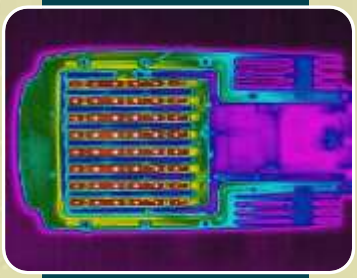
Budapest University of Technology and Economics



CoB LED-ek mérése és modellezése a Delphi4LED projektben

X. LED konferencia Budapest, 2019. február 5-6

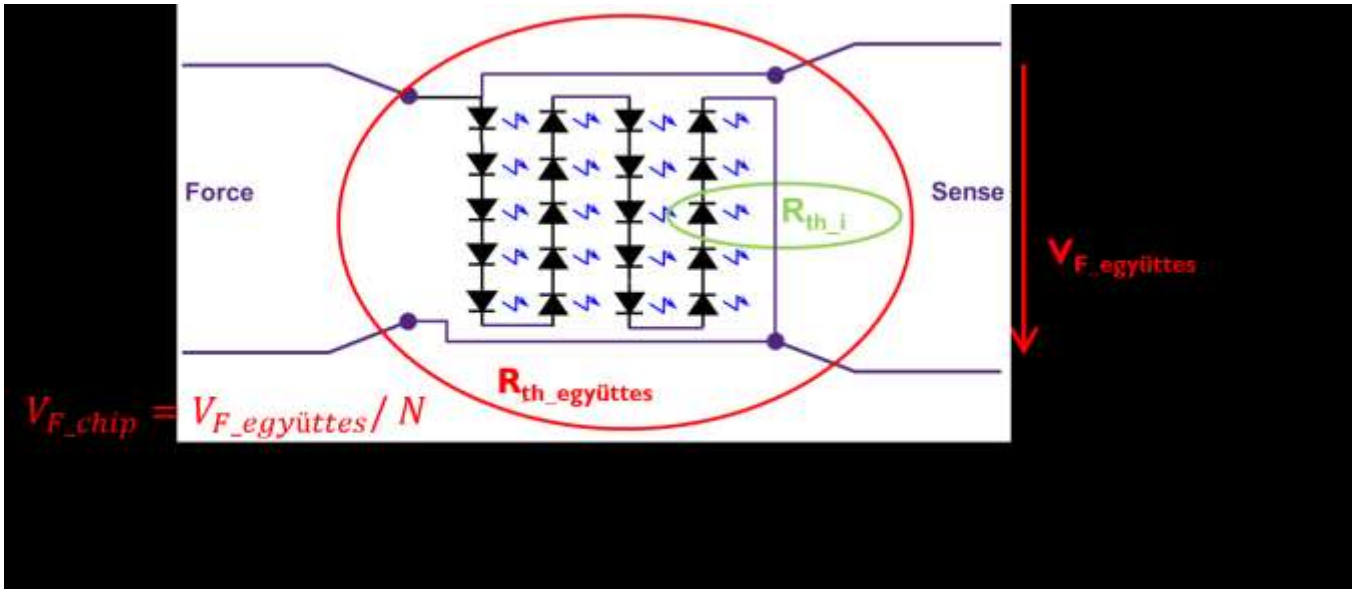
Hegedüs János, Hantos Gusztáv, Dr. Németh Márton

Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem
Elektronikus Eszközök Tanszéke

eet.bme.hu

CoB LED-ek modellezése

- A félvezető chip-ek elemi pn-átmenetek modelljeivell, és ezek együttesen



- A fényport külön modell írja le – anyagi jellemzők?
  - Hatásfok értékek,
  - hővezetési együttható,
  - hőtermelődés jellege, értéke, stb…

© BME Elektronikus Eszközök Tanszéke, 2019

Célirányos mérések a fénypor modellezéséhez

- 3 különböző mérési elrendezés
  - I. Kvázi-ellenpárok: gyári kék és fényporos fehér LED minták
  - II. Távoli-fénypor: passzív fényporminták távoli gerjesztéssel
  - III. Egyedi fényporos fehér minták flip-chip LED-ből (XPG3) kialakítva
- Fénykonvertáló réteg hővezetési együtthatóójának mérése
  - Fénypor anyag poli dimetil-sziloxán (PDMS) hordozóval
- Mindegyik elrendezésnek megvannak az előnyei és hátrányai...

