

Szilárdtest fényforrások

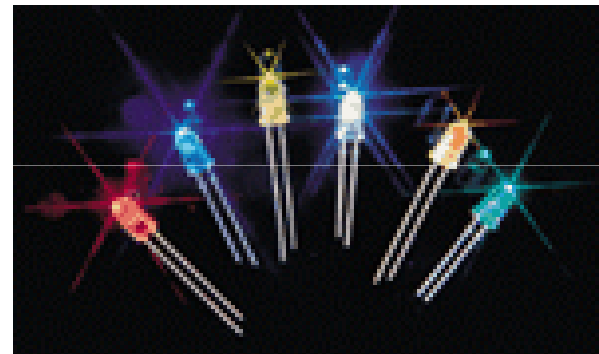
elektrolumineszcens panelek,
világító diódák (LED-ek),
szerves elektrolumineszcencia (OLED)
Schanda prof és Dr, Szabó Ferenc diáinak
felhasználásával

Történeti áttekintés

- SiC: HJ Round, 1907 rádió technikai kísérlet; Oleg Losev, 1923.
- ZnS: Destriaux, 1936.
- 1939 Magyar szabadalom: elektrolumineszcens világítás (Sziget György)
- GaAsP: Holonyak & Bevacqua, 1962. vörös, sárga , zöld (Ga-As)
- GaN: Nakamura, 1991 InGaN -kék
- High power LEDs



*



*

5W
150 lm

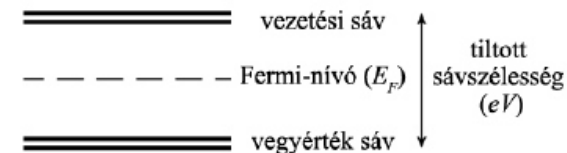
LED-ek fejlődéstörténete

- 1962 GaAsP
- 1973 Sárgászöld LED (GaP)
- 1975 Sárga LED
- 1978 Nagy intenzitású vörös LED
- 1991 Kék LED
- 1997 Fehér LED (kék + fénypor)
- 2001 Fehér LED (UV LED + fénypor)

Fizikai alapok – félvezetők

- A tiltott sáv szélessége (E_t) alapján:

- $E_t < 0,1 \text{ eV}$ $\Rightarrow$ vezetők
- $0,1 \text{ eV} < E_t < 5 \text{ eV}$ $\Rightarrow$ félvezetők
- $E_t > 5 \text{ eV}$ $\Rightarrow$ szigetelő



$$(1 \text{ eV} = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ J})$$

- Az emittált fény színe:

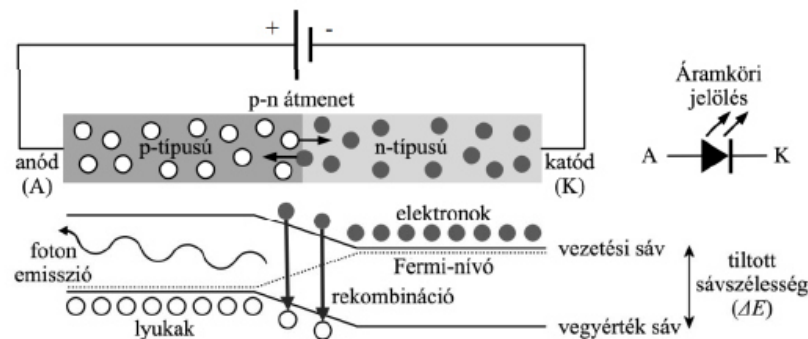
$$\Delta E = h \cdot f = h \cdot \frac{c}{\lambda}$$

ΔE : a tiltott sáv szélessége

h : Planck állandó ($6,6261 \cdot 10^{-34} \text{ Js}$)

c : $299\,792\,458 \text{ m/s}$

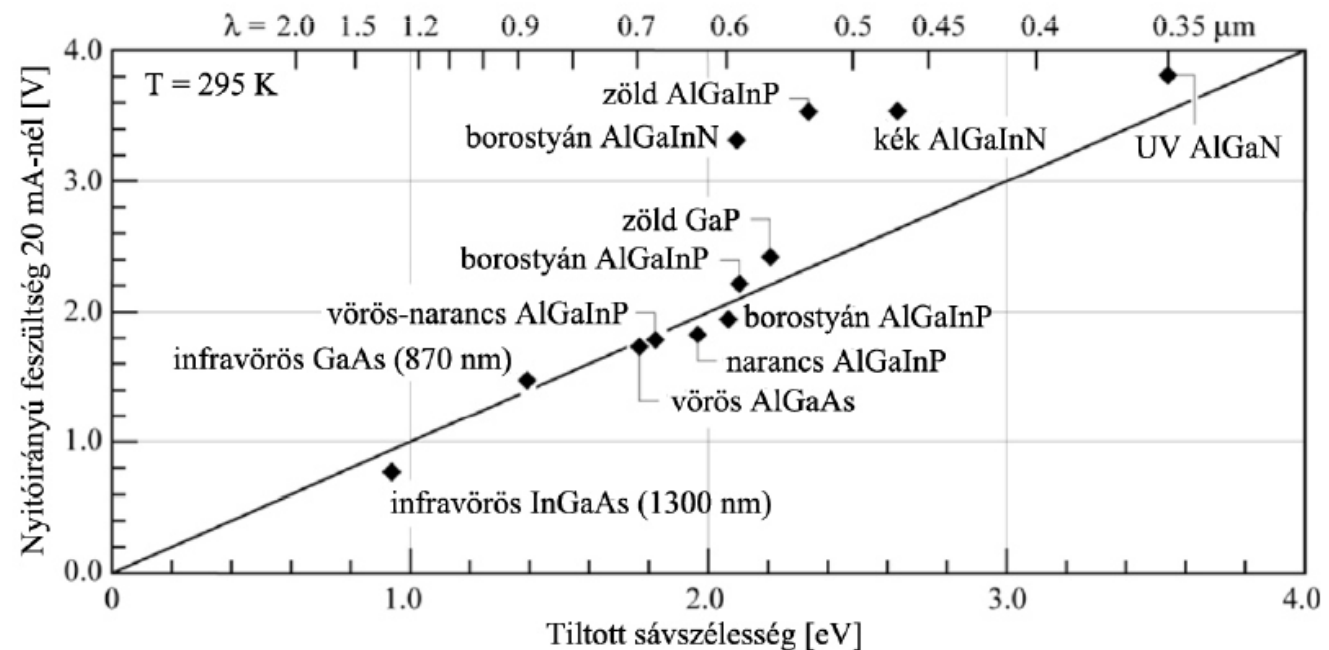
λ : az emittált foton hullámhossza



Fizikai alapok – félvezetők

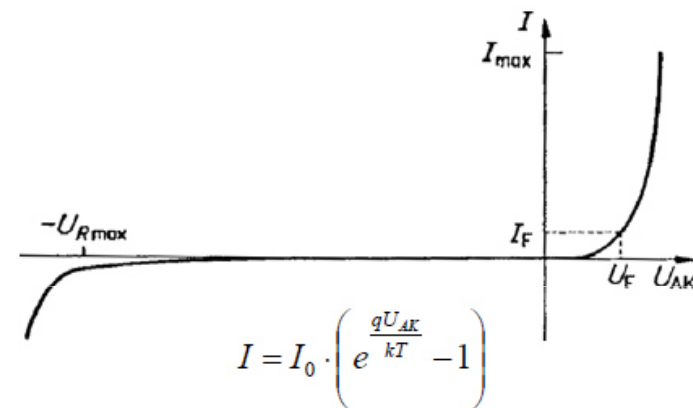
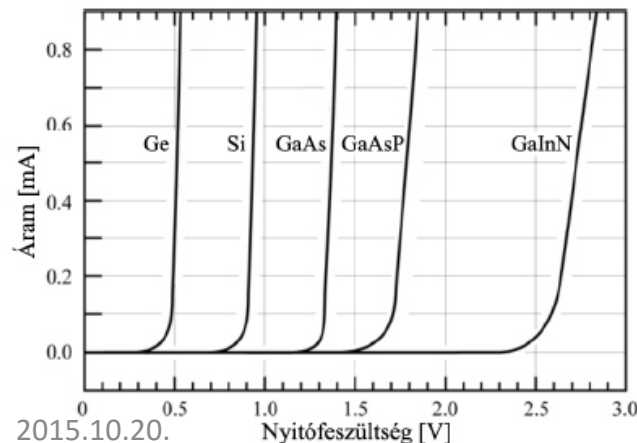
- Nagyobb tiltott sáv szélesség => rövidebb csúcshullámhossz
=> nagyobb nyitóirányú feszültség

$I_n=350$ mA esetén: AlGaInN – 3,4-3,9 V AlGaAs – 2,7- 2,9 V



Fizikai alapok – LED karakterisztika

- U_{AK} : a diódára kapcsolt feszültség
- I_{max} : az a maximális áram, amely a diódán átfolyva még nem okoz károsodást
- U_F : az a feszültség, ahol az áram $0,1 I_{max}$ értékű (ahol a dióda kinyit)
 - Ge diódák: 0,2 – 0,4 V
 - Si diódák: 0,5 – 0,8 V

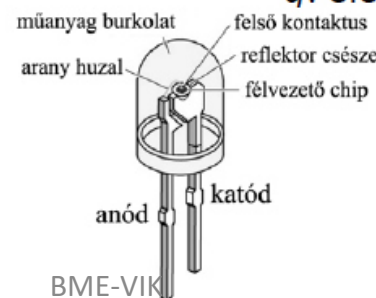


I_0 : záróirányú telítődési áram

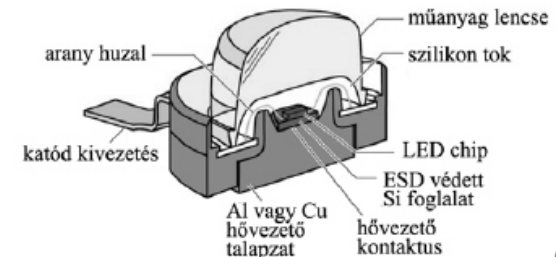
k : Boltzmann állandó

T : abszolút hőmérséklet

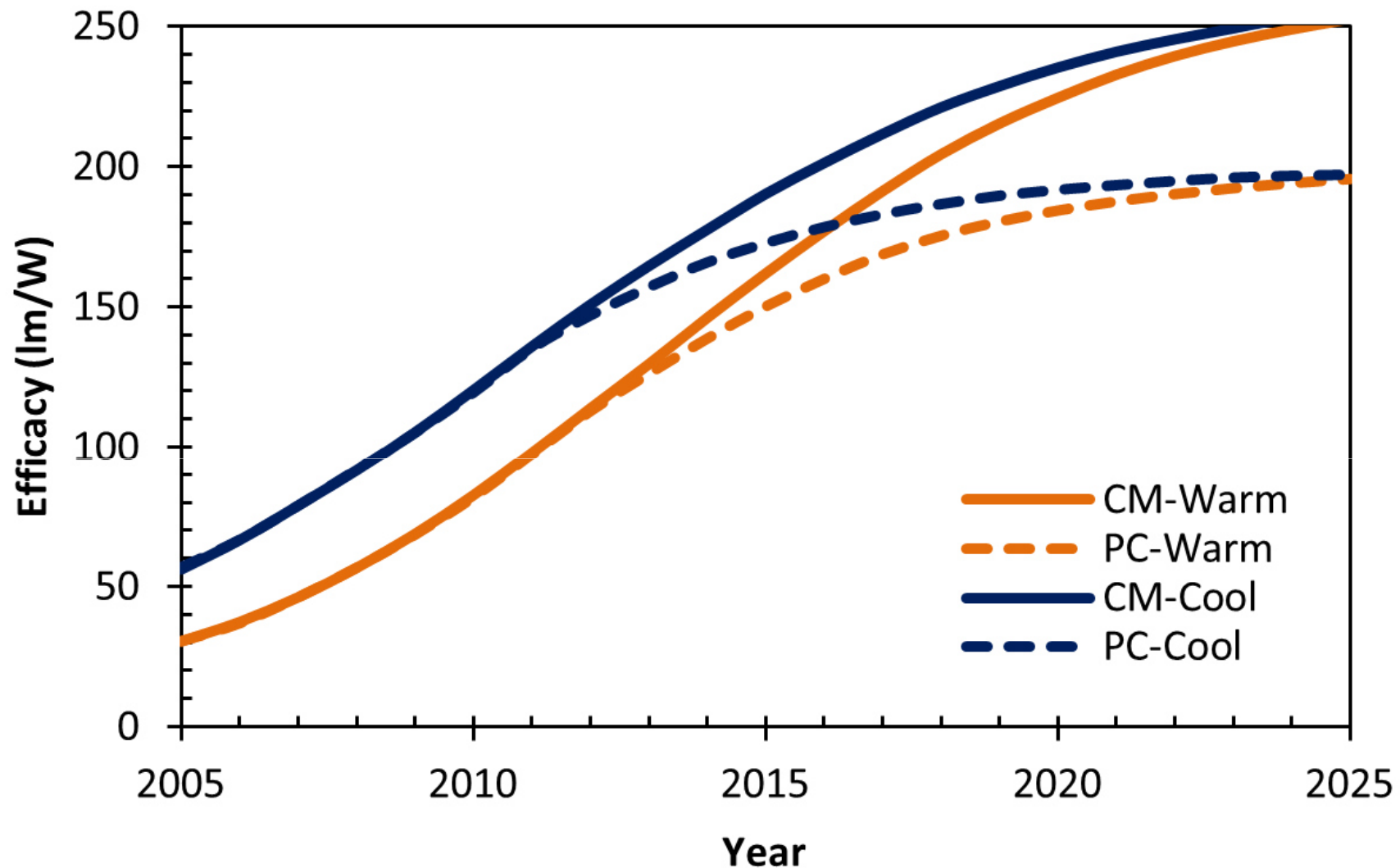
q : elemi töltés



BME-VIK



LED-k fényhasznosítása 2012-2013.



