

QUANTUM DOTS

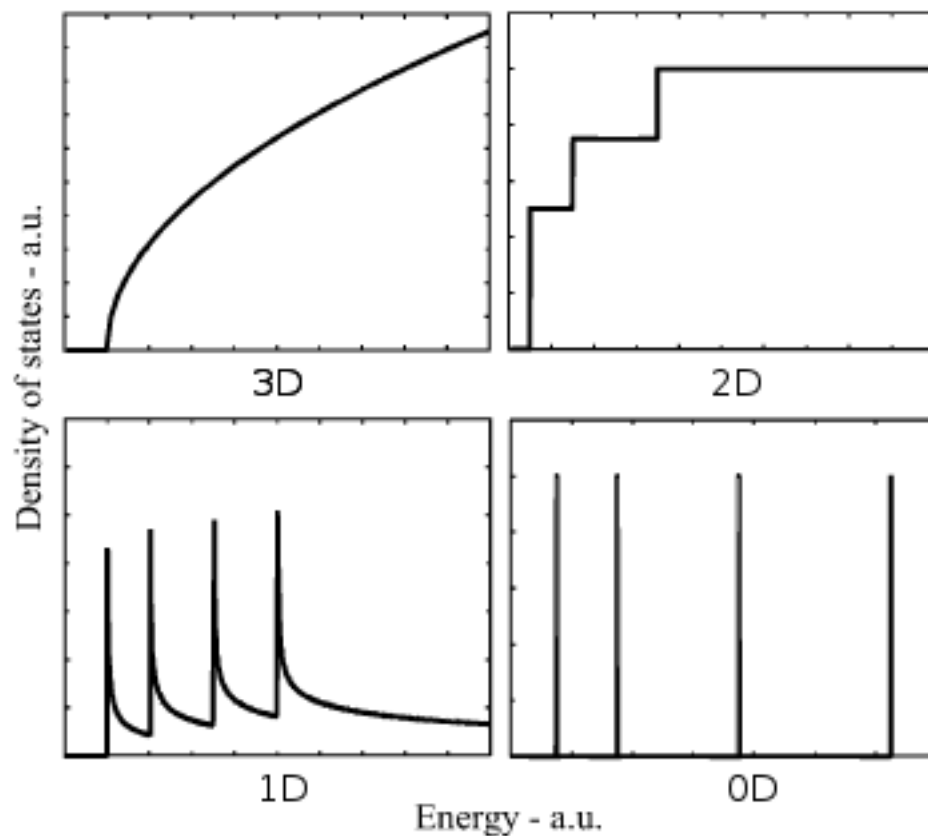
**Félvezető nanokristályok elméletben,
gyakorlatban; perspektívák**

2012. február 7. 10:30 - 10:50

- Elmélet
- Ideális működés, várt eredmények, testreszabhatóság
- Alkalmazás:
 - QD-LED
 - Remote Phosphor
 - Biological Labeling
 - Napelem
 - Micro-contact Printing
- Megoldásra váró feladatok, kísérletek
- Motiváció

Elmélet

Kritikus pont: $R_{\text{QD}} < r_{\text{B}}$ (CdSe: $r_{\text{B}} = 6.1\text{nm}$)



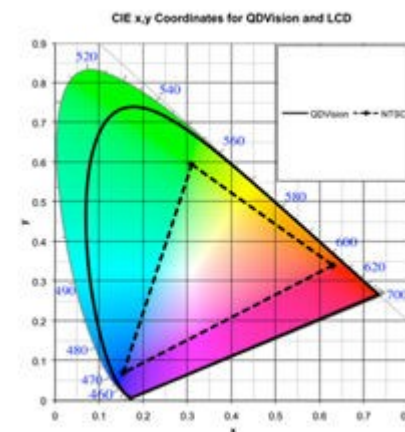
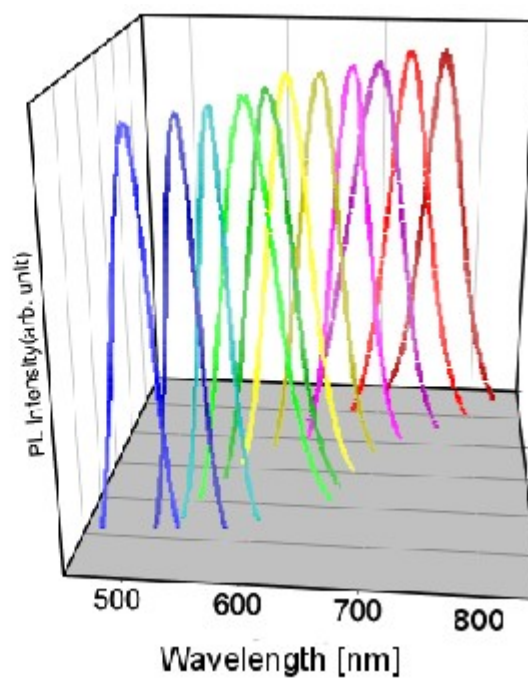
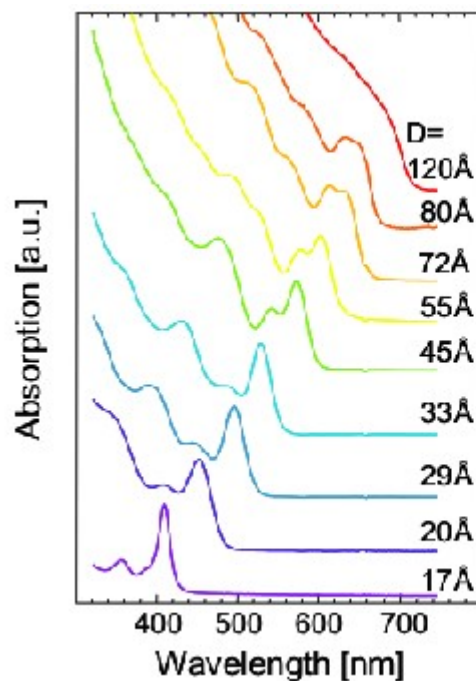
$$\begin{aligned}
 E_{g,\text{QD}} = & \\
 E_{g,\text{bulk}} & + \hbar^2 \pi^2 / 2\mu r^2 \\
 & - 1.786e^2 / r\epsilon_r\epsilon_0 \\
 & - 0.248\mu e^4 / 2\hbar^2\epsilon_r^2\epsilon_0^2
 \end{aligned}$$