© BME Elektronikus Eszközök Tanszéke, 2019

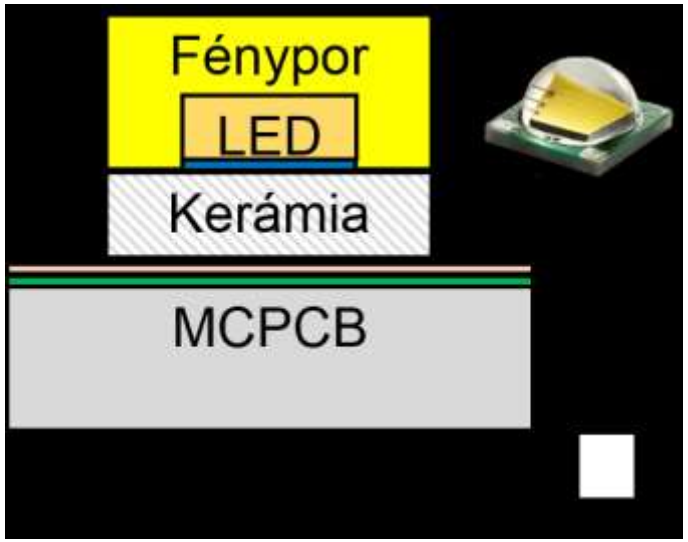
I. Kvázi-ellenpárok

- Vizsgált minták: Cree XP-E2

- Isothermikus I-V-L karakterizálás
  + spektrális teljesítmény eloszlás mérése

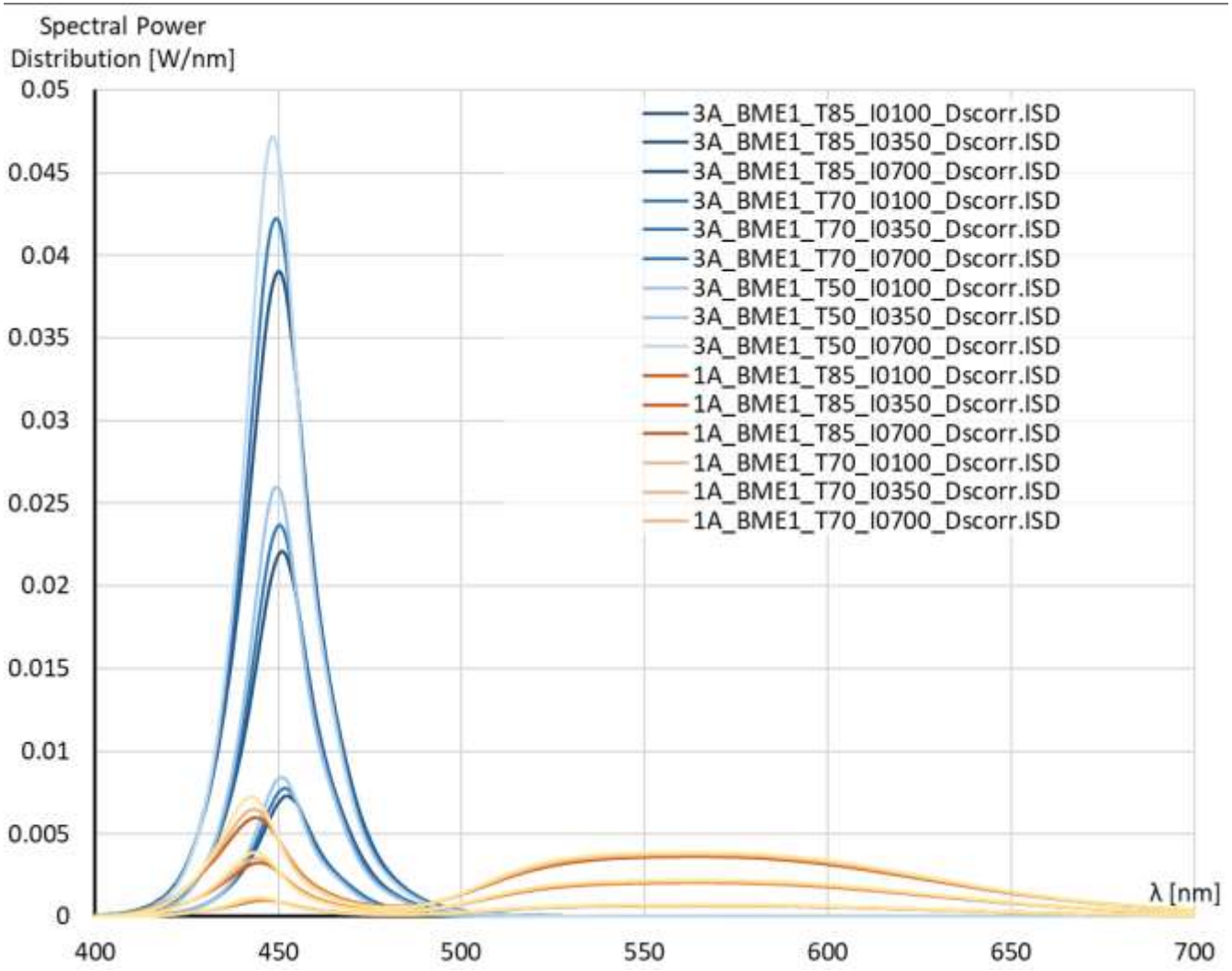
  meghatározható az egyes munkapontokban
  a fénykonverzió során disszipált hő

- Szimuláció
  - A vizsgált LED részletes 3D modellje
  - A kék fénnyel arányos veszteség
    a fényporban
  - Az eredmények ellenőrzése a mért
    termikus tranziensekkel