CM- színkeveréssel
PC - fényporos

2015.10.20.

Forrás:

http://apps1.eere.energy.gov/buildings/publications/pdfs/ssl/led_energy_efficiency.pdf megnézve 2015.10.08.⁷

BME-VIK

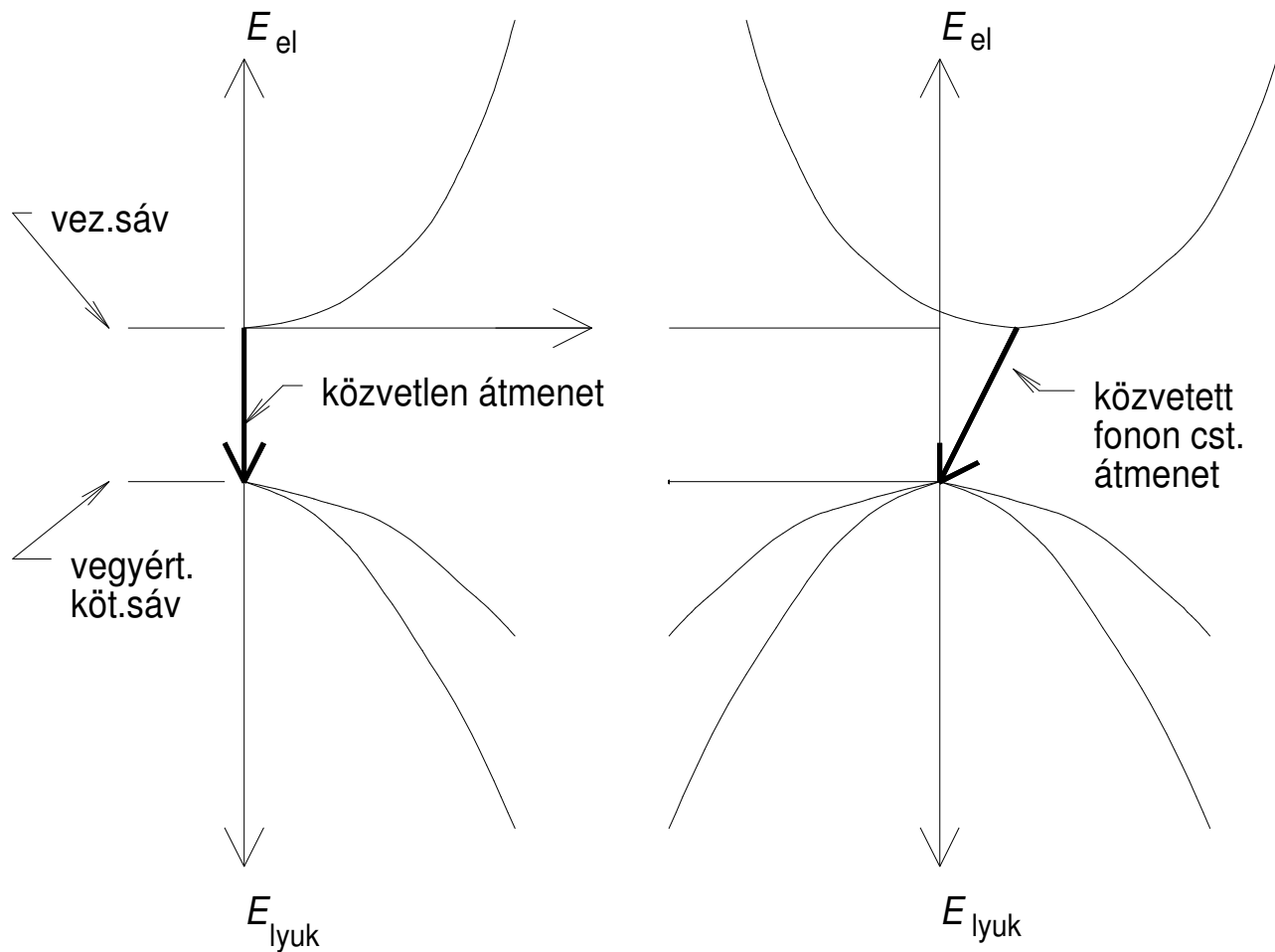
Hagyományos LED-ek



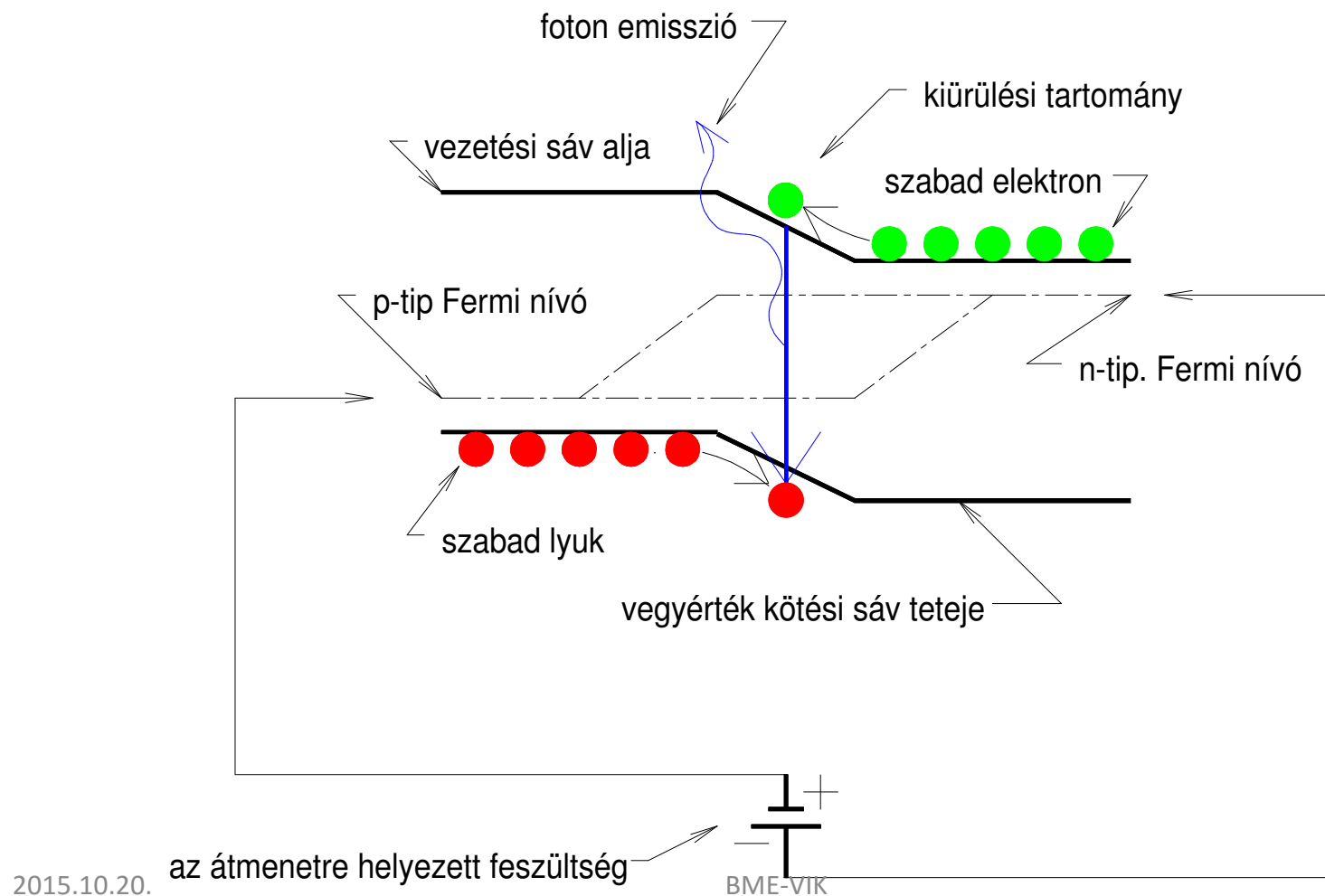
LED tulajdonság függ:

- Felhasznált anyag
 - III-V félvezető, közvetlen vagy közvetett átmenettel
 - Homo- és hetero-átmenet
 - Dióda jellemzők, hőmérsékletfüggések

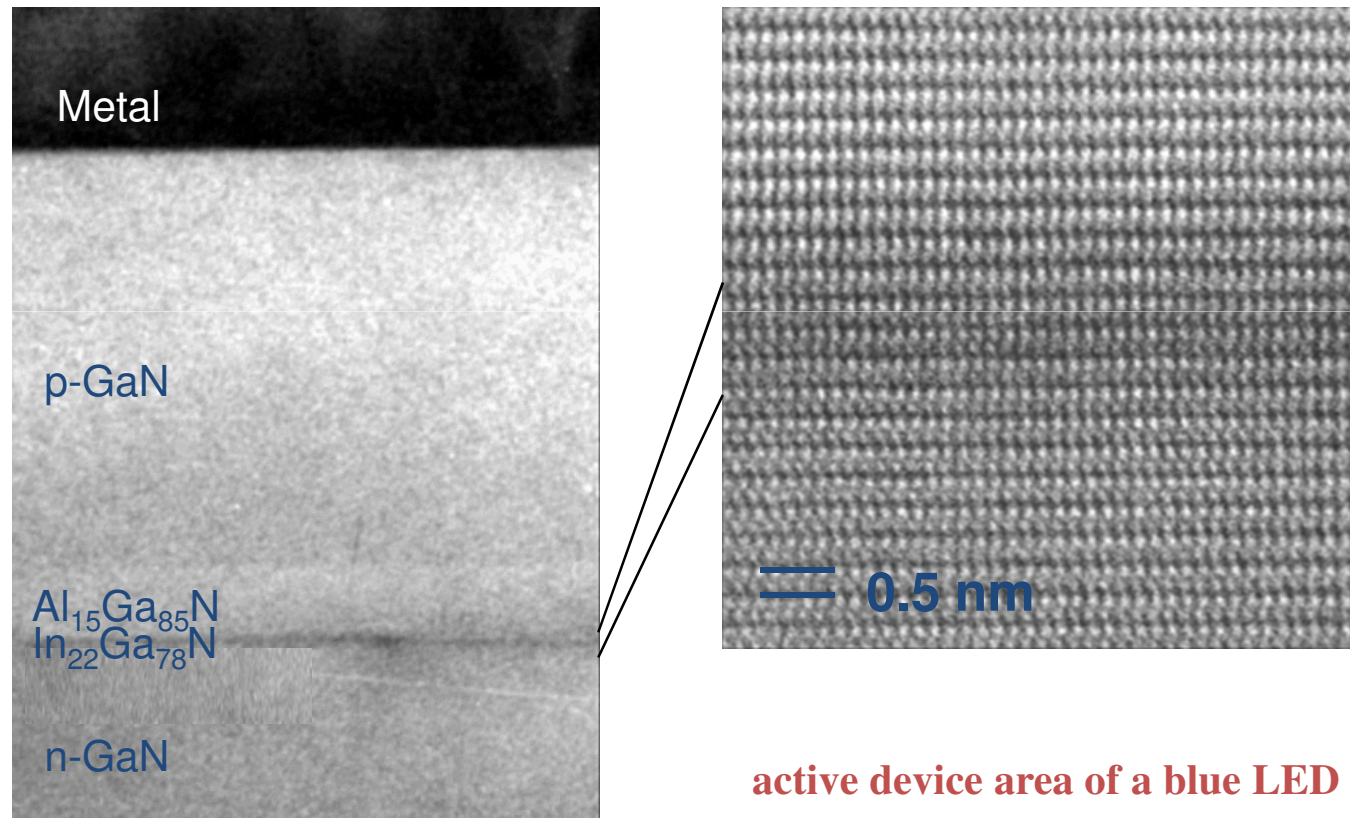
Közvetlen és közvetett átmenet, lényeges hatások különbség



A világító dióda egyszerűsített sávképe

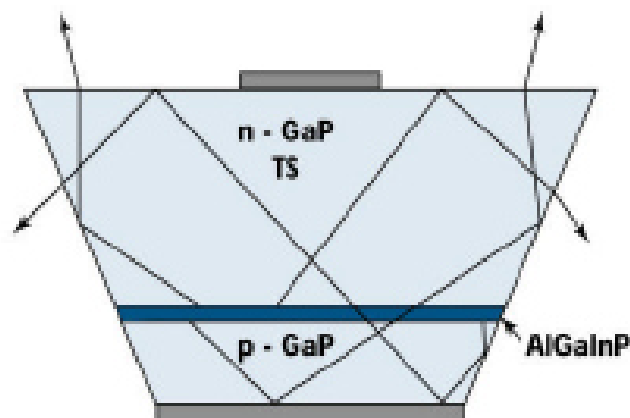


LEDS keresztmetszete

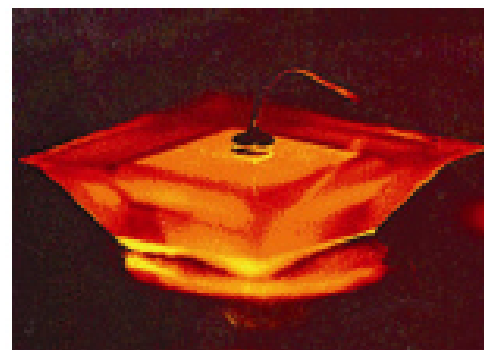


Fény kicsatolás javítása GaP alapú LED esetén

Chip-shaping



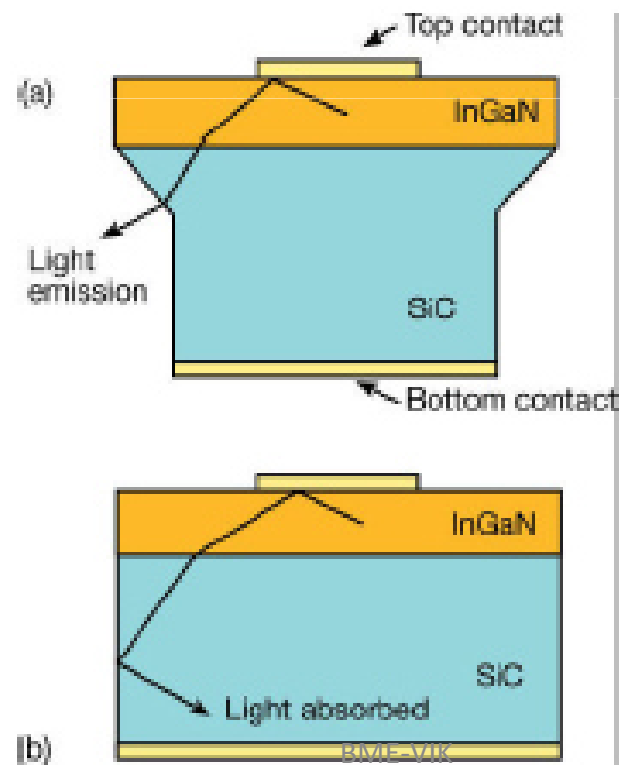
- TIP (truncated inverted pyramid) LED
- >100 lm/W peak efficiency



