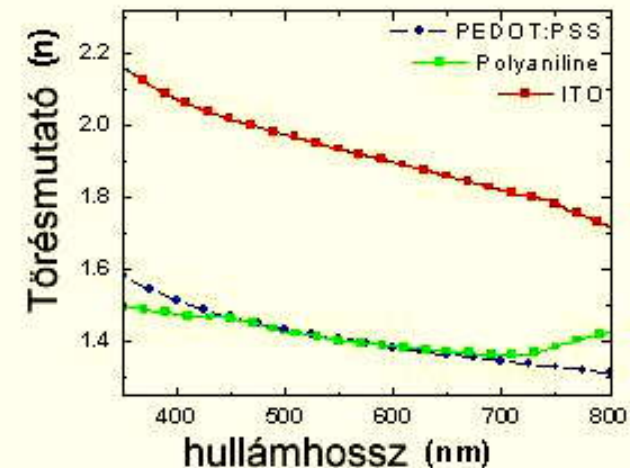


AFM felületi profil
Ipari minőségű PEN, Felületkezelt
hordozó

Technológia, átlátszó vezető



- Felületi ellenállás $< 5 \Omega \square$
- Kilépési munka $> 5 \text{ eV}$
- Kompatibilitás az OLED anyagokkal
- Ne bocsásson ki olyan anyagot, ami károsítja a szerves rétegeket
- ITO alternatívák:
 - $\text{ZnO-Al}_2\text{O}_3$
 - Polianilin, PEDOT-PSS



Technológia, rétegleválasztás



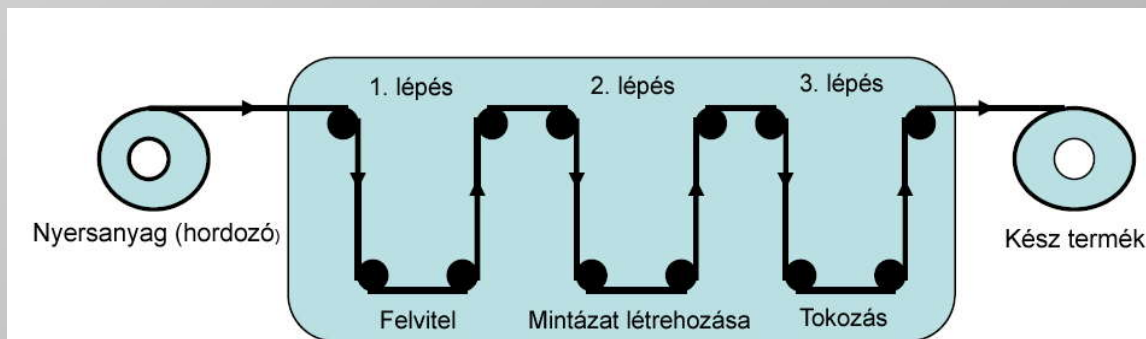
Kis molekulájú anyagok: Vákuumgőzölés

- Vivőgázzal vagy anélkül
- Leválasztási seb.: $\sim 30\text{nm}/\text{min} \pm 2\text{nm}$
- Egyenletesség $< 2\%$ (500 x 700mm felületen)
- Adalékok egyenletes eloszlása
- Egymásra leválasztott rétegek ne károsítsák egymást