© BME Elektronikus Eszközök Tanszéke, 2019

I. Kvázi-ellenpárok – eredmények

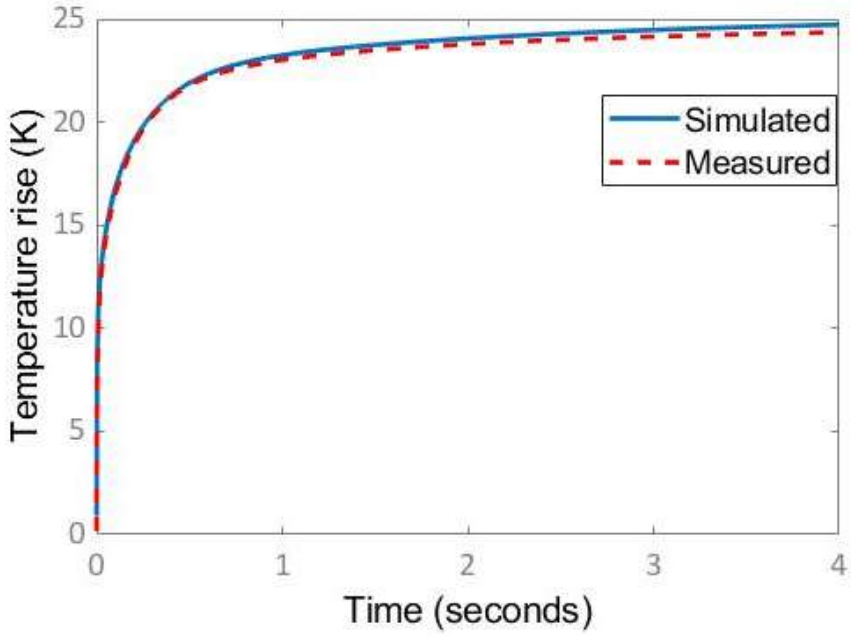


© BME Elektronikus Eszközök Tanszéke, 2019

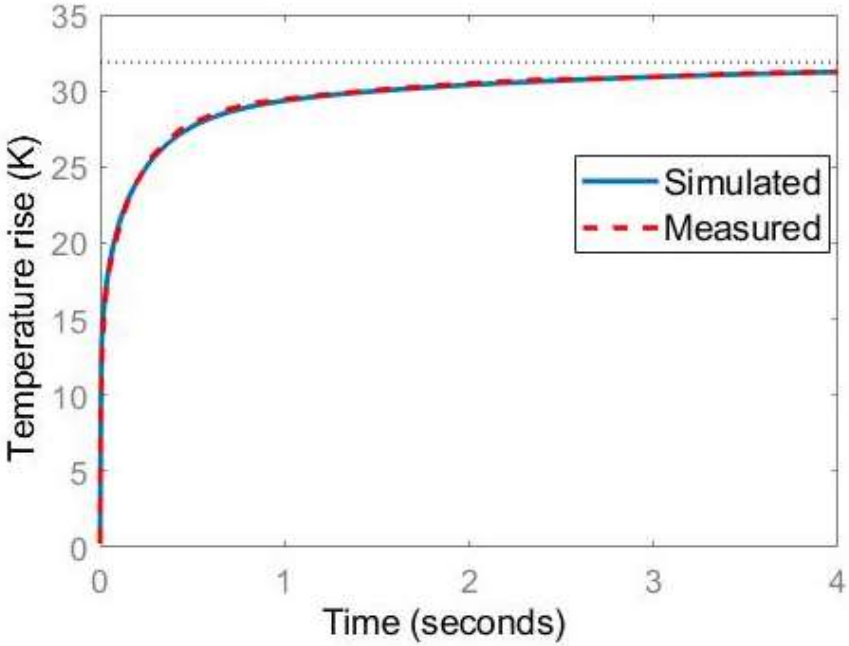
I. Kvázi-ellenpárok – eredmények

► Mért és szimulált hőmérsékleti tranziensek összevetése

Királykék LED



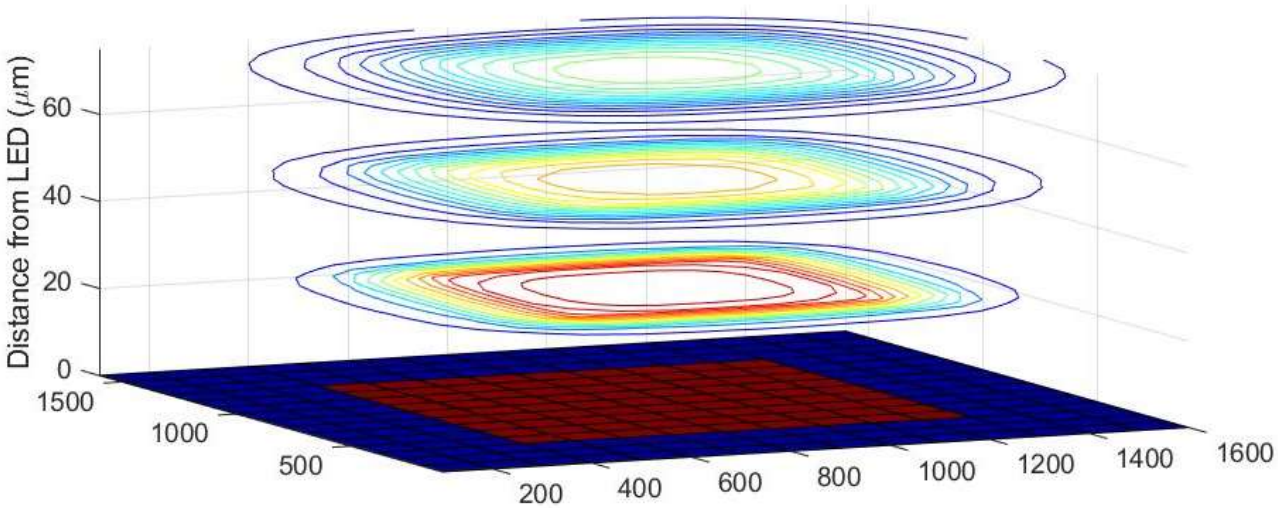
Fényporos fehér LED



© BME Elektronikus Eszközök Tanszéke, 2019

I. Kvázi-ellenpárok – eredmények

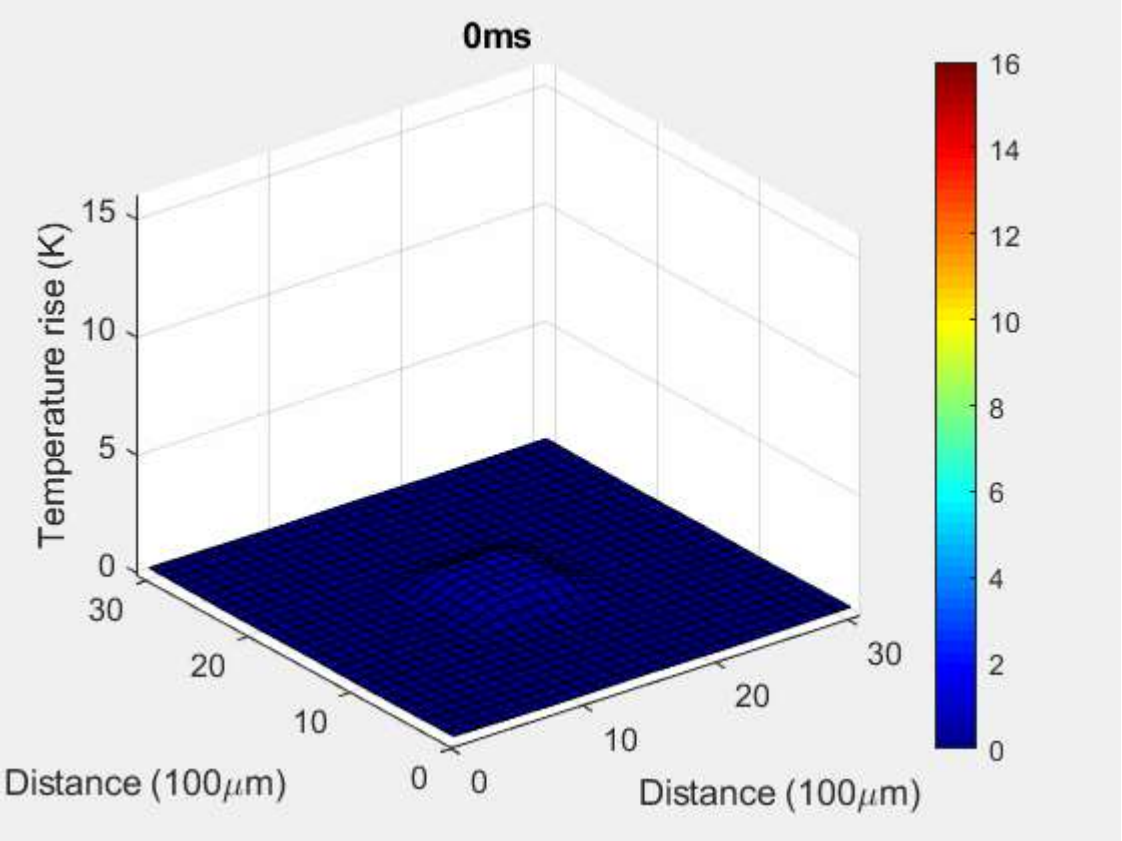
- Sugárzott teljesítmény eloszlás a fénypor-rétegben a chip felett – meghatározható a hőmérséklet eloszlás is



© BME Elektronikus Eszközök Tanszéke, 2019

I. Kvázi-ellenpárok – eredmények

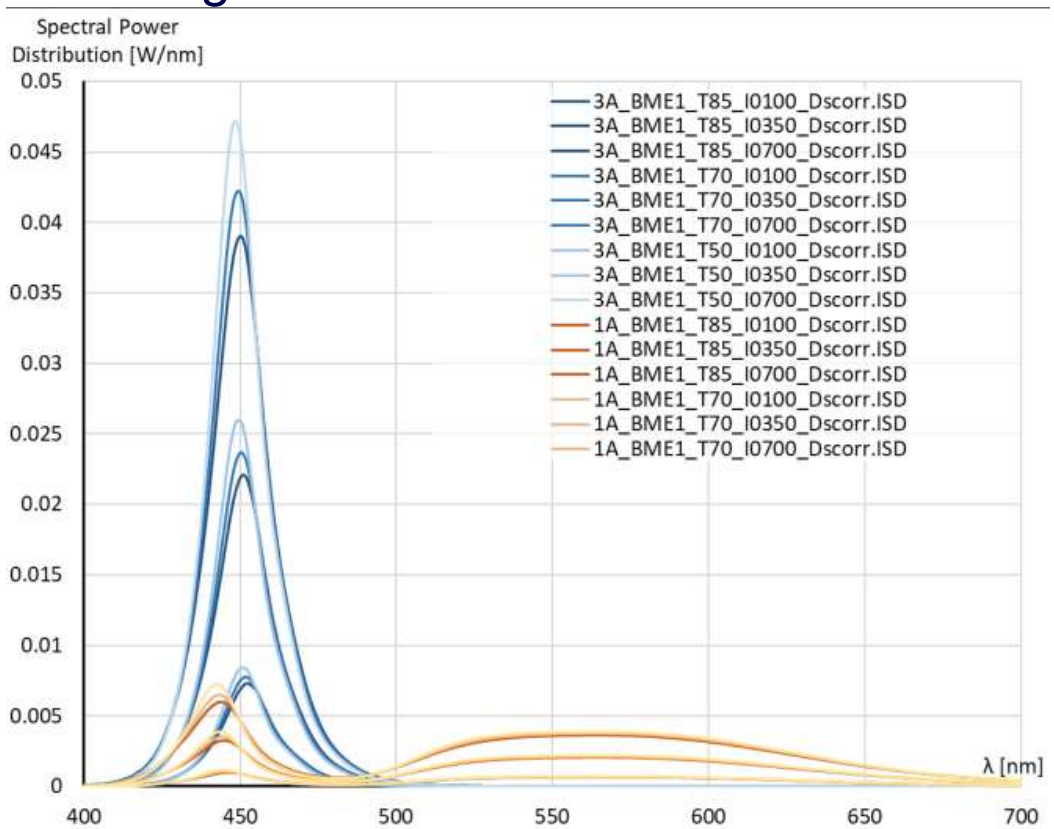
- A szimulált hőmérsékleti tranziens egy 100 μm vastag fénypor rétegben (P_{el}=1W értékre normálva)