Várakozás

- **Abszorpció & emisszió csupán néhány szűk hullámhossztartományban**
- **Minimális Stokes-eltolódás**
- **Egyébként transzparencia**

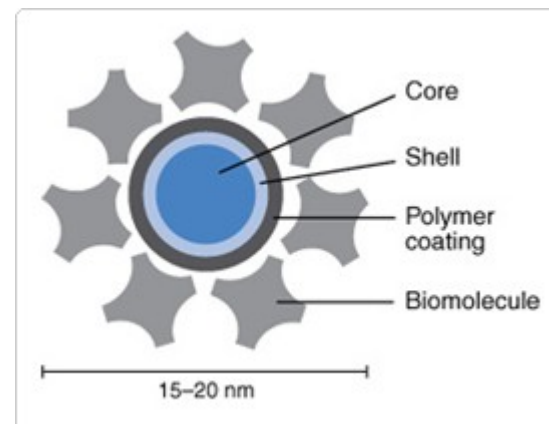
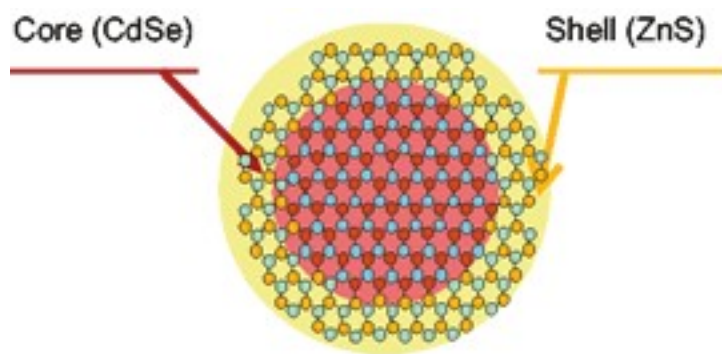
Eredmény

- Erős abszorpció kék felé és UV tartományban
- Stokes-eltolódás: szűk



Termékként

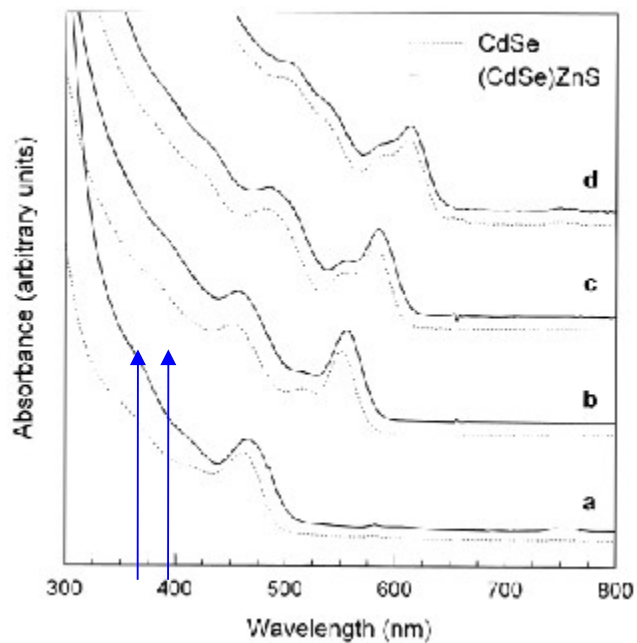
CdSe, CdS, CdTe, ZnSe, ZnS + héj: 2-6 + 1-2 nm



Héj:

- Fizikai tulajdonságok testreszabása
- Kémiai stabilizálás, távolságtartás
- Környezethez való illesztés (in vivo, hidrofil/-fób, lipofil/-fób stb.)