Source: LumiLeds Lighting

Fény kicsatolása SiC alapú LED esetén

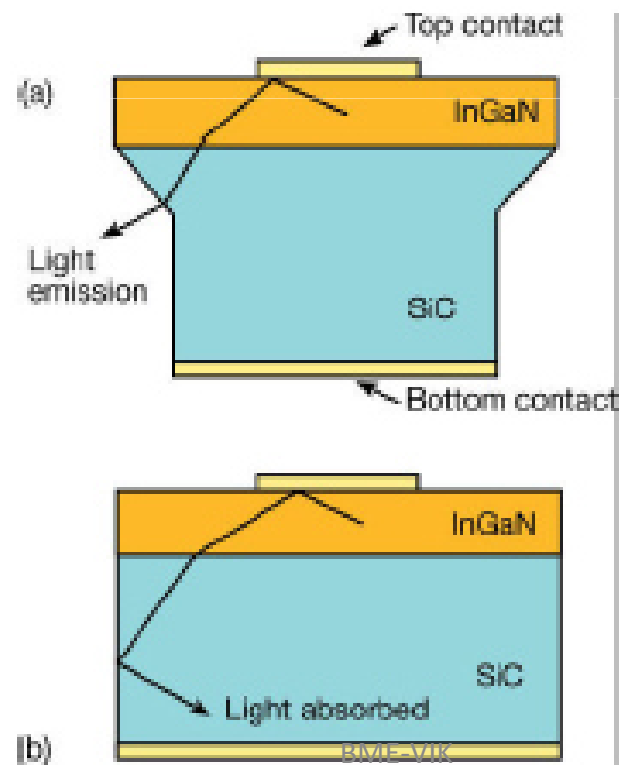
Chip shaping



Source: Cree,
Osram Opto
Semiconductors

Fény kicsatolása SiC alapú LED esetén

Chip shaping

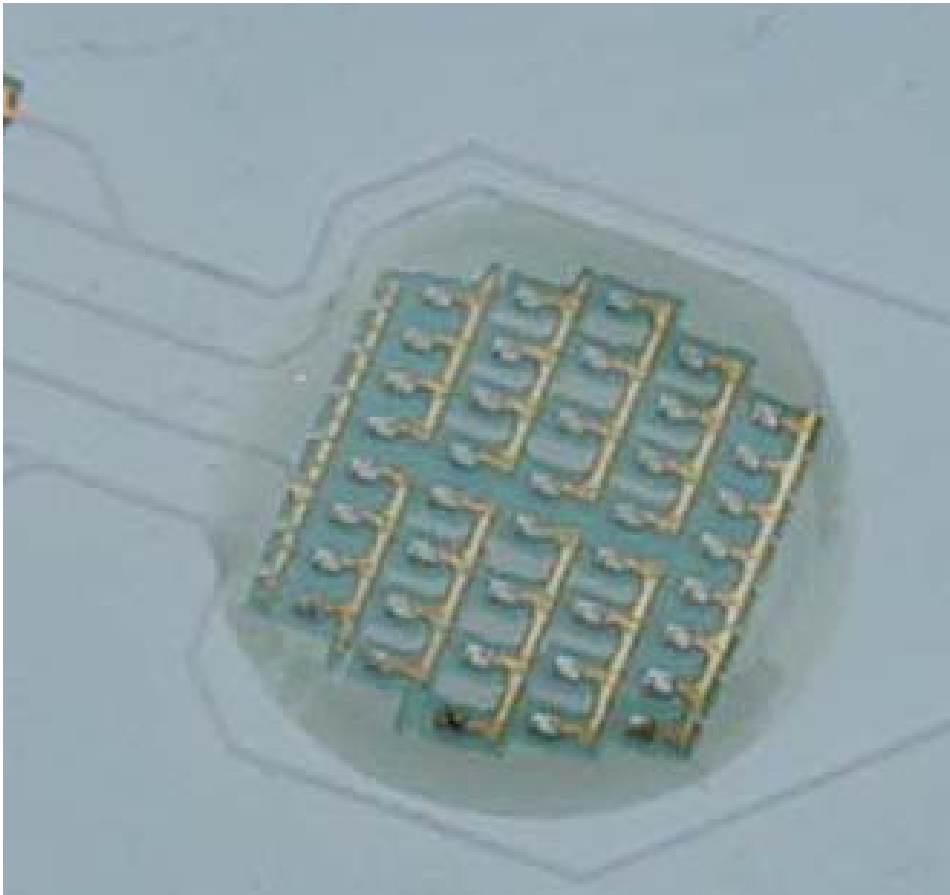


Source: Cree,
Osram Opto
Semiconductors

Kontaktusok

- N-típusú kontaktus: Ti, Al és Ti/Al (oxidáció)
 - Au védőréteg
- P-típusú kontaktus: bonyolult, féltve őrzött gyártási titok

Sok egyedi LED morzsából összetett fényforrás



Tipikus méret:
 $0,5 \text{ cm}^2 - 2 \text{ cm}^2$,
fényárama eléri az
50 lm értéket.

Modern hatásfok adatok

- Nichia: 70 lm/W
- GaN zöld: 50 lm/W
- HP: 40 lm/W, 58% hatásfok
- Fehér: 40 lm/W
- Agilent/Philips: 102 lm/W
- Toyoda Gosei: zöld 17% hatásfok
kék 20% hatásfok
- Univ Ulm: 45% hatásfok
- Jelenleg a közeli ultraibolyában sugárzó LED-ek hatásfoka nagyobb, mint a kékeké, így fehér fényforráshoz alkalmasak.

2004 nyári adatok (The Lighting Journal, Sept/Oct 2004)

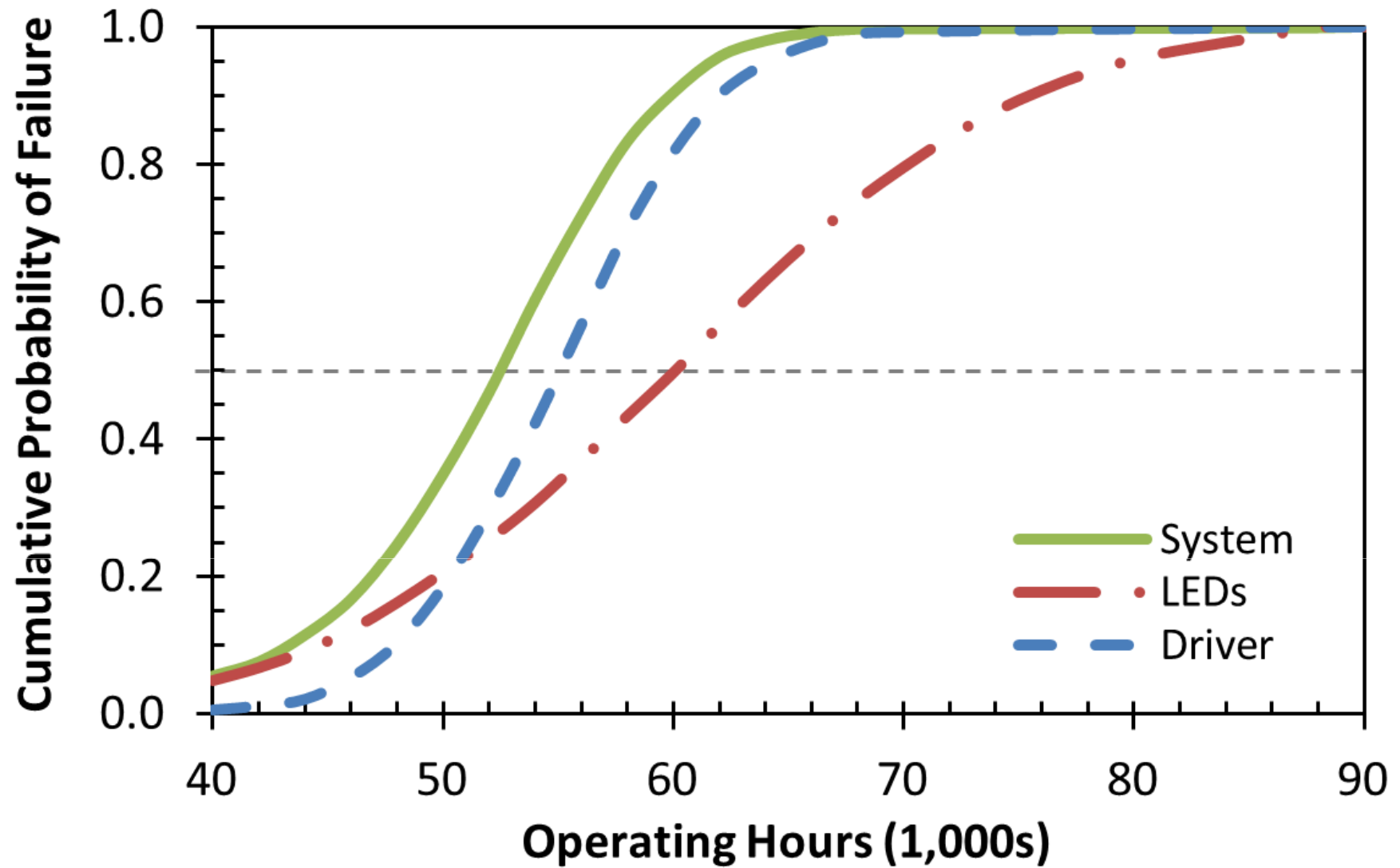
- Luxeon V (5W): 2000 h
- 10 – 20 Wos, 800 lm-es egységek jönnek: 30-35 lm/W
- Luxeon K2 2006 Feb.: 140 lm, 1,5A, 3,85V, 5.8 W, 6500K, 24 lm/W; 700 mA.nél 40 lm/W
- Élettartam:
 - 2000 h-s egységek
 - 20 000 h-s típusok
 - 50 000 a hosszú élettartamú
- Meghajtó elektronika élettartama?

Nichia 2005 okt. adatok

- 5,5 W – 200 lm
- 11 W – 400 lm
- 4600 K – 9000 K LED-ek: 38 lm/W
- 2800 K: 31 lm/W
- Gépkocsi fényszóróhoz LED: 11 W, 3°C/W termikus ellenállás, max chipp hőmérséklet: 150°C, üzemi körülmények: -40°C – 105°C.