© BME Elektronikus Eszközök Tanszéke, 2019

I. Kvázi-ellenpárok – problémák

- A vizsgált kék és fehér minták spektrális teljesítmény eloszlása eltérő lehet
  - A kék és fehér minták eltérő gyártási sorozatokból származnak
  - A kisméretű populáción belüli gyártási szórás rontja a mért értékek összevethetőségét



© BME Elektronikus Eszközök Tanszéke, 2019

Célirányos mérések a fénypor modellezéséhez

- 3 különböző mérési elrendezés
  - I. Kvázi-ellenpárok: gyári kék és fényporos fehér LED minták
  - II. Távoli-fénypor: passzív fényporminták távoli gerjesztéssel
  - III. Egyedi fényporos fehér minták flip-chip LED-ből (XPG3) kialakítva

- Fénykonvertáló réteg hővezetési együtthatóójának mérése
  - Fénypor anyag poli dimetil-sziloxán (PDMS) hordozóval

© BME Elektronikus Eszközök Tanszéke, 2019

II. Távoli-fénypor – mérési minták

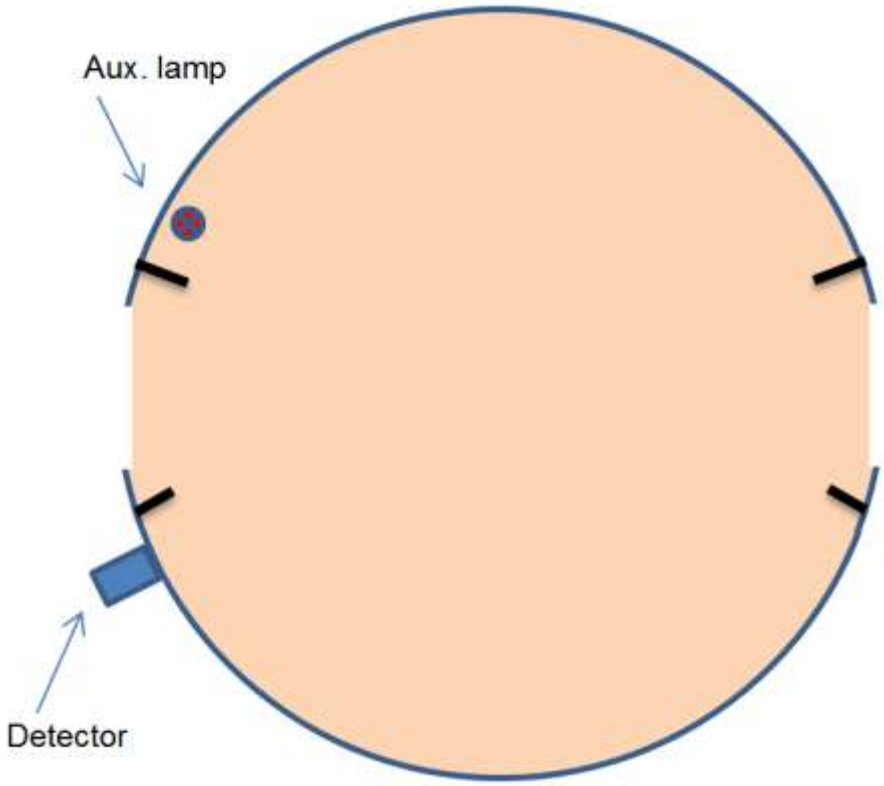
- Gyári és egyedi készítésű minták
  - Cree XLamp CXB3590 4000K, 30mm átmérő, 4db
  - 2 fajta fénypor, epoxi gyantába és PDMS hordozóba keverve, 70mm átmérővel

- A végső minták PDMS hordozóból készültek (70 x 0.9 mm lemezek)
  - Az epoxi hordozó esetében hőtágulás okozta delamináció lépett fel a minta és az alaplemez között

© BME Elektronikus Eszközök Tanszéke, 2019

II. Távoli-fénypor – mérési elrendezés

- Két mérőnyílás, egymással szemben elhelyezve
- Detektor: CAS140

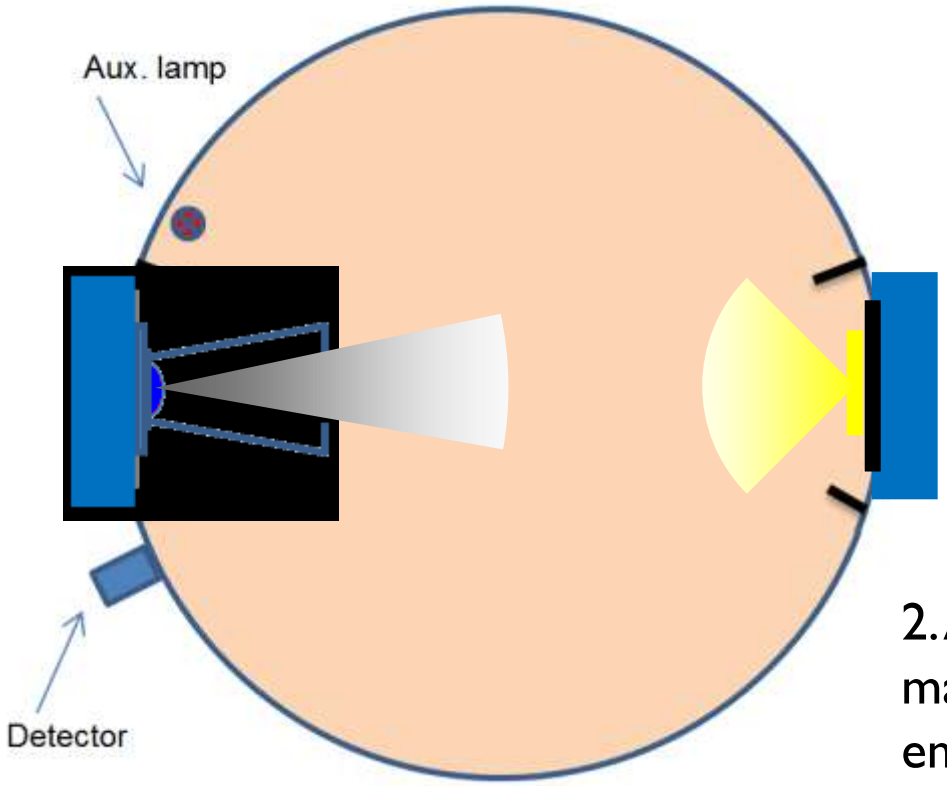


© BME Elektronikus Eszközök Tanszéke, 2019

II. Távoli-fénypor – mérési elrendezés

- 1 pozícióban: kék LED, mint gerjesztő forrás
- 2 pozícióban: hideglemezre szerelt fénypor-minta