Górcső



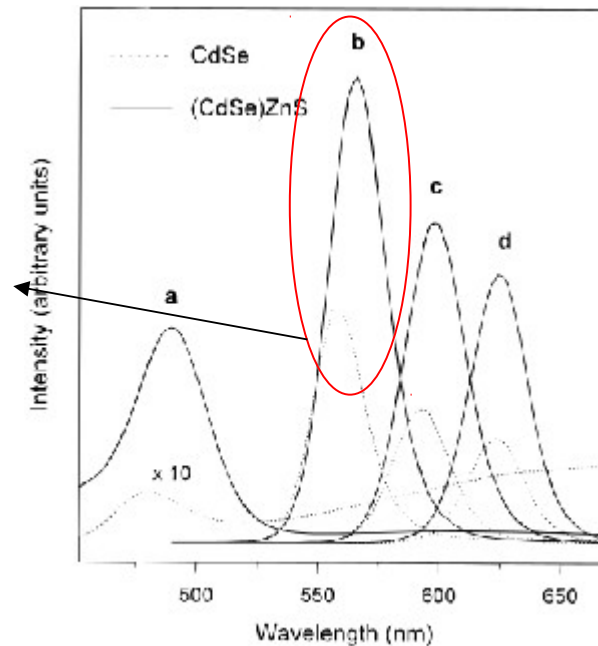
Abszorpció:

- Sűrűség
- Rétegvastagság

Emisszió:

- Absz. elhanyagolható
- FWHM ~40 nm (15nm)

$$\left(\sigma_R^2 = 5\%\right)$$



Bevett technikák

Struktúra:

mag (II-VI: CdSe, CdS, CdTe, ZnSe, ZnS; III-V: InAs, GaAs, InP; IV-VI: PbSe, PbS)

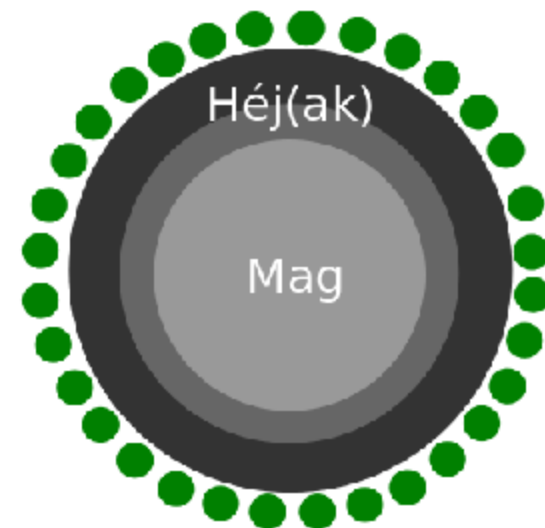
+ héj + külső héj (rácsállandó és diffúzió szerint)

+ passziválás (távolságtartás, kémiai védelem, testreszabás alkalmazáshoz)

Borítás: TOPO, olajsav, piridin ...

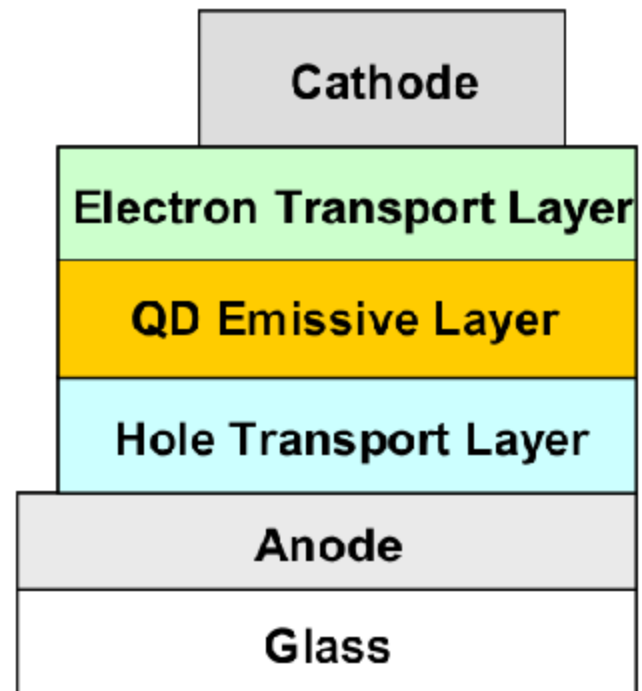
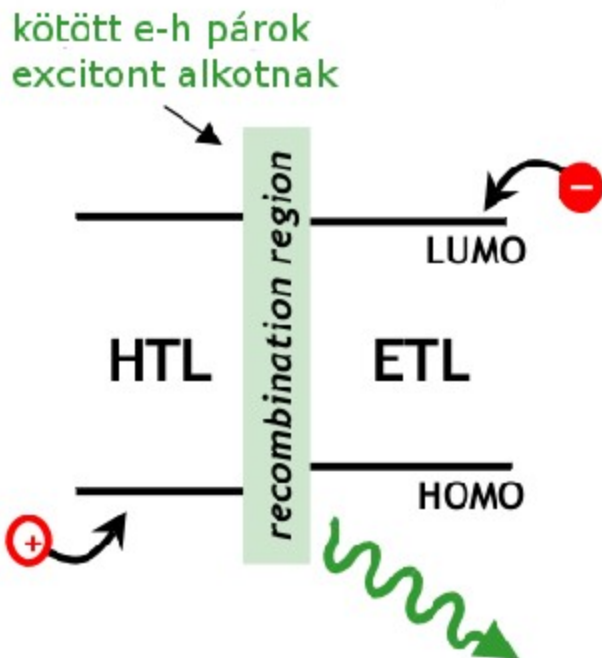
Oldószerben: kloroform, toluol, HDA ...