2006 márc adatok

- Nishia 20 mA-es LED: 100 lm/W gyártába megy
- Cree 57 lm/350 mA: 47 lm/W

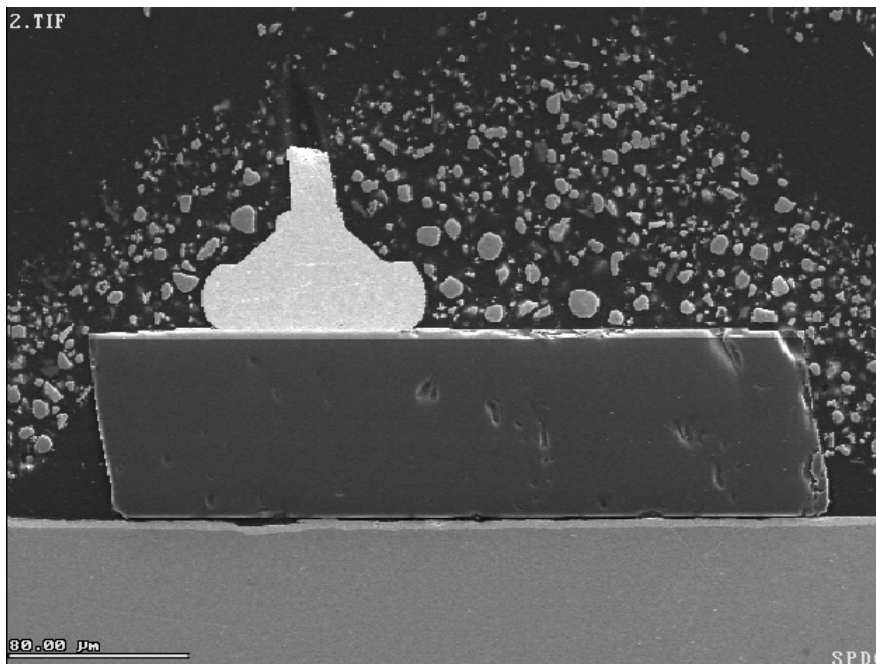


Rendszer és elemeinek az élettartama

Fehér fény-szín előállítása

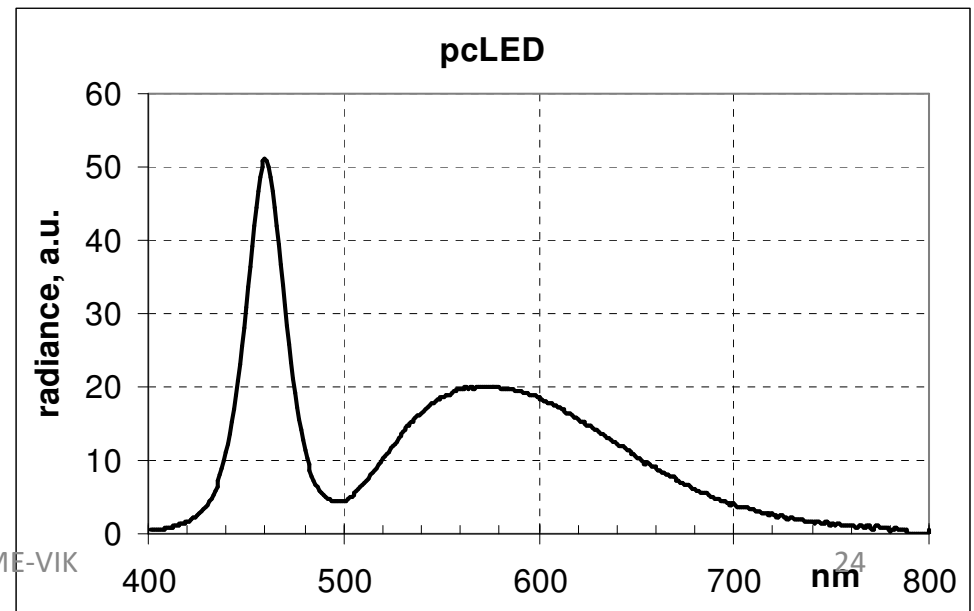
- Vörös + zöld + kék LED
 - színvándorlás
- Kék-LED + fénypor
 - Fénypor felhordás új módzatai
 - Sárga vagy zöld + vörös fénypor
- UV-LED + fénypor
 - Stokes eltolódás (gerjesztő és emittált foton energiája közötti különbség okozta veszteség)

Kék LED+sárga fénypor=fehér

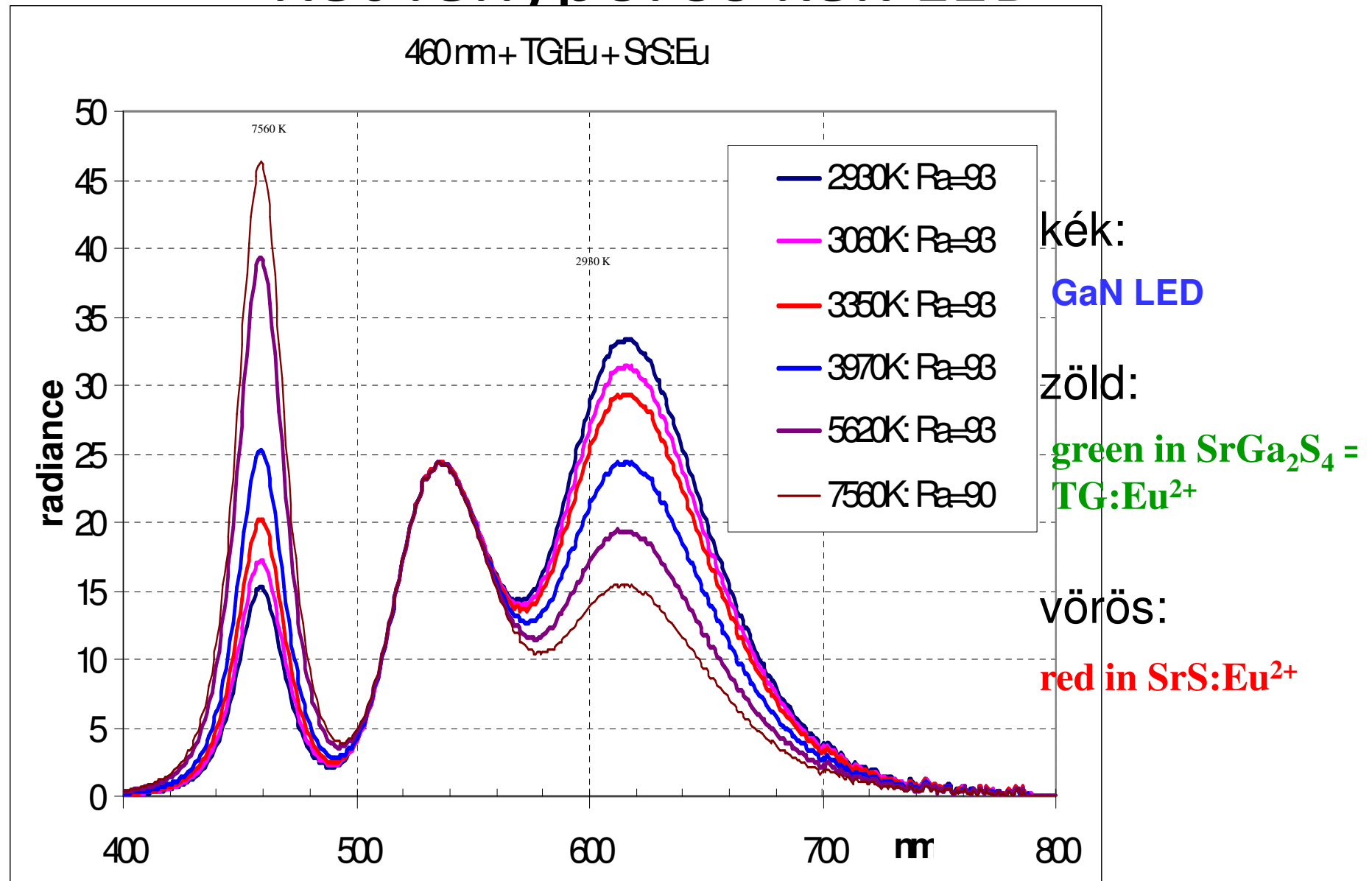


Japánban a termelés:

2 millió/hó

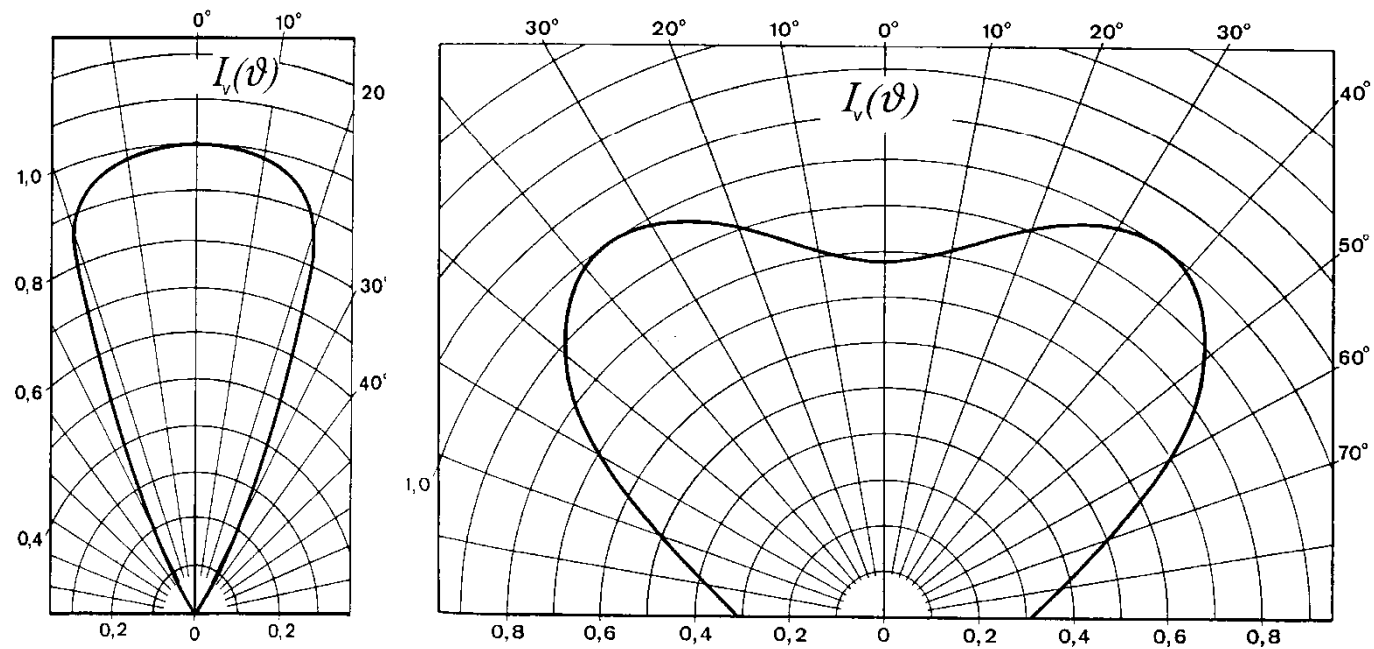


Két fényporos kék LED

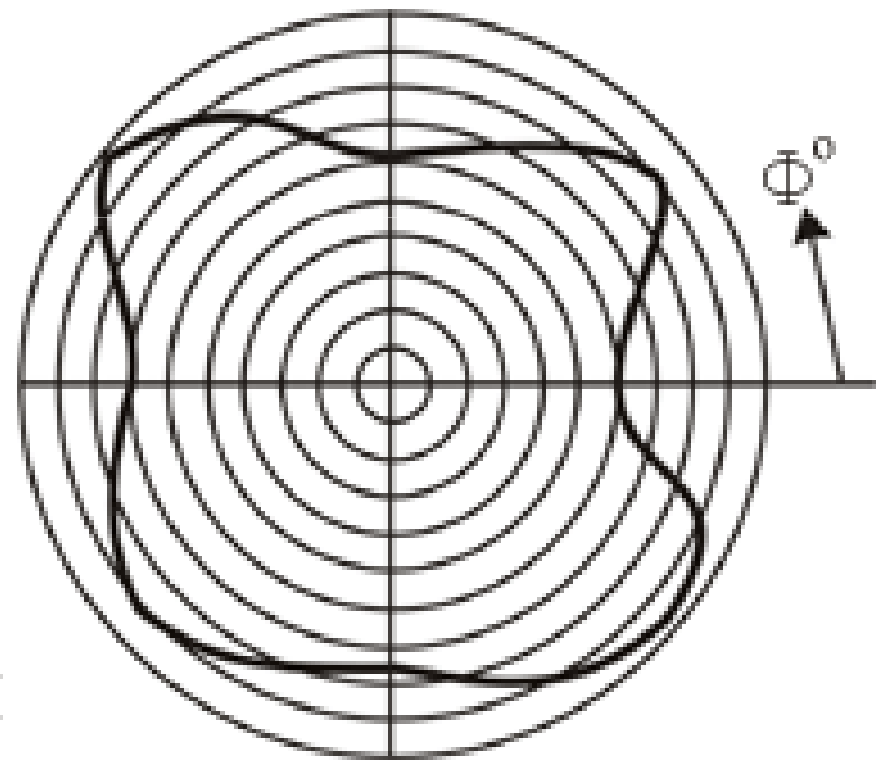
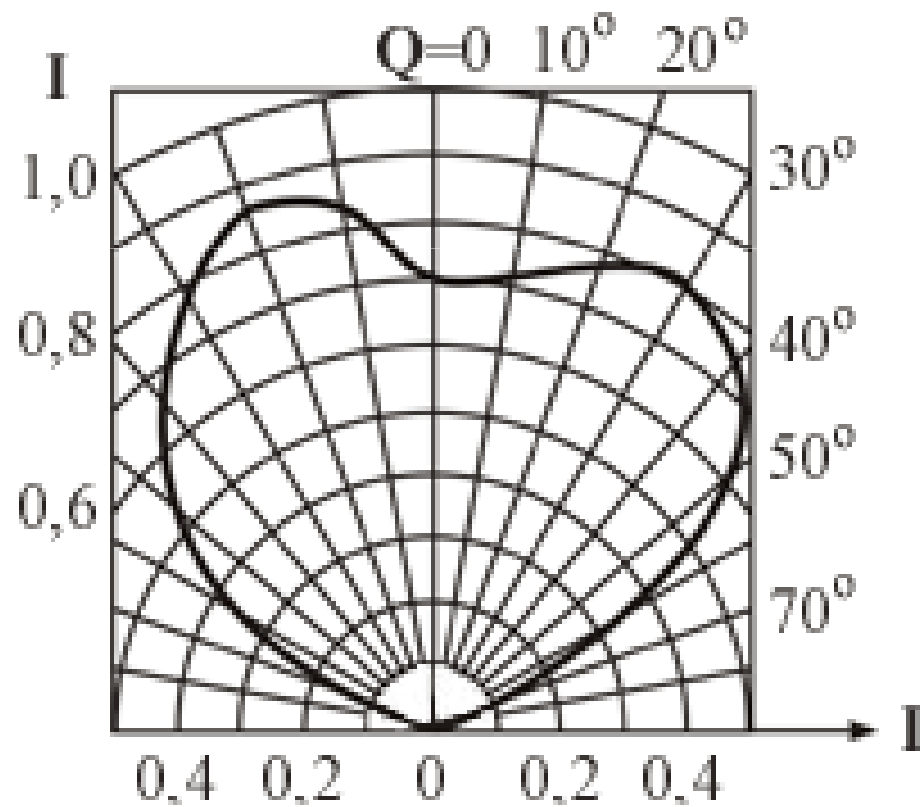