1. Gerjesztés: kék fényforrás



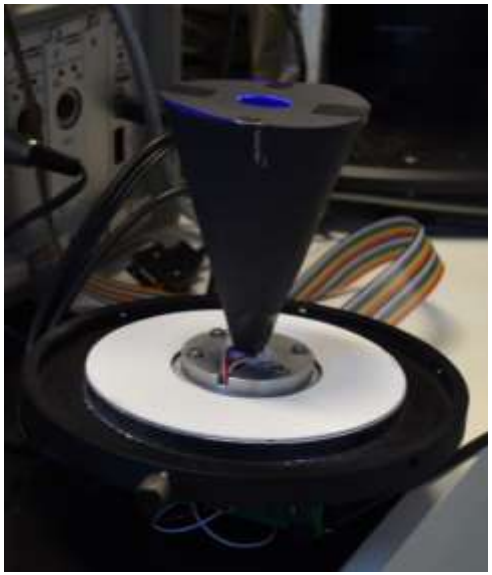
Fénypor-minta szabályozható hőmérsékletű hideglemezen, 15 °C .. 150 °C

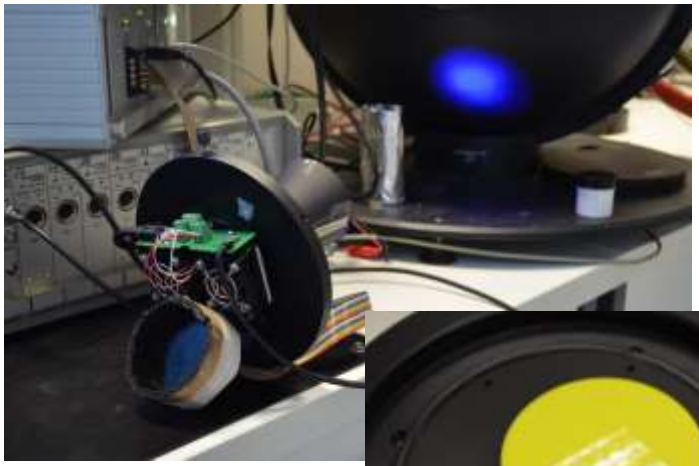
2. A fénypor másodlagos emissziója

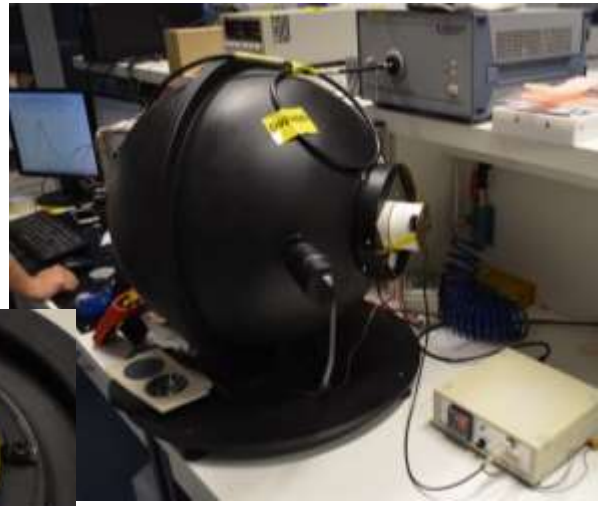
© BME Elektronikus Eszközök Tanszéke, 2019

II. Távoli-fénypor – mérési elrendezés

- Integráló fotométer gömb: a fényporos minták fókuszált, direkt megvilágítást kapnak (hullámhossz szerint választott kék LED)





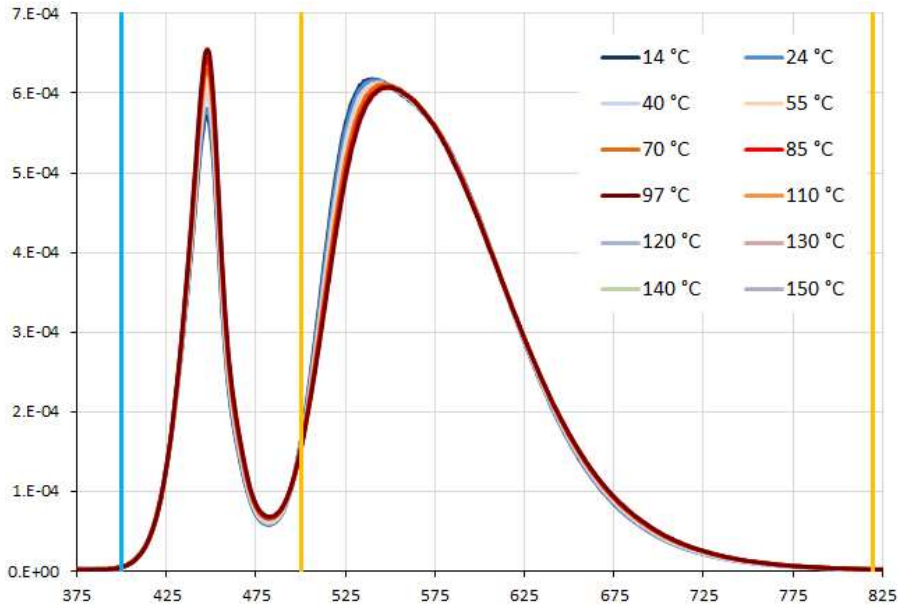


- Fókuszált megvilágítás
  - Kis méretű apertúrával ellátott kúp, a talppontnál belső tükörrel
  - Megfelelő jel/zaj (fehér/kék) viszony a gömbben

© BME Elektronikus Eszközök Tanszéke, 2019

II. Távoli-fénypor – eredmények

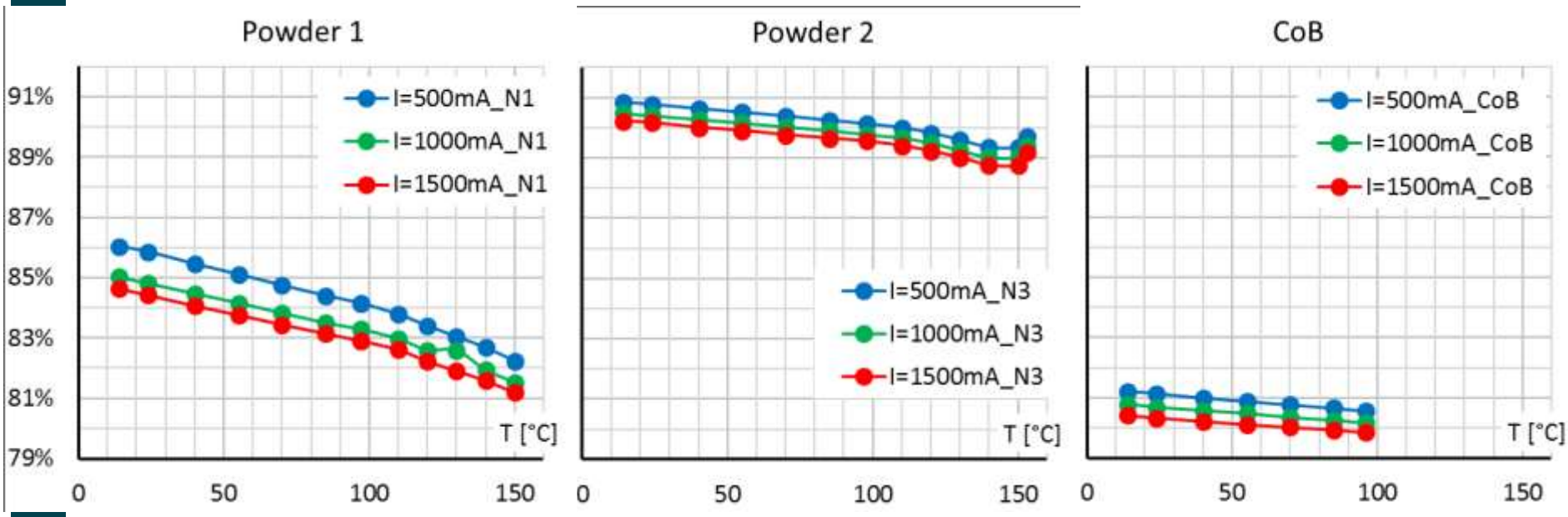
- A fénypor mérésének hőmérsékleti tartománya: 15-150°C
- A kék gerjesztés sugárzott teljesítményének mérése integráló gömbben problémás
  - Nincs kalibráció ilyen fényeloszláshoz
  - A hatékonyság görbék meghatározásakor számolt kék-referenciákkal dolgoztunk; emiatt a karakterisztikák hőmérséklet szerinti relatív változása releváns