Porként: karboxil, amino, hidroxil, alkil



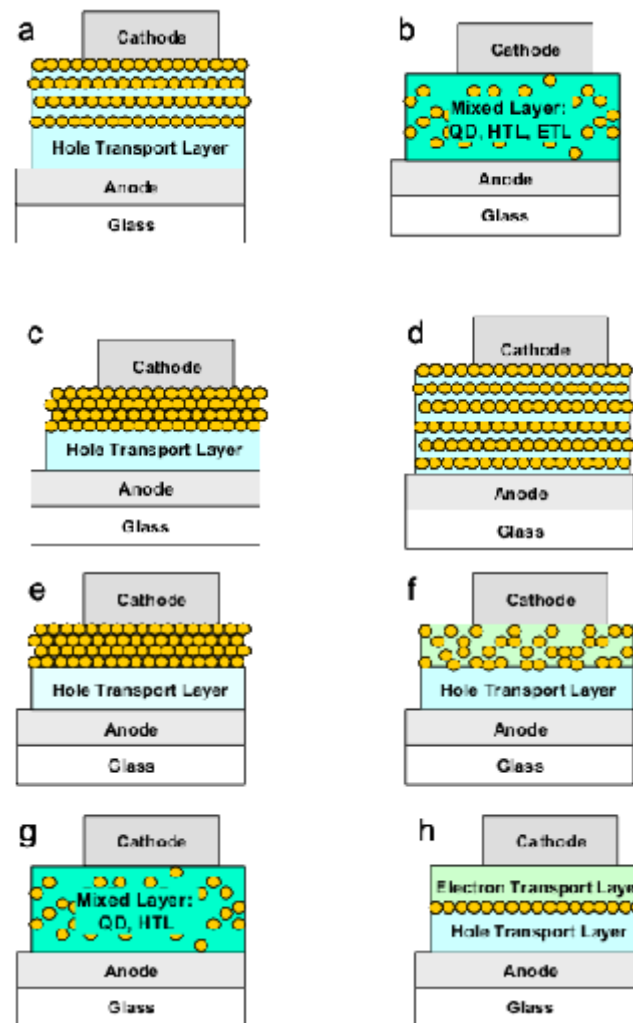
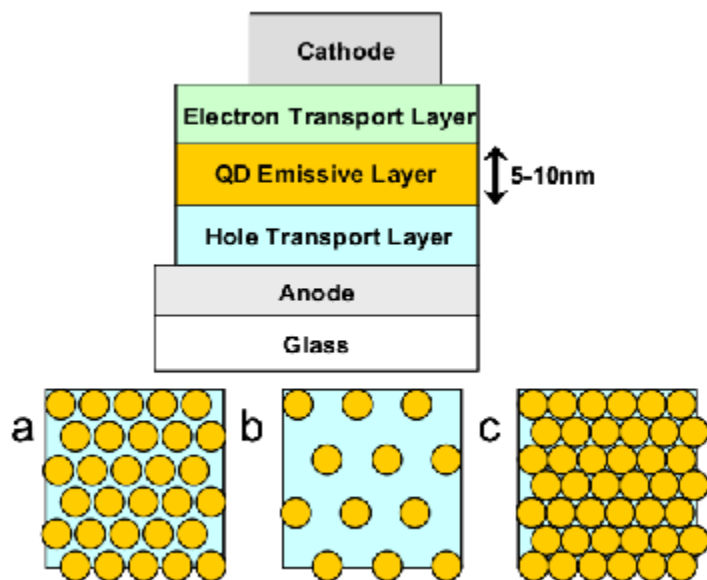
QD-LED