LED sugárzáseloszlása

- Különböző névleges eloszlások



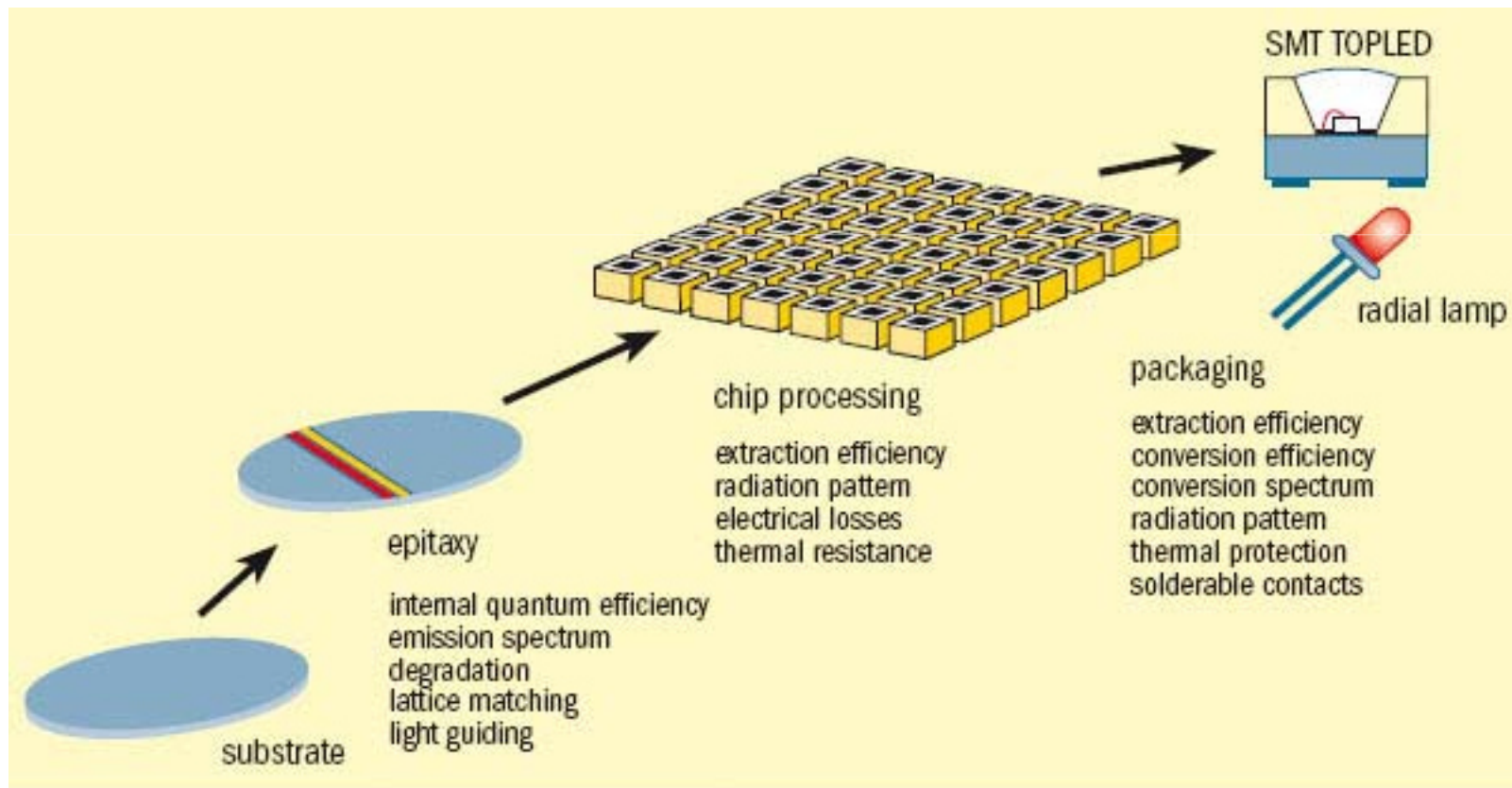
LED fényeloszlása



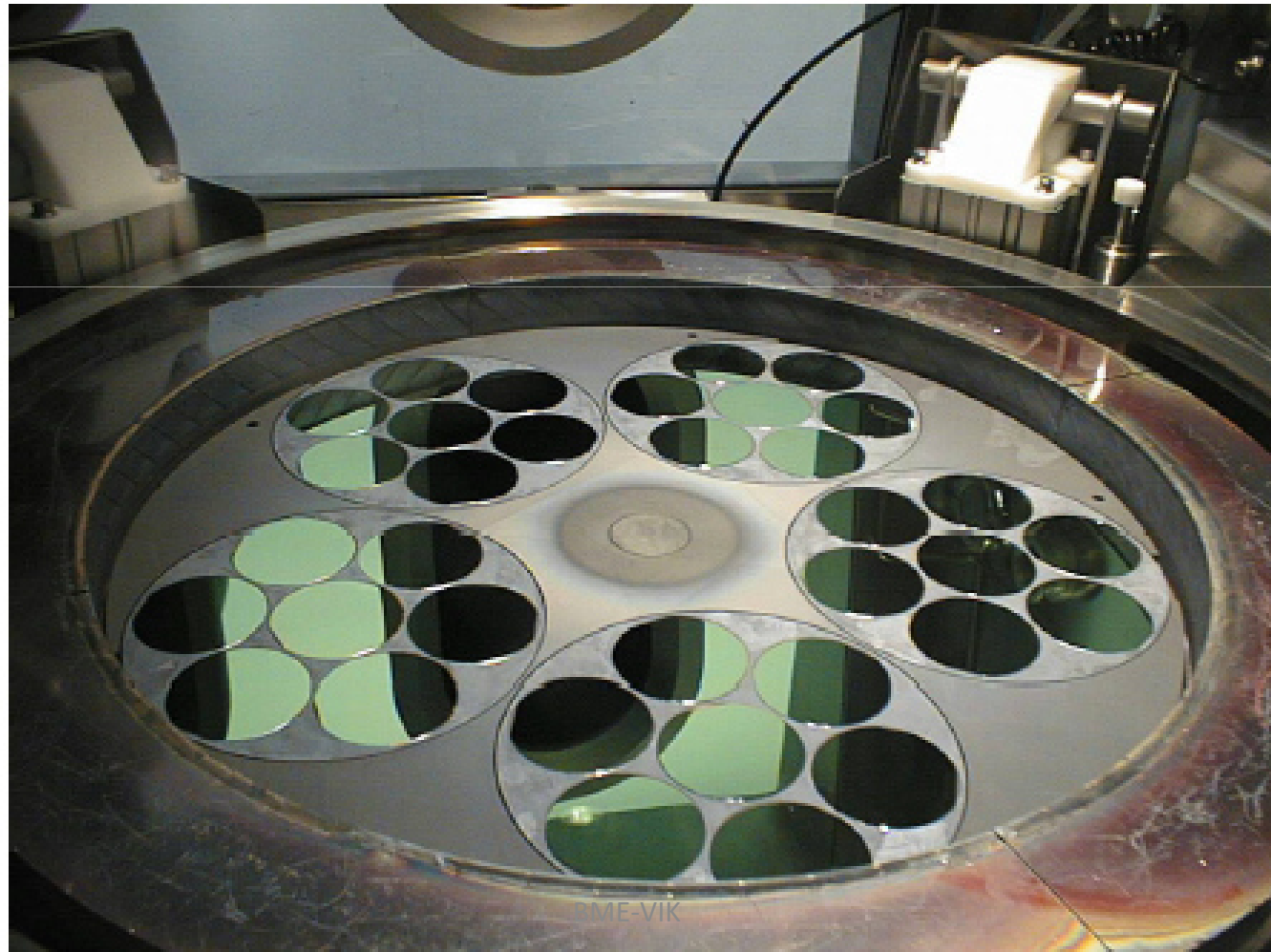
Ernyőn látható besugárzás, inhomogenitások



LED készítés lépései



Félvezető lapok az epitaxiális reaktorban

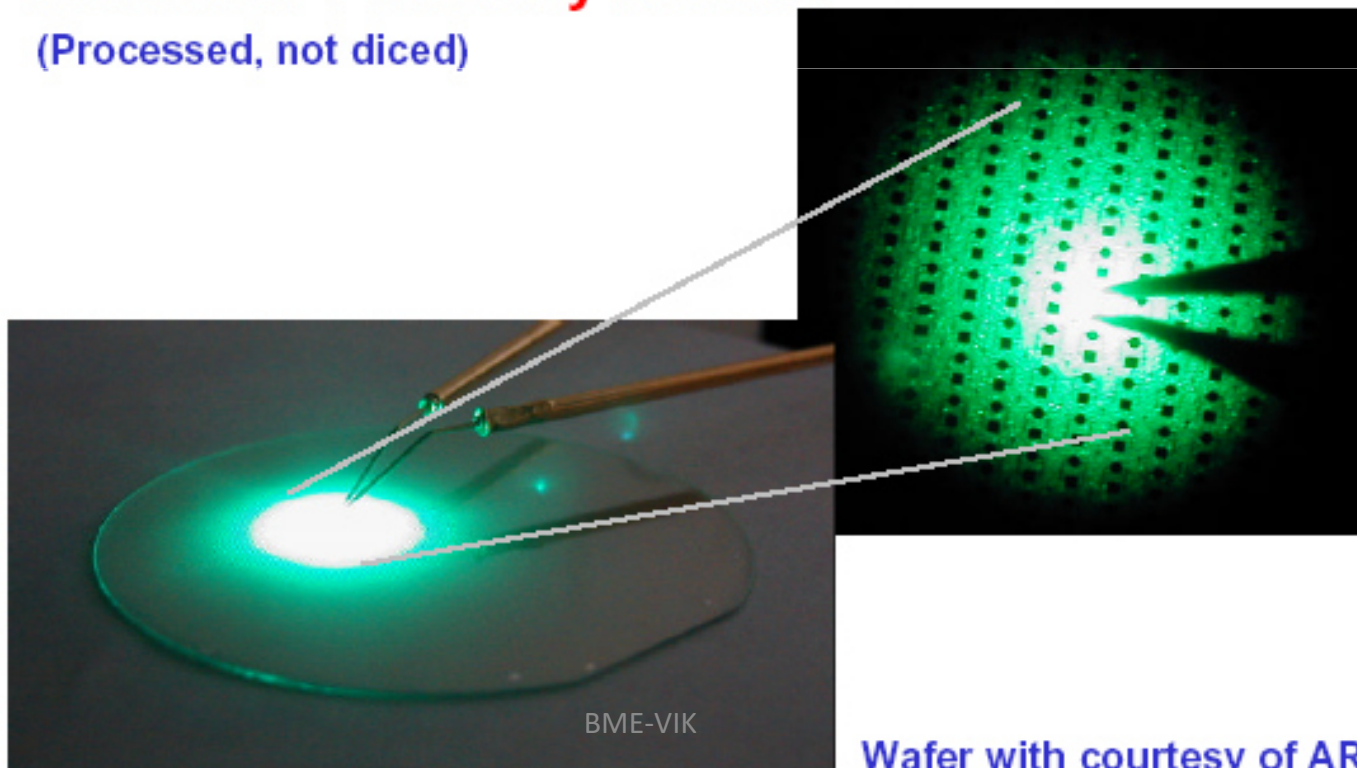


Az egyes diódák a lapon

**Green LED wafer grown on
AIXTRON Planetary Reactor®**

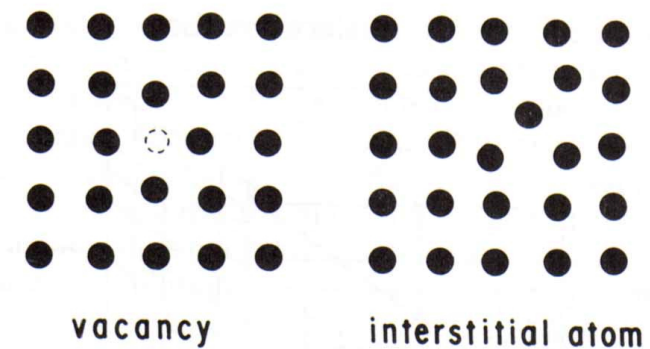
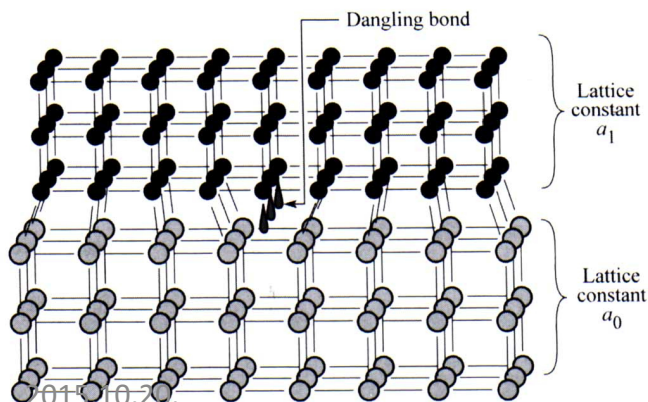
(Processed, not diced)

AIXTRON
*The CVD
Engineering Company*

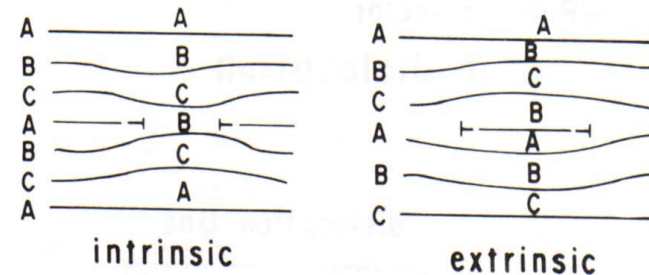


Kristályhibák, diszlokációk

- Ponthibák
 - Hiány-hely
 - Rácsközi pont
- Kristály síkban lévő hibahelyek
- Különböző rácsállandójú anyagok határfelülete