© BME Elektronikus Eszközök Tanszéke, 2019

II. Távoli-fénypor – eredmények

- „Kék" abszorpciós ráta

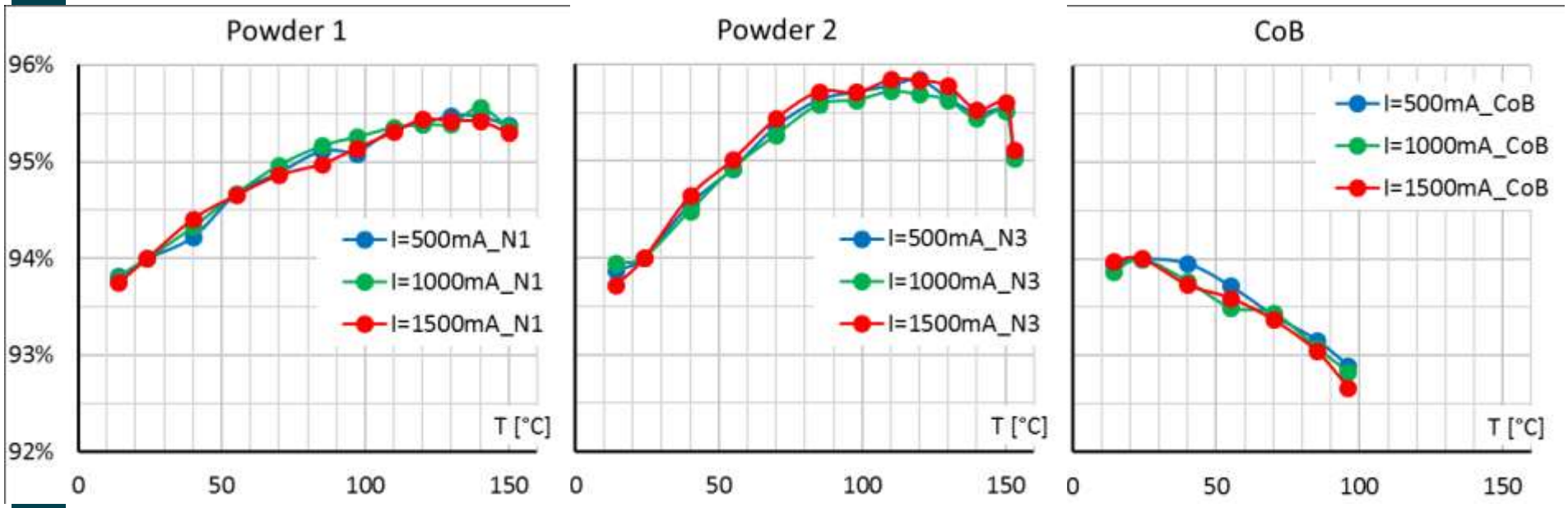


- Az elnyelt és beeső kék fotonok aránya

© BME Elektronikus Eszközök Tanszéke, 2019

II. Távoli-fénypor – eredmények

- Külső kvantum hatásfok

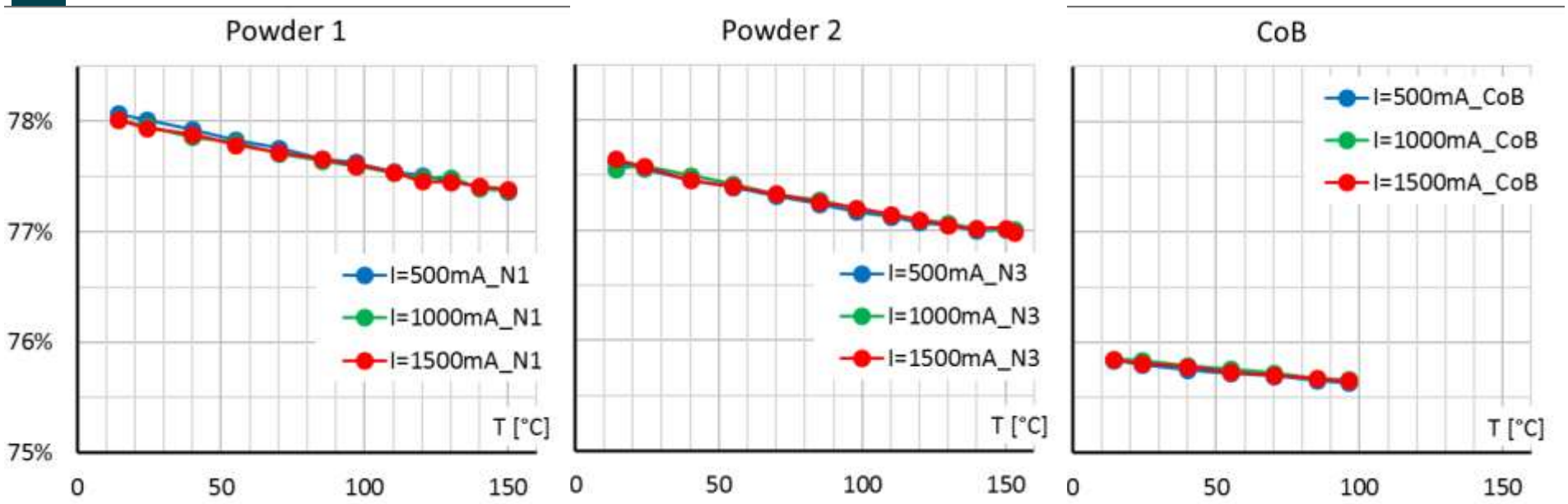


- A konvertált és elnyelt kék fotonok aránya

© BME Elektronikus Eszközök Tanszéke, 2019

II. Távoli-fénypor – eredmények

- A konverzió hatásfoka



- A konverzió közben fellépő energiaveszteség (a Stokes-eltolódás)

© BME Elektronikus Eszközök Tanszéke, 2019

II. Távoli-fénypor – problémák

- A kék gerjesztés sugárzott teljesítményének mérése integráló gömbben problematikus
  - Nincs kalibráció ilyen fényeloszláshoz
  - A hatékonyság görbék meghatározásakor számolt kék-referenciákkal dolgoztunk; emiatt a karakterisztikák hőmérséklet szerinti relatív változása releváns