- Töltéshordozó-injekció általi gerjesztés
- OLED-struktúra alapján



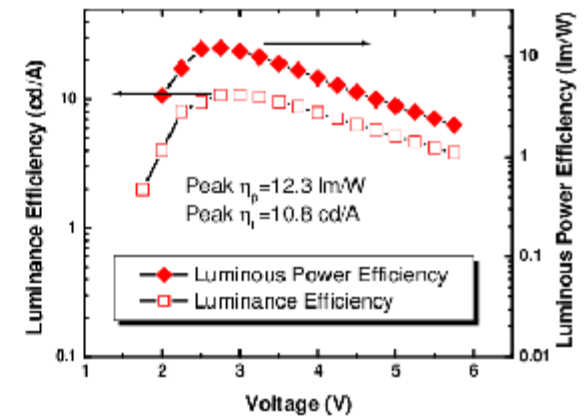
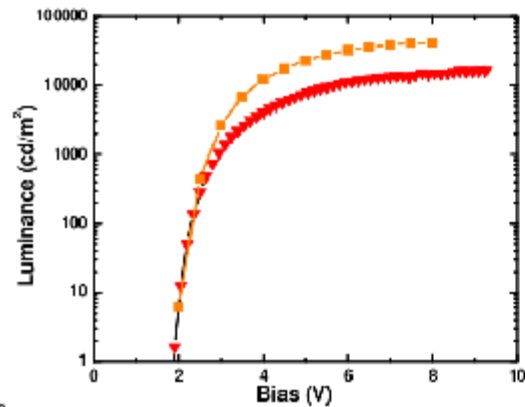
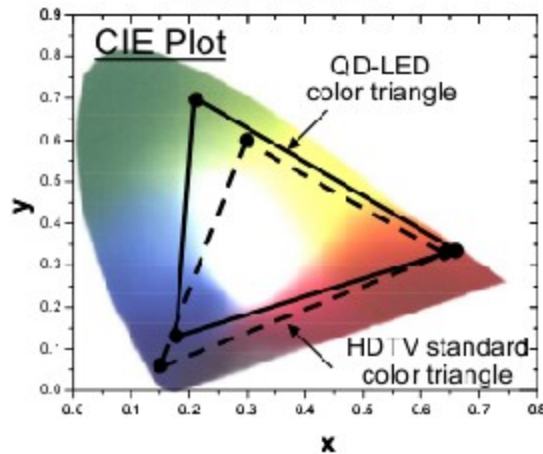
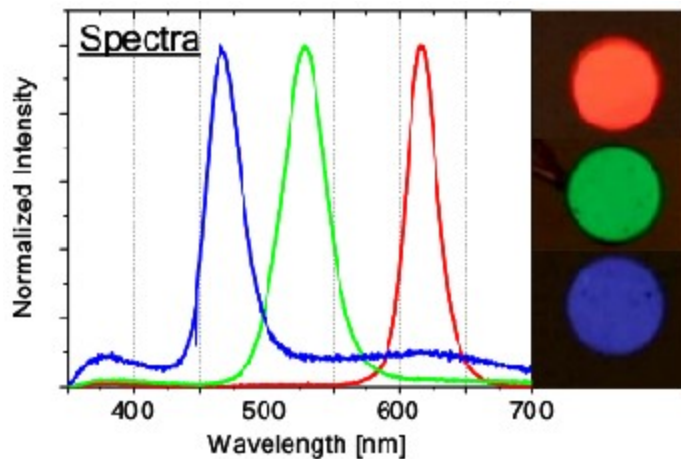
QD-LED

Struktúra:



QD-LED

100Cd/m² @ 2mA/cm² & 10V



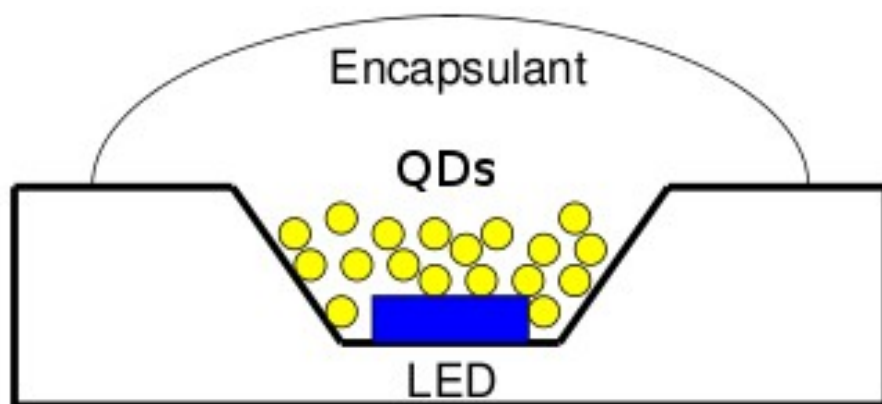
QD-LED

A fenti prototípus (2010)

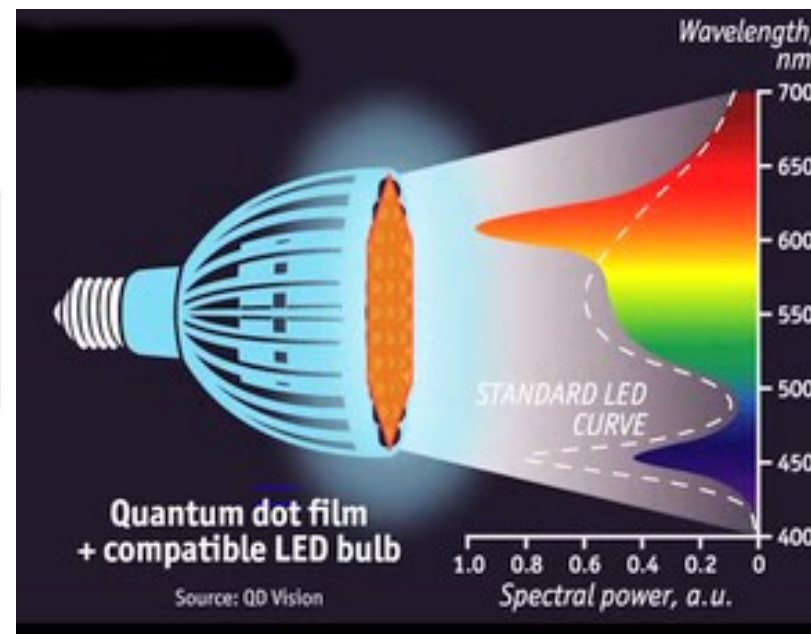
- minimális színeltolódást a fényerővel szemben,
- >10000 órás üzemidő alatt változatlan teljesítményt,
- >10 (12, 21) lm/W fényerőt,
- >8%-os EQE-t,

ígér.