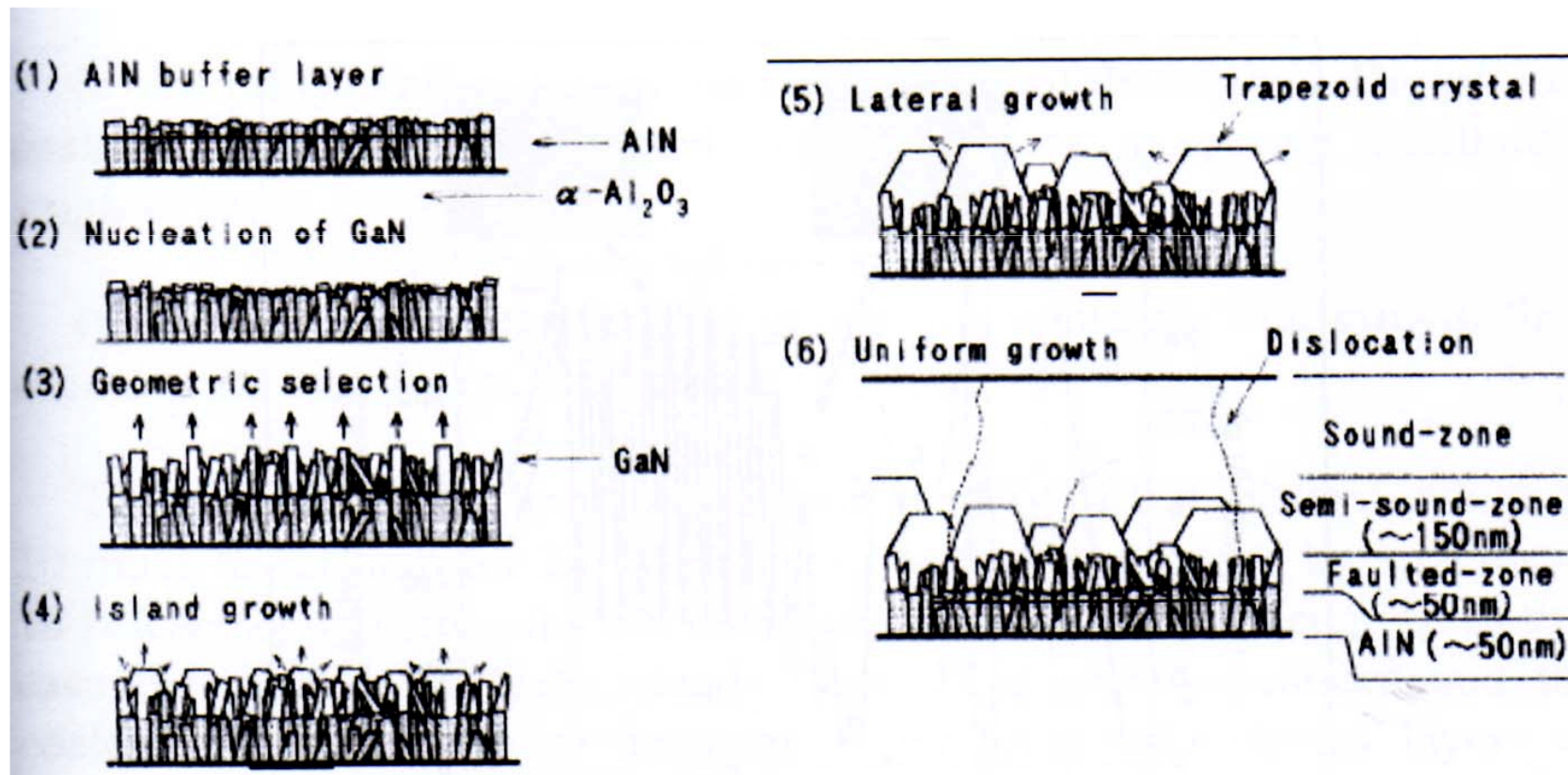


(a) Point defect

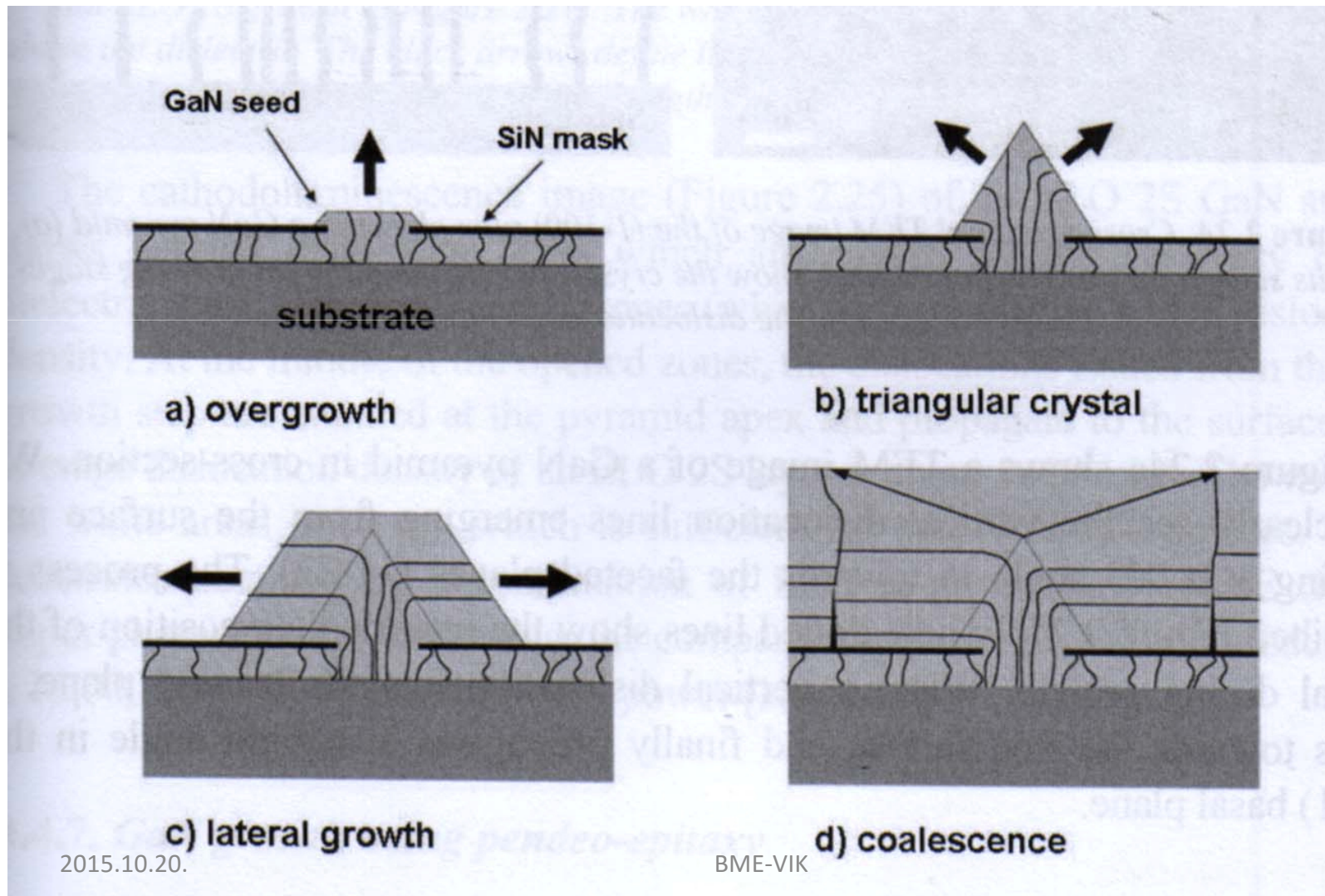


(b) Plane defect

Diszlokációk számának csökkentése, AlN közbenső réteg



Diszlokációk számának csökkentése, SiN maszk



LED-ek meghibásodásának okai

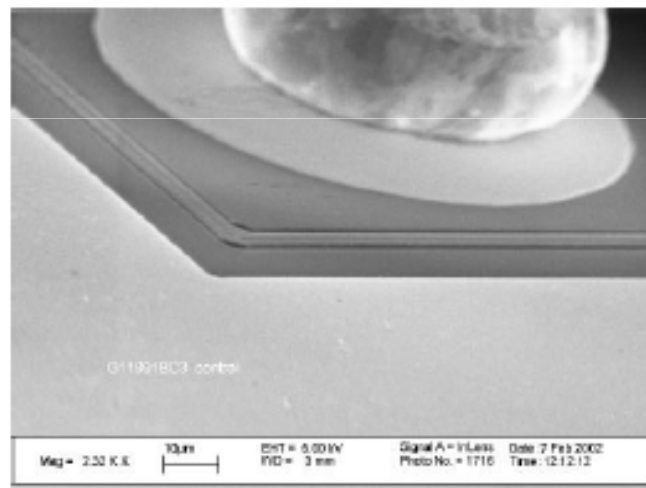
- A kristálystruktúra hibái, ezek mozgása
- Az árambevezetés túlterhelése
 - Külső kontaktus
 - Áram eloszlás a rétegben
- Fénypor öregedés
- Tokozás
 - külső behatások: nedvesség stb.

LED élettartam: korrózió

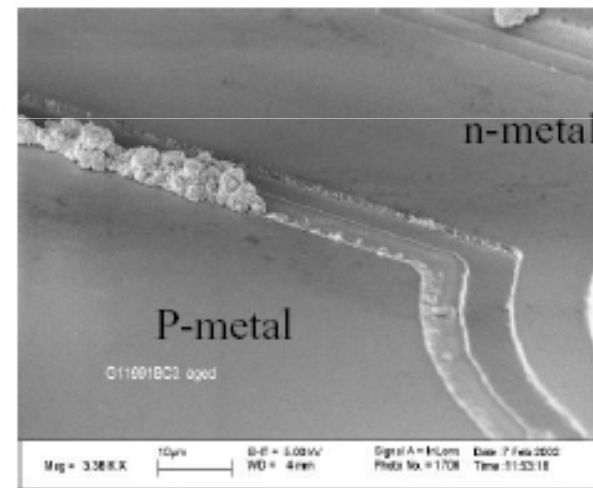


Large Flip Chip on Al_2O_3 , low current density

Catastrophic Ir Failure Root Cause: Ag electromigration
(previously reported by Lumileds Lighting)



Control device with Ag contact



Aged device with Ag contact

**Electrochemical degradation of Ag through SiO_2 passivation
causes reverse current leakage increase**

Öregedés: technológia függő

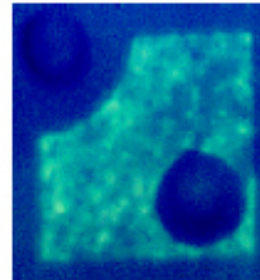


Small Chip on Al_2O_3 , low current density

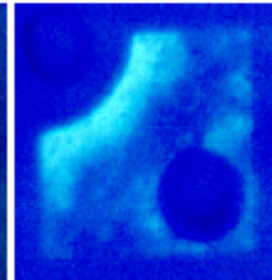
High N-GaN Doping Improves Current Spreading and Reliability

N-GaN doping $7 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$

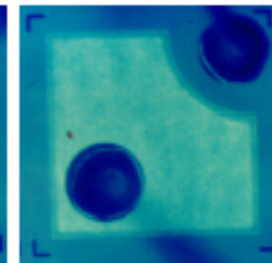
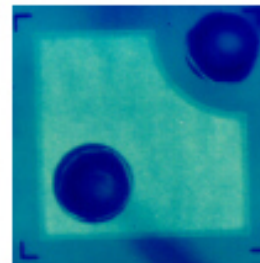
Before aging



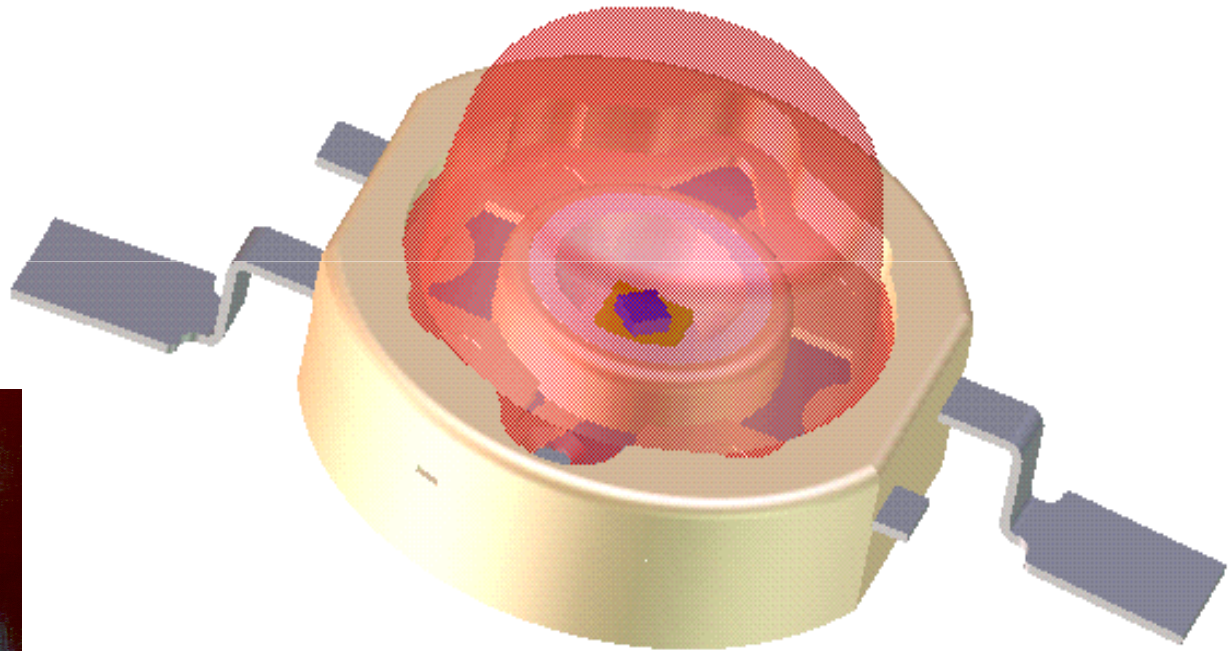
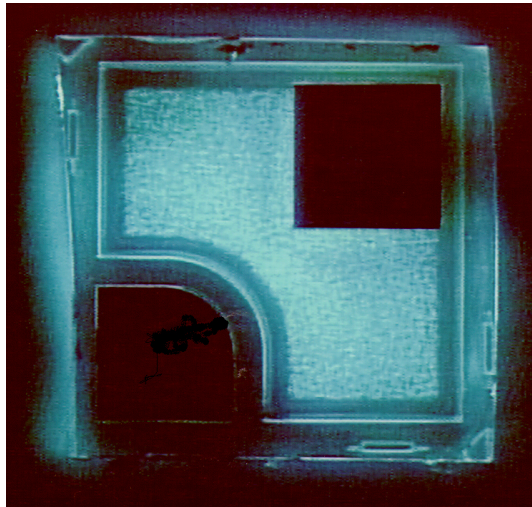
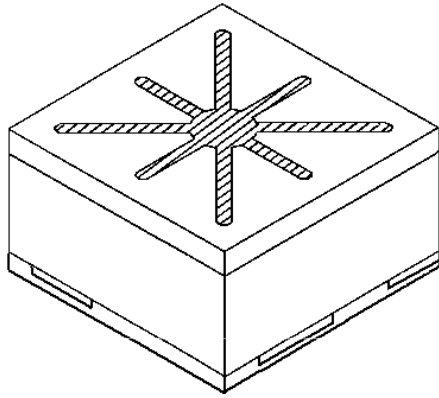
After 1000 hours of
aging at 30 mA, 55°C