© BME Elektronikus Eszközök Tanszéke, 2019

Célirányos mérések a fénypor modellezéséhez

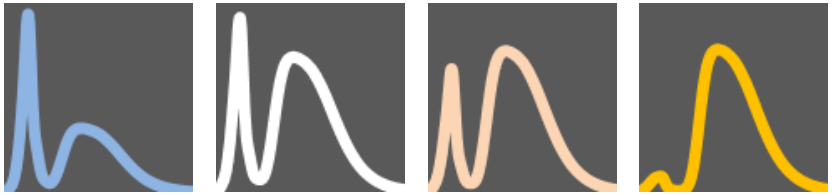
- 3 különböző mérési elrendezés
  - I. Kvázi-ellenpárok: gyári kék és fényporos fehér LED minták
  - II. Távoli-fénypor: passzív fényporminták távoli gerjesztéssel
  - III. Egyedi fényporos fehér minták flip-chip LED-ből (XPG3) kialakítva

- Fénykonvertáló réteg hővezetési együtthatóójának mérése
  - Fénypor anyag poli dimetil-sziloxán (PDMS) hordozóval

© BME Elektronikus Eszközök Tanszéke, 2019

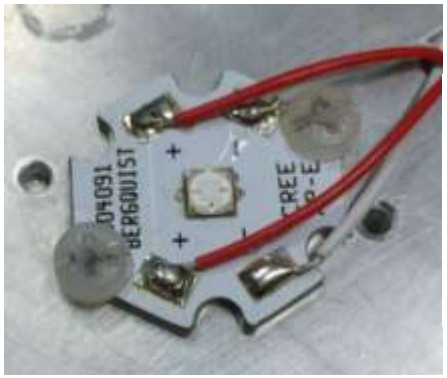
III. Egyedi fényporos fehér LED minták

- JEDEC & CIE127 megfelelő izotermikus I-V-L karakterizálás
- Ugyanazon LED minta újrafelhasználásával
- A fénypor réteg közvetlenül a LED chip felületén készült, majd lencse kialakítása
  - Kék LED teljesen áttetsző PDMS lencsével (referencia)
    - A mérési megismételhetőséget ugyanazon LED chip-en készített 4 db lencse alapján vizsgáltuk
    - A sugárzott teljesítmény eltérése a különböző lencsék esetén < 3%
    - A kiválasztott referencia méréssor értékeinek eltérése az átlagtól < 0.3%
  - 4 különböző vastagságú fényporréteg létrehozása
    - Ugyanaz a PDMS/fénypor keverék
    - A különböző vastagságok eltérő CCT értékeket eredményeznek
    - A cél a különböző mennyiségű kék fény konvertálása

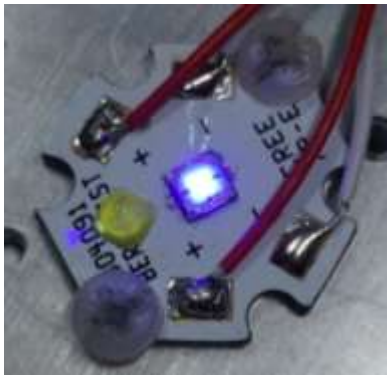


© BME Elektronikus Eszközök Tanszéke, 2019

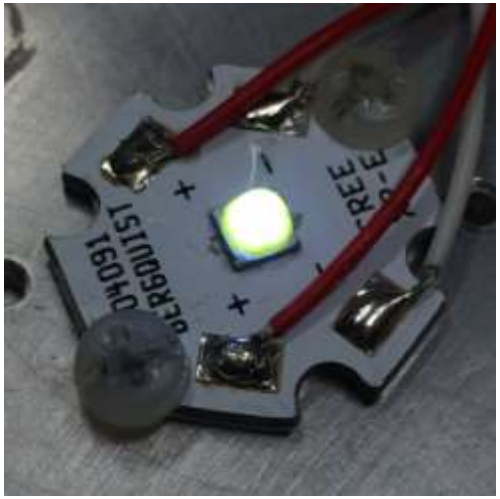
III. Egyedi fényporos fehér LED minták (XPG3)



Eredeti lencse és fénypor eltávolítva

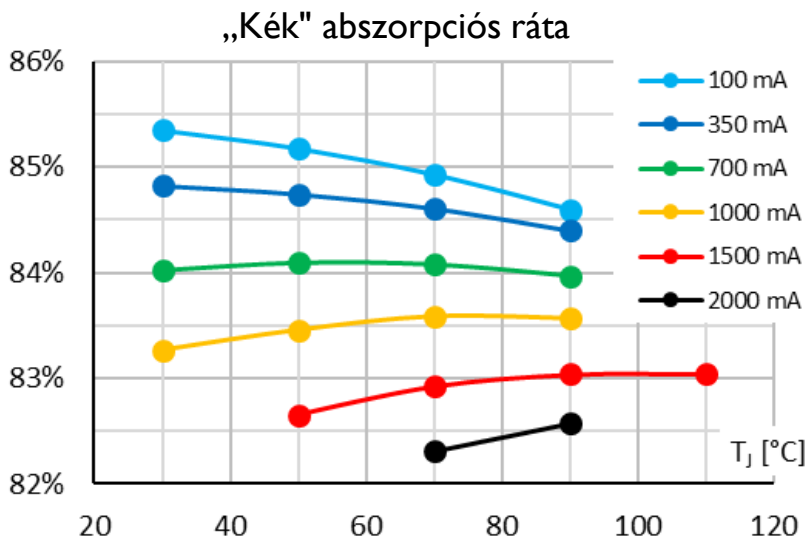


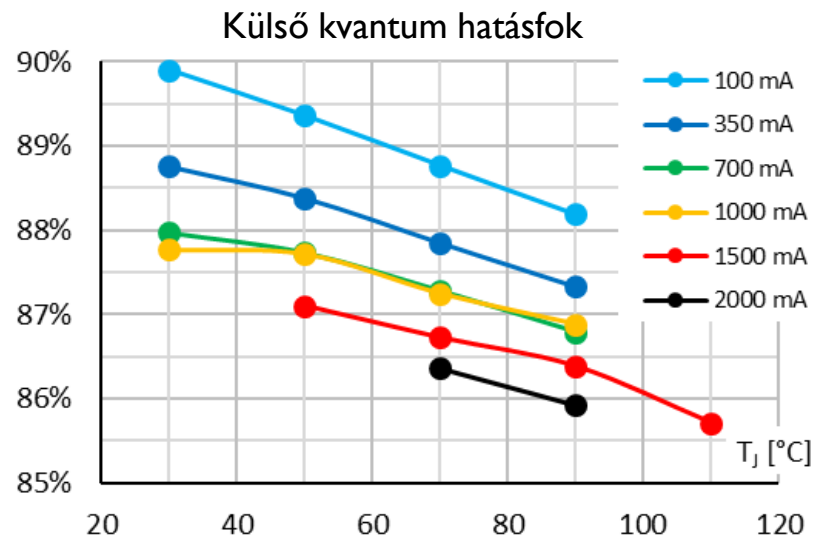
Egyedi fénypor réteg és lencse készítése