Technológia, Roll-to-roll



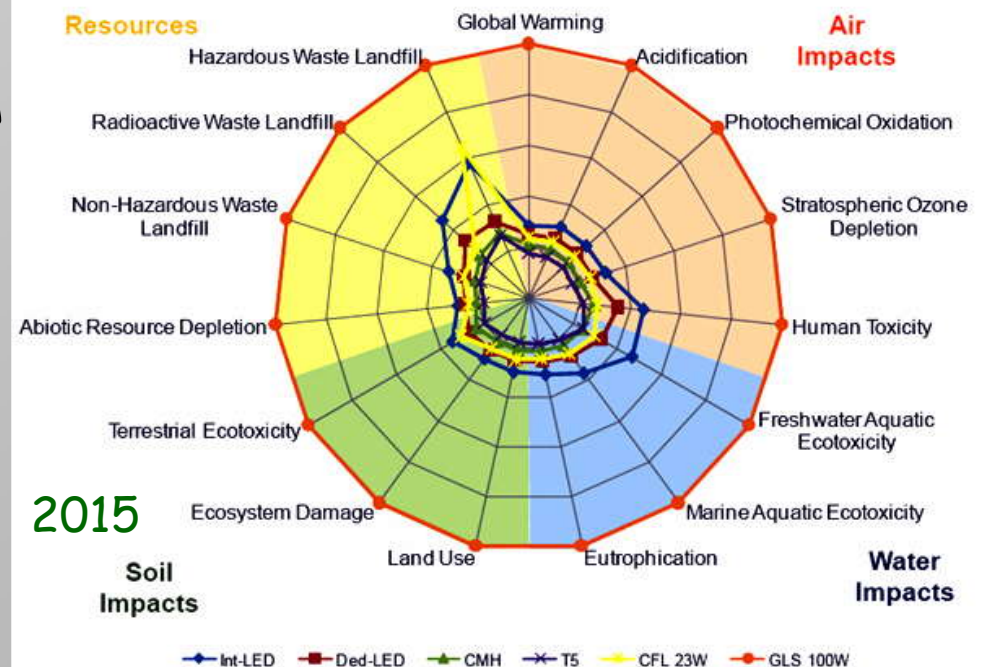
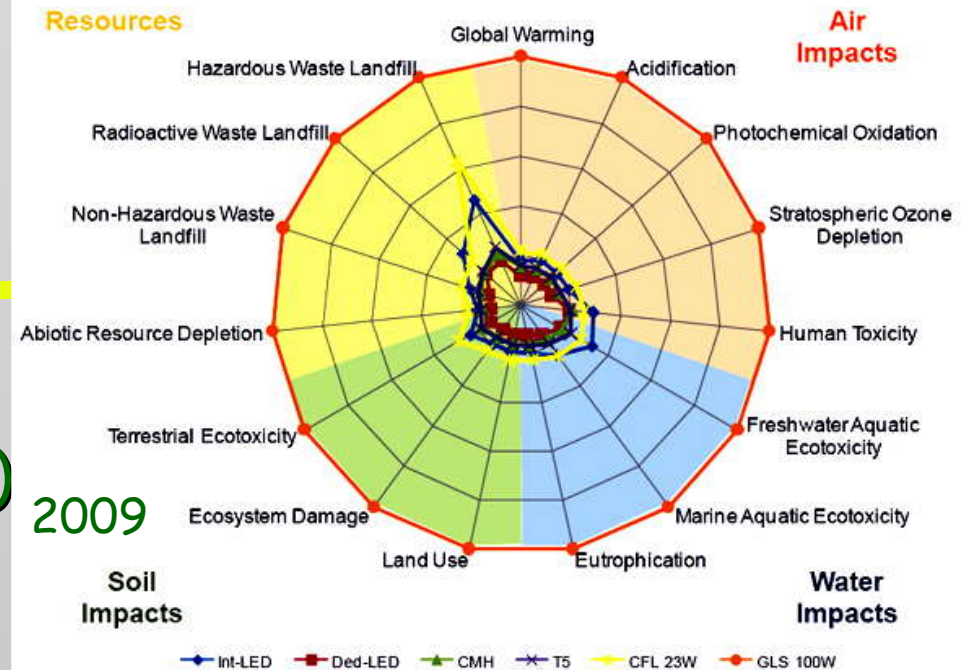
- **Versenyképes termék ettől várható**
- **Alapelv: nyomdai technológiák (offset, flexo, mélynyomás)**
 - **Állandó sebességű hordozó szalag (megállítható)**
~ 0,3 m/perc, cél: 5 - 10 m/perc
 - **Lépések egy lineáris sorba rendezve**
 - **Műveleti idők összehangolva**
(nehéz! pl. nyomtatás << szárítás)
 - **Nyomtatás, szárítás, hőkezelés, vákuumgőzölés, ellenőrzés**



Környezet

- Felhasznált anyagok
 - Nem toxikusak (nagyraészt)
 - Nem kimerülő nyersanyag (kivétel In)
 - Nagyon kis mennyiségű
- Energiatakarékosságban meg kell közelíteni a 100lm/w-ot
- Az ábra még az OLED-eket nem tartalmazza

Life Cycle Assessment of Ultra-Efficient Lamps 2009, Defra (Department for Environment, Food and Rural Affairs)



Kutatás, fejlesztés

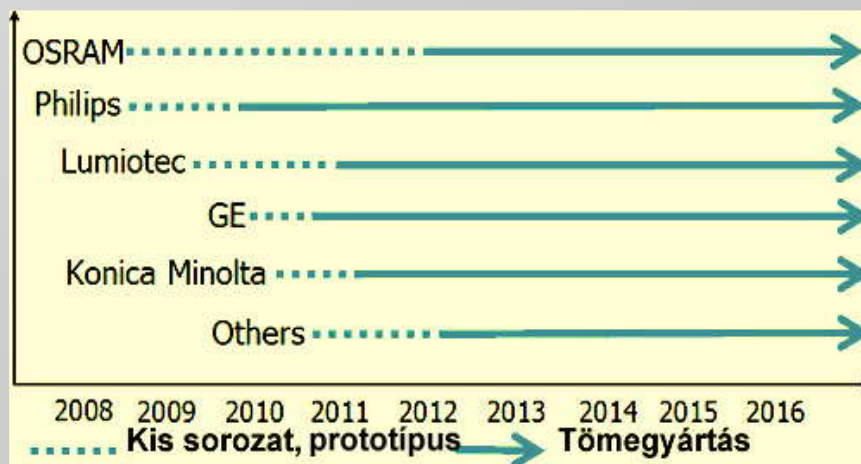


- **Fénysűrűség növelése**
 - Csökken az élettartam, hatásfok
 - Csökken az egységnyi fényáramra jutó költség is (mert a felülettel arányos)
- **Technológia ipari méretre váltása**
 - Nagyobb hordozó méret
 - Olcsóbb oldószeres (polimer alapú) rendszerek hatásfokának javítása
 - Roll-to-roll és nyomtatási technológia alkalmazása. Minden réteghez megfelelő „tinta” kifejlesztése
 - Egyszerűsített rétegrendszer, max 5-6 szerves

Ipari tervek lépések



- Nagyon sok innovációs lehetőség a sík, hajlékony fényforrásban. Technológiában és alkalmazásban.
- Nagy gyártók részt vesznek a fejlesztésben
- Európa: OLLA 100 projekt - lezárult



LED konferencia 2010

**Köszönjük a
figyelmet!**



LED konferencia 2010

groller.gyorgy@kvk.uni-obuda-hu

Kérdés?