N-GaN doping $1.5 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$



Modern nagyteljesítményű kék LED eszköz és az alkalmazott lapka



Nagyteljesítményű LED, 5 W

Luxeon III

140 – 190 lm

1400 mA

20.000 h

2005 április



Luxeon K2 tip. LED



Osram Golden Dragon LED



Cree XL LED



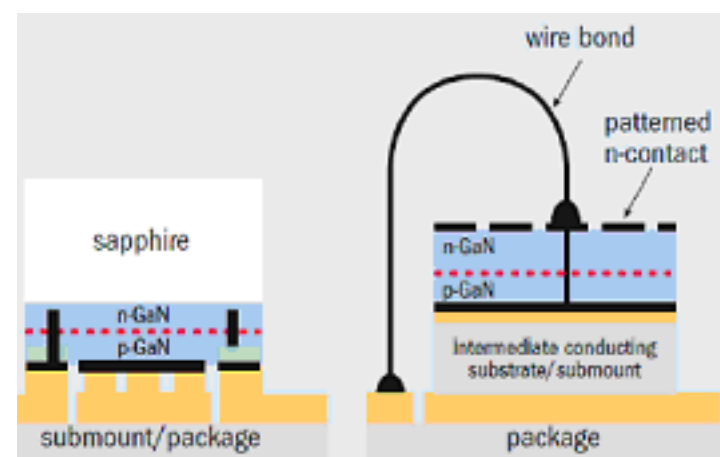
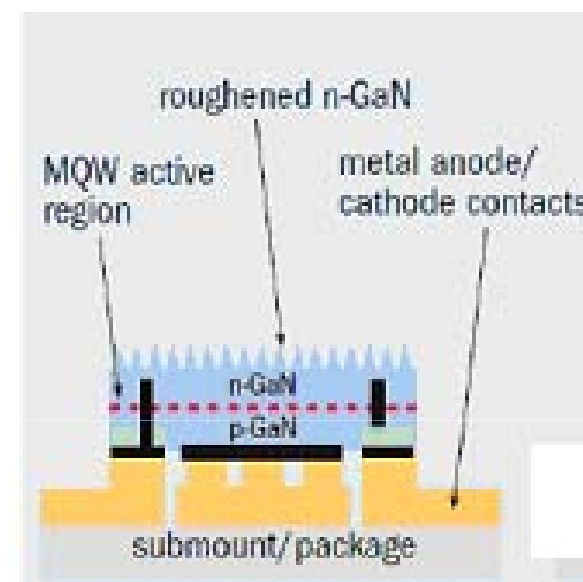
Világító diódás (LED-es) fogalmak

- **világító dióda:** CIE 17-662 light emitting diode: p-n átmenettel rendelkező szilárdtest eszköz, mely elektromos árammal gerjesztve optikai sugárzást bocsát ki
 - Rövidítés: LED
- **LED-lapka (morzsa):** LED die



2015.10.20.

BME-VIK



LED-tok(?) (package)

F.2 LED package

Schematic examples of LED packages are given in Figure F.2.

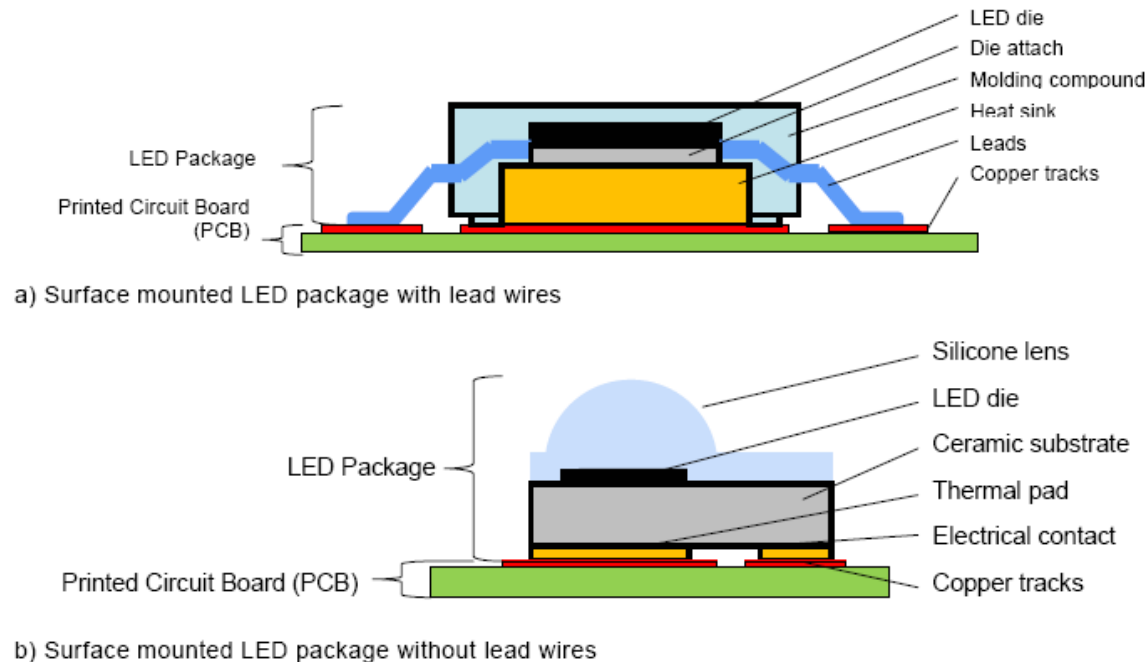
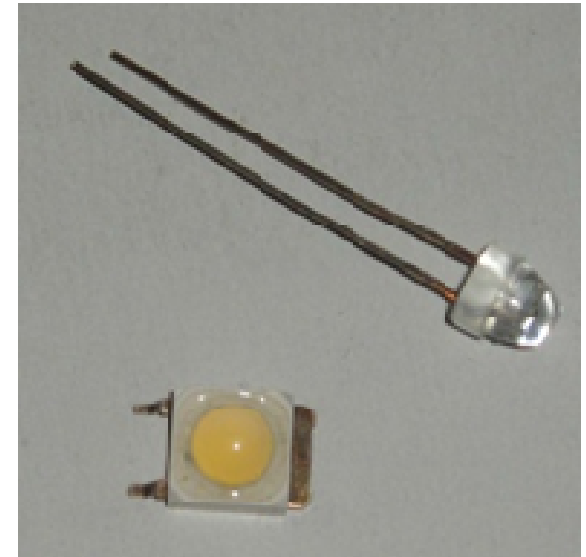


Figure F.2 – schematic drawings of LED packages



Tokozott LED-
LED csomag (?)

- 2 tokozott teljesítmény LED felépítése

LED-mátrix/tömb (LED array)

- Több tokozott LED vagy lapka geometriai rendbe történt elrendezése nyomtatott áramköri lapon vagy más hordozón



LED-modul (LED module)

- Egy vagy több tokozott LEDből/LED-csomagból álló összeállítás, mely tartalmazhat elektromos, optikai, mechanikus és termikus alkatrészeket, interfészeket és előtétet (vezérlő készülék - controlgear)



LED light engine

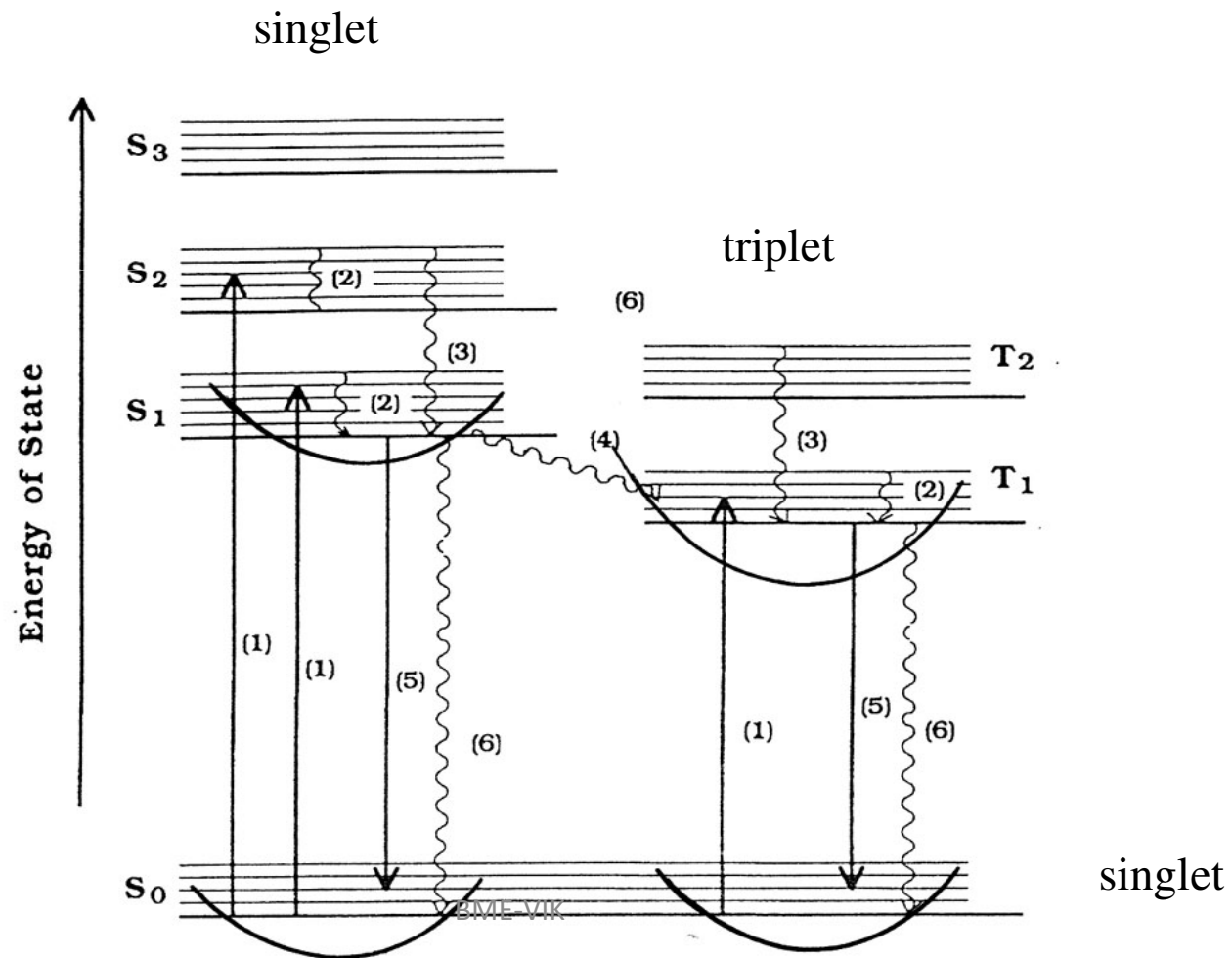
- Tokozott LEDekből/LED-csomagokból vagy – modulokból álló összeállítás, mely tartalmazza a LED-előtétet, optikai és termikus egységeket. Külön rendelésre készített csatlakozón át csatlakozik a hálózatra.