Remote-Phosphor

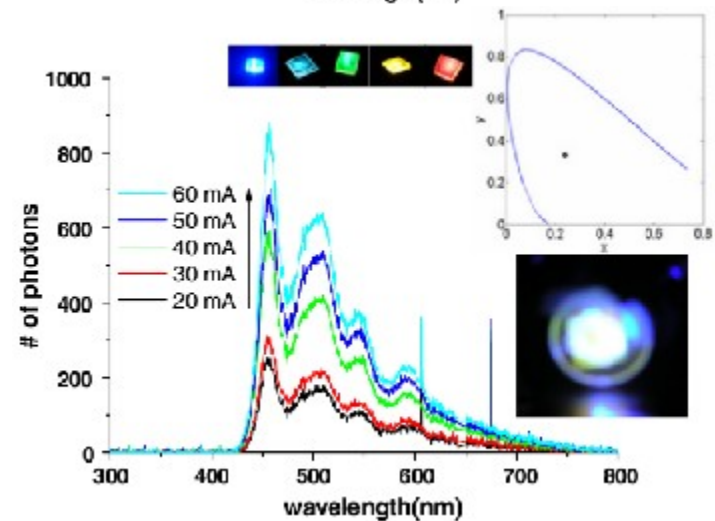
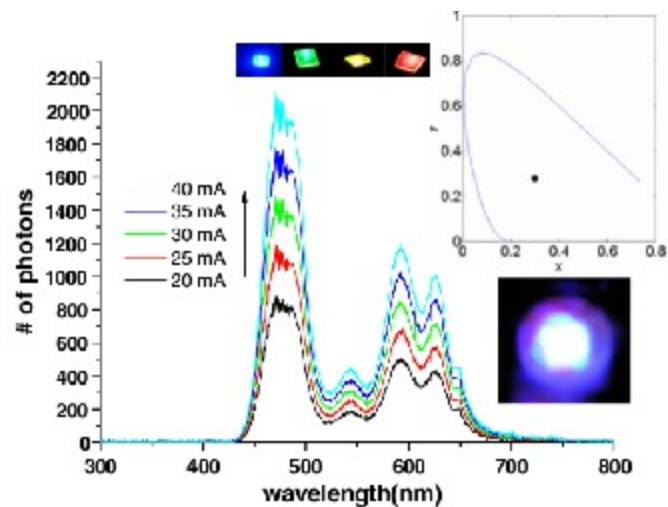
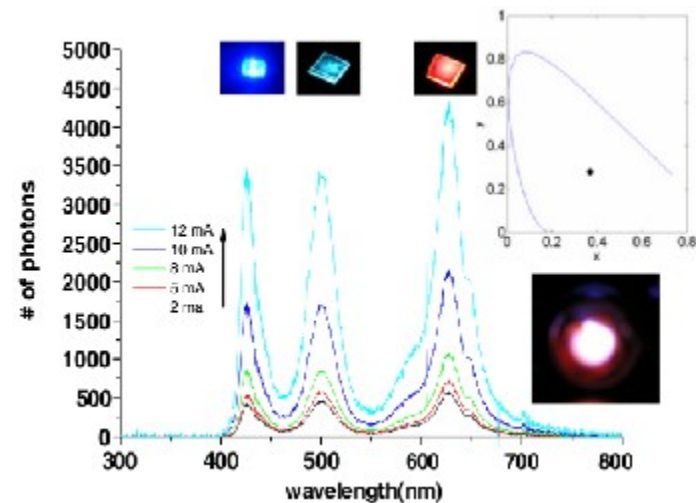
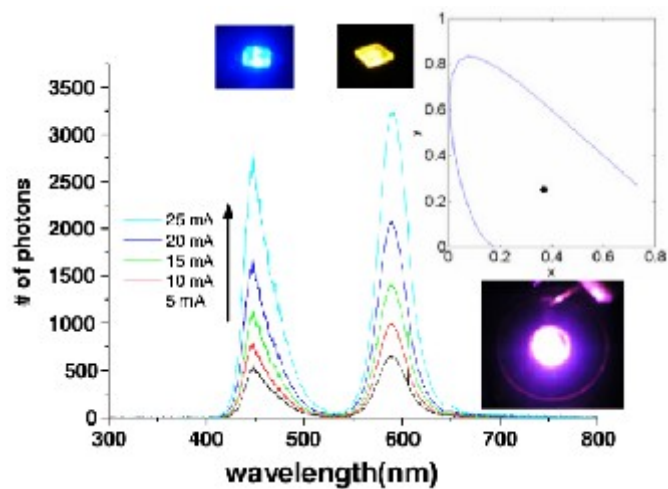


- +Anizotrópia
- +Kis méret
- Hűtés
- Kis tolerancia (hőm., kém.)



- +Teljes testreszabhatóság
- +Egyszerű szerviz
- +Élettartam > 10000h
- Körülményes installáció
- Izotrópia

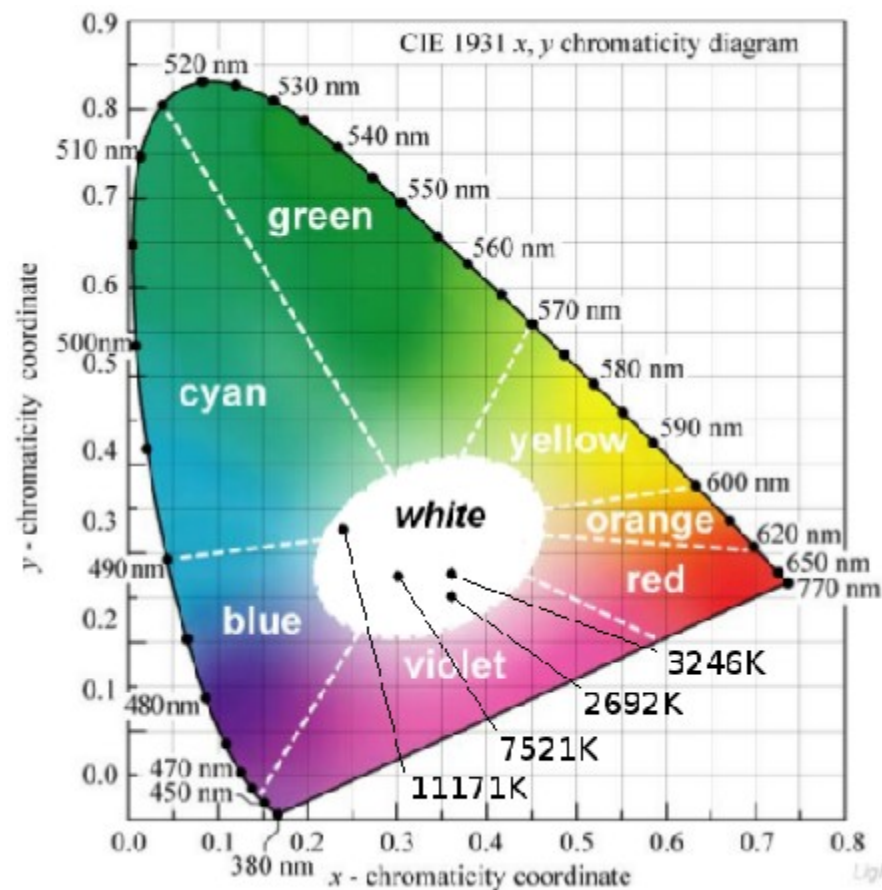
Remote-Phosphor



Remote-Phosphor

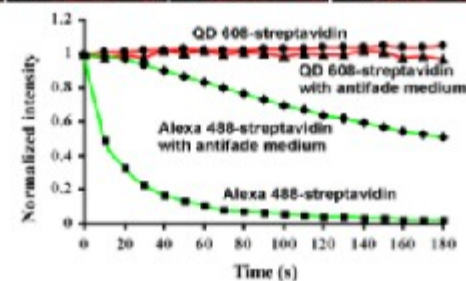
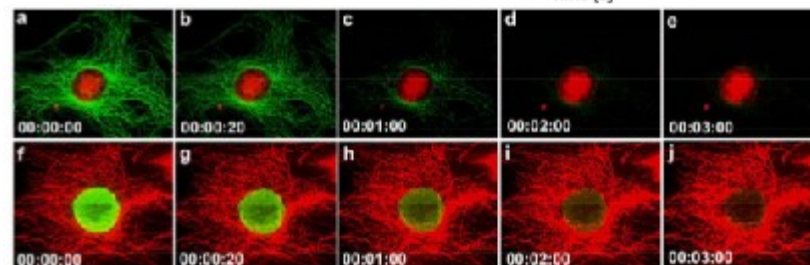
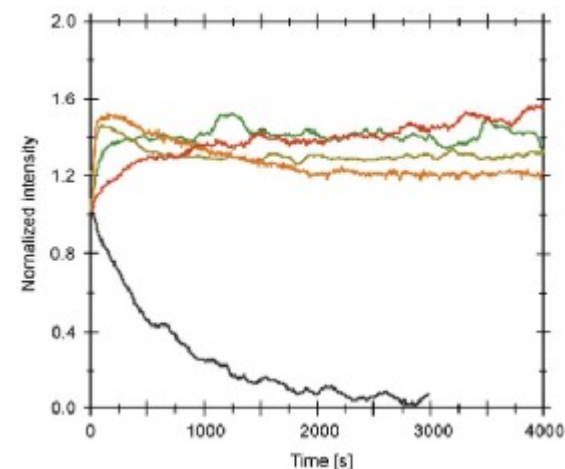
CRI: 15, 20, 41, 71