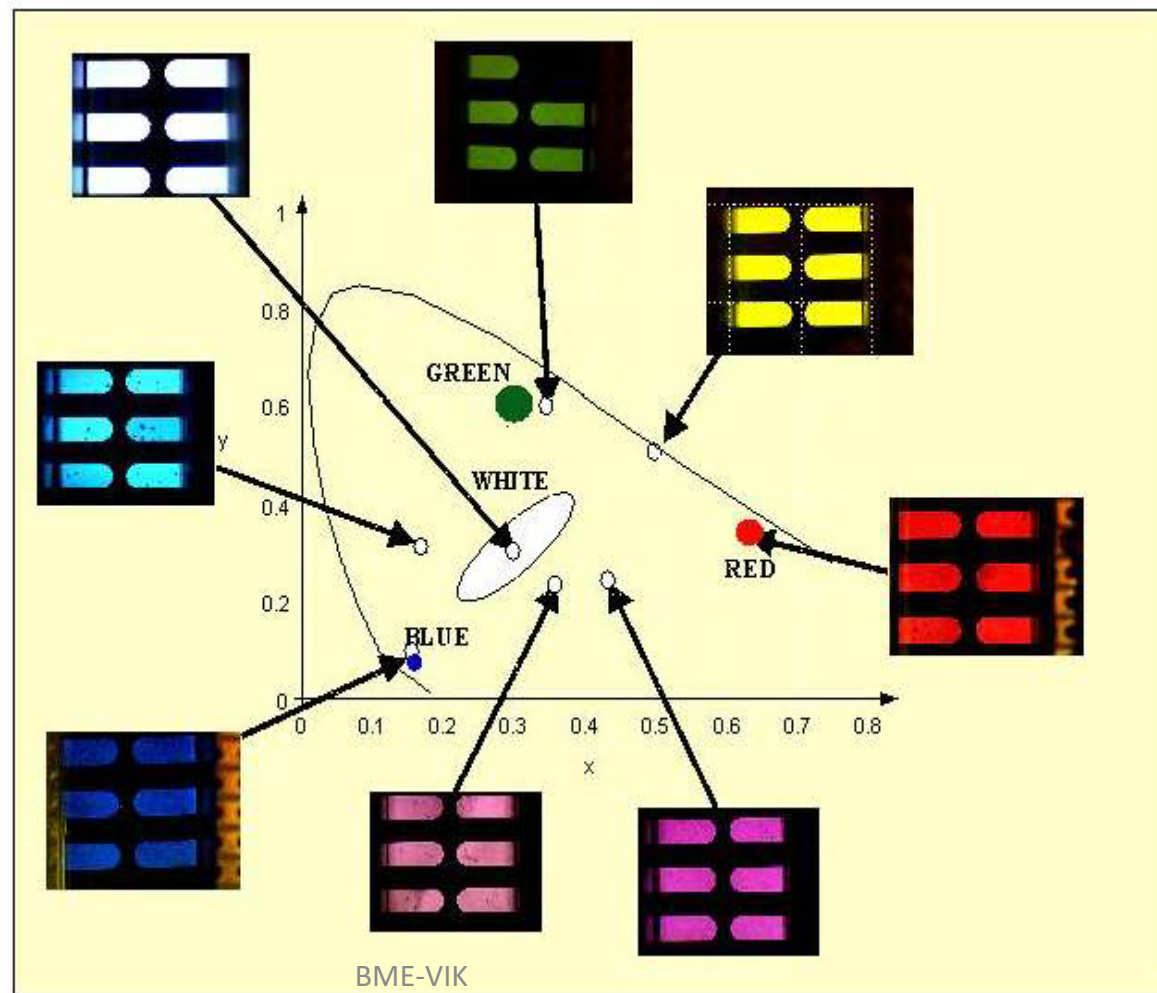
További technológiák

- Vékonyréteg II-VI félvezetők
 - mikrokristályos rétegek
 - párologtatott rétegek
 - Egykristályok (ZnTe)
 - (pl. számítógép háttérvilágítás)
- Szerves vékony rétegek:
 - hajlékony,
 - nagyfelületű

OLED sávszerkezet



A polimer kémiai szerkezete határozza meg a színt



Organikus electrolumineszcencia

- AC el. lum.: Bernanose et al.: 1953.
- DC el. lum: Pope et al.: 1963
- Anyagok:
 - Polymer LED-ek: PLED-ek
 - kis molekulás OLED-ek



Organikus LED-ek: OLED-ek

- Fehér OLED-ek
 - 30 – 50 lm/W
 - $< 1000 \text{ cd/m}^2$
 - 10 000 h – 30 00 h élettartam, tárolási élettartam!
- Élettartam szín-függő, vörös OLED-ek stabilabbak
- méret probléma: $10 - 20 \text{ cm}^2$

Fehér OLED-ek



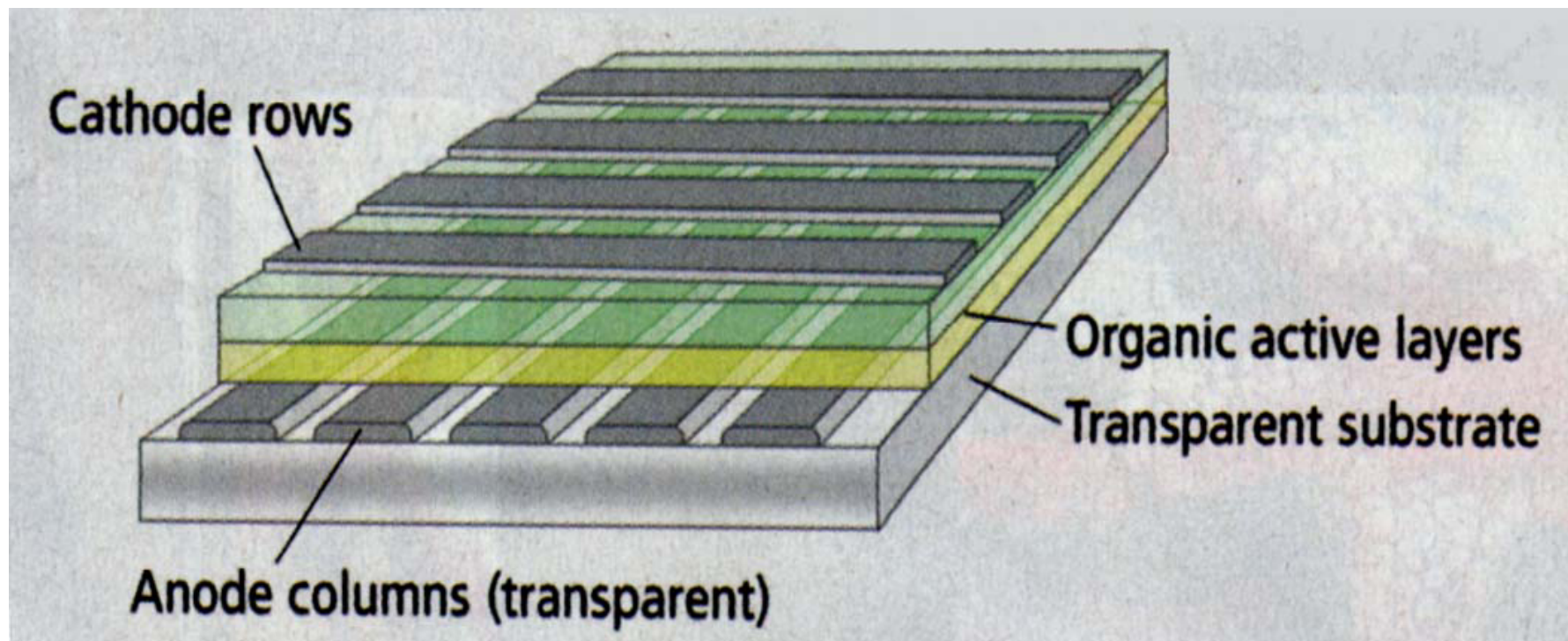
Osram Opto Semiconductors has demonstrated a white polymer-based OLED with an efficiency of 25 lm/W. The cool-white device was produced by applying a standard, orange-emitting, external inorganic phosphor to Osram's blue-emitting phosphorescent polymer device with a peak luminous efficacy of 14 lm/W. The



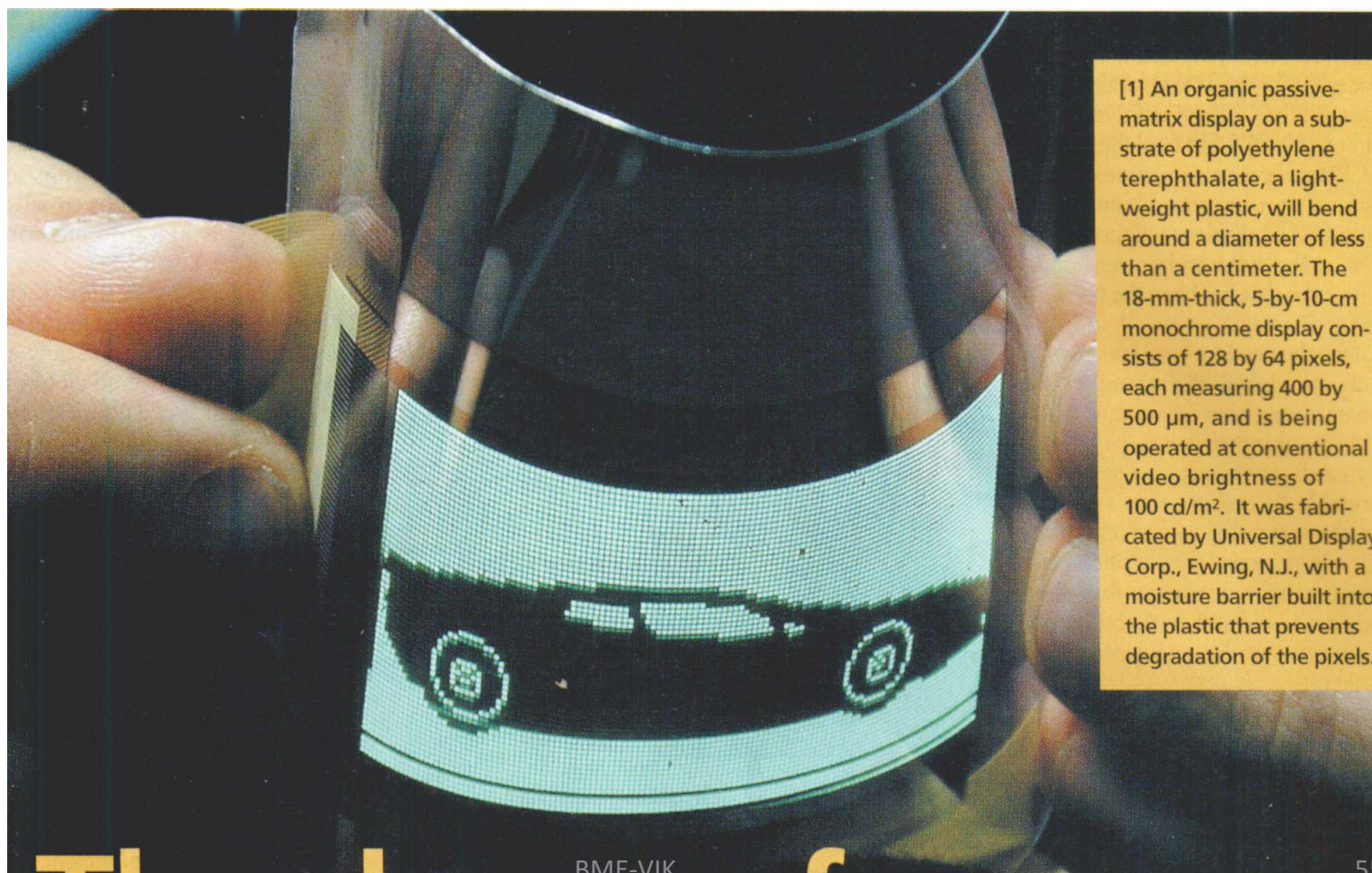
High-quality white light is emitted by OLED materials without phosphor conversion, as shown in this Philips demonstrator.

lásd: S Harris OLED light
sources LEDs Magazin , Feb. 2007
és 46 lm/W, 5000 h, LED prof.Rev.
Mar/Apr.2008.

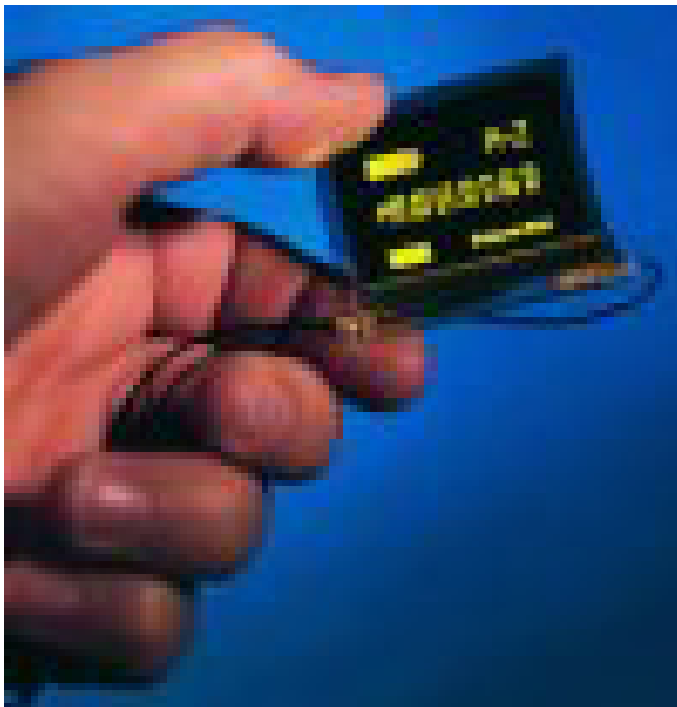
Szerves el.lum. kijelző metszete



Hajlékony szerves el.lum. panel



Kis és nagy felületű OLED képernyő



Szervetlen - szerves LED-ek összehasonlítása

- Szervetlen
 - Kis méret (chip néhány mm²)
 - Merev és szilárd
 - Hosszú élettartam
- szerves
 - Nagy felület – sík tábla
 - törékenyebb
 - Élettartam tokozás függő

Összefoglalás

- InGaAlP és GaN alapú LED technológia
- Jelzőlámpákban egyértelmű előny
 - élettartam
 - rázásállóság
- Nagyfelületű kijelzők
- Általános világításhoz fehér fény
 - 3 chip technológia
 - 1 chip + 1 vagy 2 fénypor technológia
- Szerves technológia kísérleti stádiumban

LED-ek és az emberi szemvédelme

- Nagyteljesítményű LEDek
 - sem nem klasszikus fényforrások
 - sem nem lézerek
- Sugárzásvédelmi előírások még nem tisztázottak