5 színnel >90



Biological Labeling

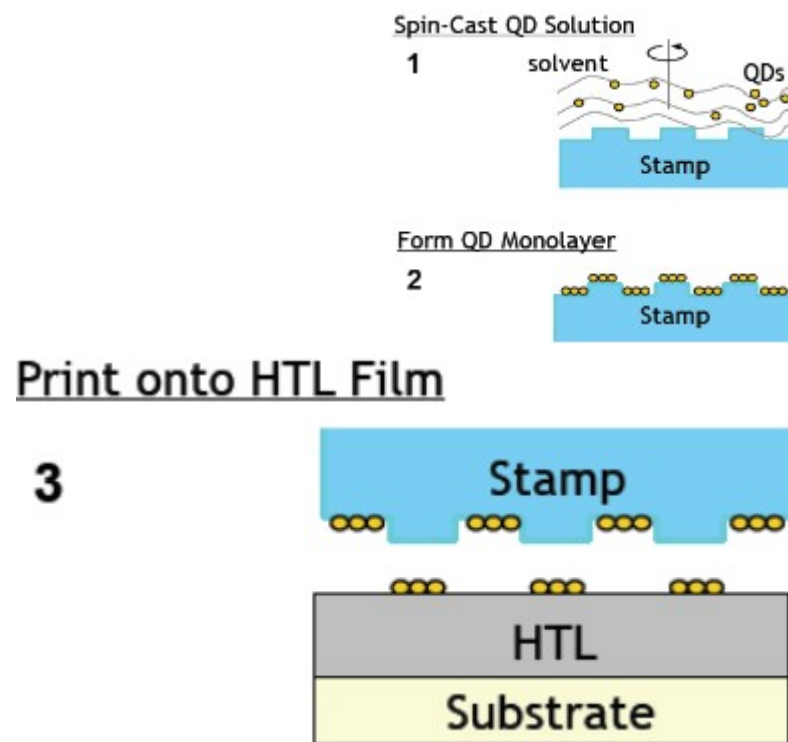
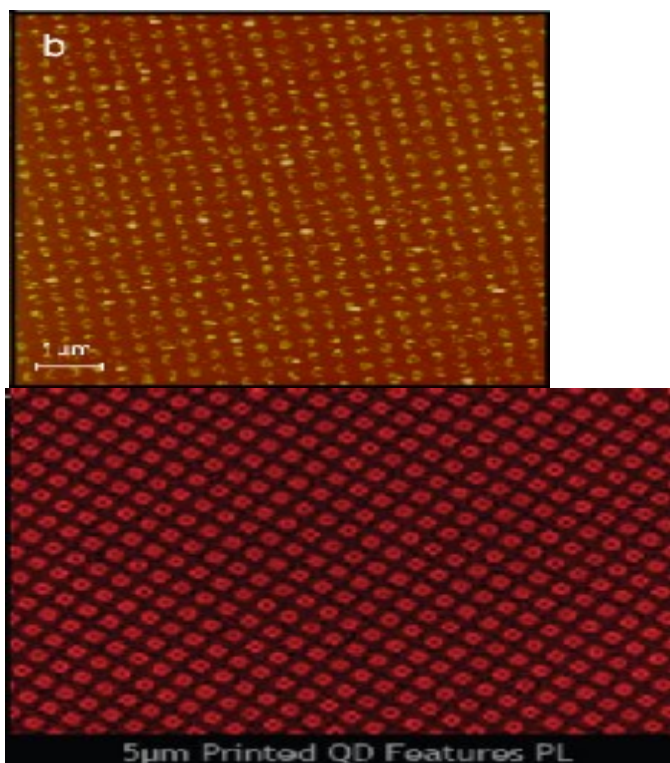
- Lefedett spektrum: $0.25\mu\text{m}-2.5\mu\text{m}$
- QD-k kiégés ellen rezisztensek
- Élettartam órákban mérhető
- Multiplexing
- Alkalmazások:
 - FRET
 - Sejtbeli fehérjemegjelölés
 - Sejtmegjelölés
 - Toxinok érzékelése
 - In vivo képalkotás
 - Géntechnológia



Micro-Contact Printing

Képernyő-technológia alapja

QD-k: oldatban



Napelem-technológia

- Széles spektrumon hangolható szelektív abszorpció
- Multiple Exciton Generation (akár 3 e-h/foton)
- EQE:
 - Látható tartományban 65%
 - IR 25%

Hatékonyság: 1 réteg: 31%, 2 réteg: 45%, 3 réteg: 49%,
elméleti határ: 66%

Jelenleg: 5.1%

Feladatok

- **Hőmérsékleti hatások**
- **Kémiai hatások**
- **Kombinált hatások**
- **UV regeneráció**

Irodalom, motiváció

Hybrid Organic/Quantum Dot Thin Film Structures and Devices – Seth Coe-Sullivan, 2005

IDW '10 MEET 5-2 - Matt Mazzuchi, Seth Coe-Sullivan, 2010

Polina O. Anikeeva, Jonathan E. Halpert, Mounji G. Bawendi, and Vladimir Bulović, Nano Letters 2009 9 (7), 2532-2536

Timothy Jamieson, Raheleh Bakhshi, Daniela Petrova, Rachael Pocock, Mo Imani, Alexander M. Seifalian, Biomaterials Vol. 28 Issue 31 2007, 4717-4732

Q. Dai et al., Chemical Physics Letters 439 (2007) 65–68

H. Menkara, R. A. Gilstrap, T. Morris, M. Minkara, B. K. Wagner, and C. J. Summers, Opt. Express 19, A972-A981 (2011)

Brad A. Kairdolf, Andrew M. Smith, and Shuming Nie, Journal of the American Chemical Society 2008 130 (39), 12866-12867

B. O. Dabbousi, J. Rodriguez-Viejo, F. V. Mikulec, J. R. Heine, H. Mattoussi, R. Ober,, K. F. Jensen, M. G. Bawendi, The Journal of Physical Chemistry B 1997 101 (46), 9463-9475

Nizamoglu, S., Ozel, T., Sari, E., Demir, H.V., 2007 Nanotechnology 18 065709

Vanessa Wood, Matthew J. Panzer, Jianglong Chen, Michael S. Bradley, Jonathan E. Halpert, Mounji G. Bawendi, Vladimir Bulović, Advanced Materials Vol. 21 Issue 21, 2151–2155, 2009