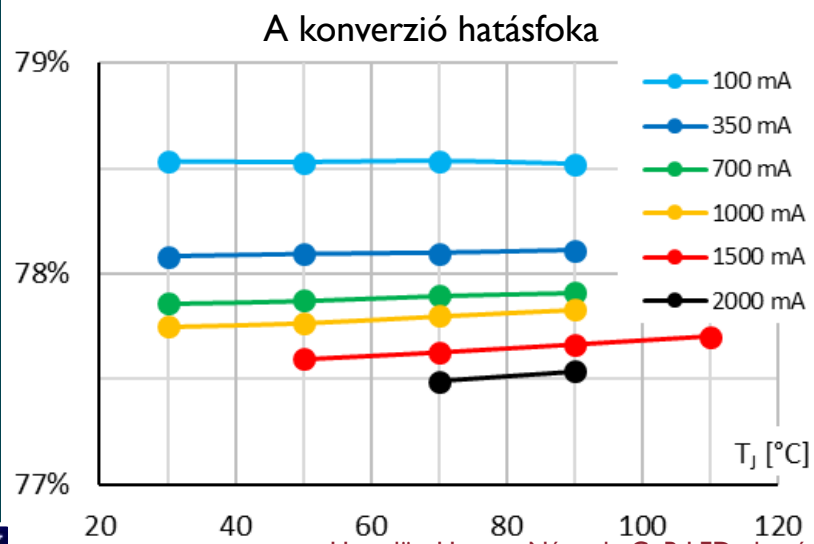


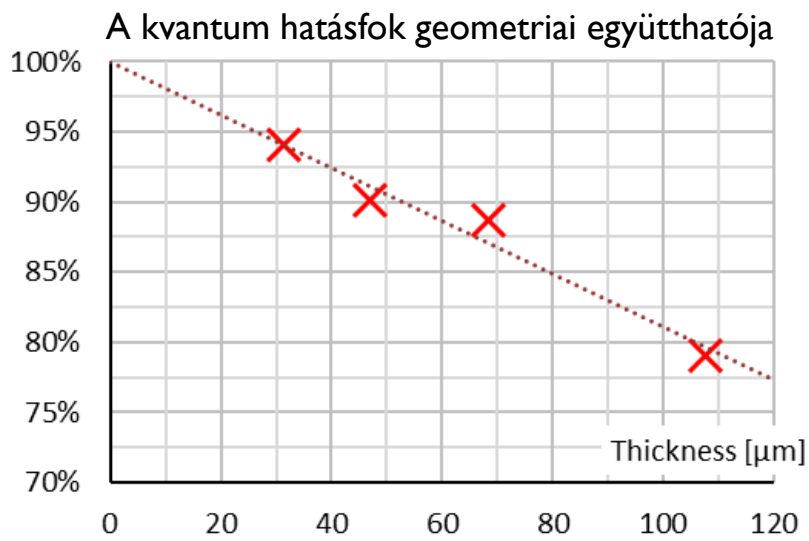
© BME Elektronikus Eszközök Tanszéke, 2019

III. Egyedi fényporos fehér LED minták (XPG3)





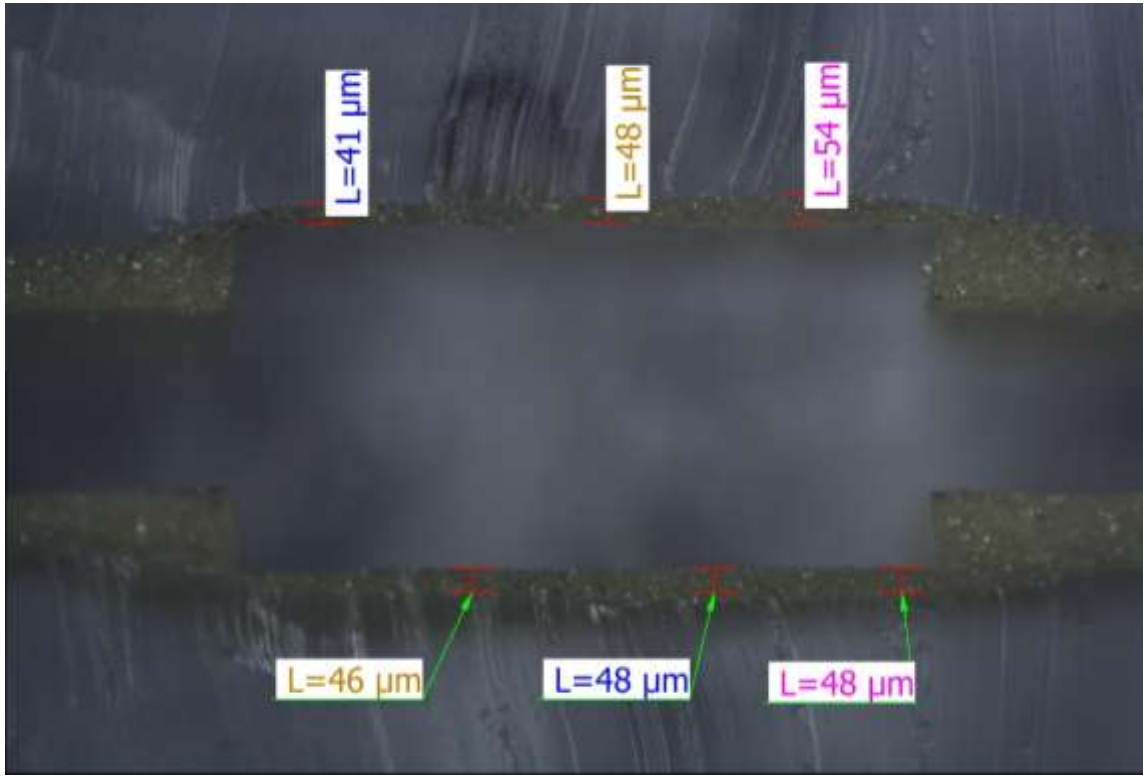




© BME Elektronikus Eszközök Tanszéke, 2019

III. Egyedi fényporos fehér LED minták (XPG3)

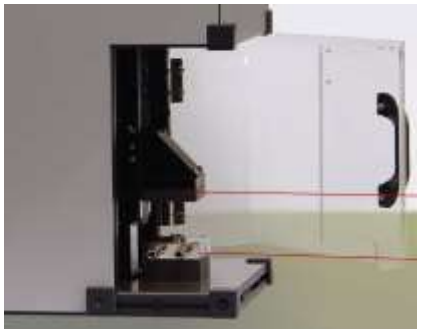
- A mérések elvégzése után keresztmetszeti képek készítése
  - 32 µm, 47 µm, 69 µm, 107 µm



© BME Elektronikus Eszközök Tanszéke, 2019

Hővezetési együttható meghatározása

- Mentor Graphics DynTIM szabványos ipari termikus interfész karakterizáló eszköz
  - Ellenőrző mérés – tiszta PDMS gyanta



  - $K_{0\%}$ = 0.22 W/mK (adatlap: 0.27 W/mK)
  - ...
  - $K_{50\%}$= 0.4 W/mK
  - ...
  - Eltérő tömegszázalékú keverékek mérése: 25, 50, 66, 75 % [m/m]
  - Mindegyikre 4 különböző vastagságra nézve
    - $R^2 > 0.996$
    - Rétegvastagság 30-50 μm között

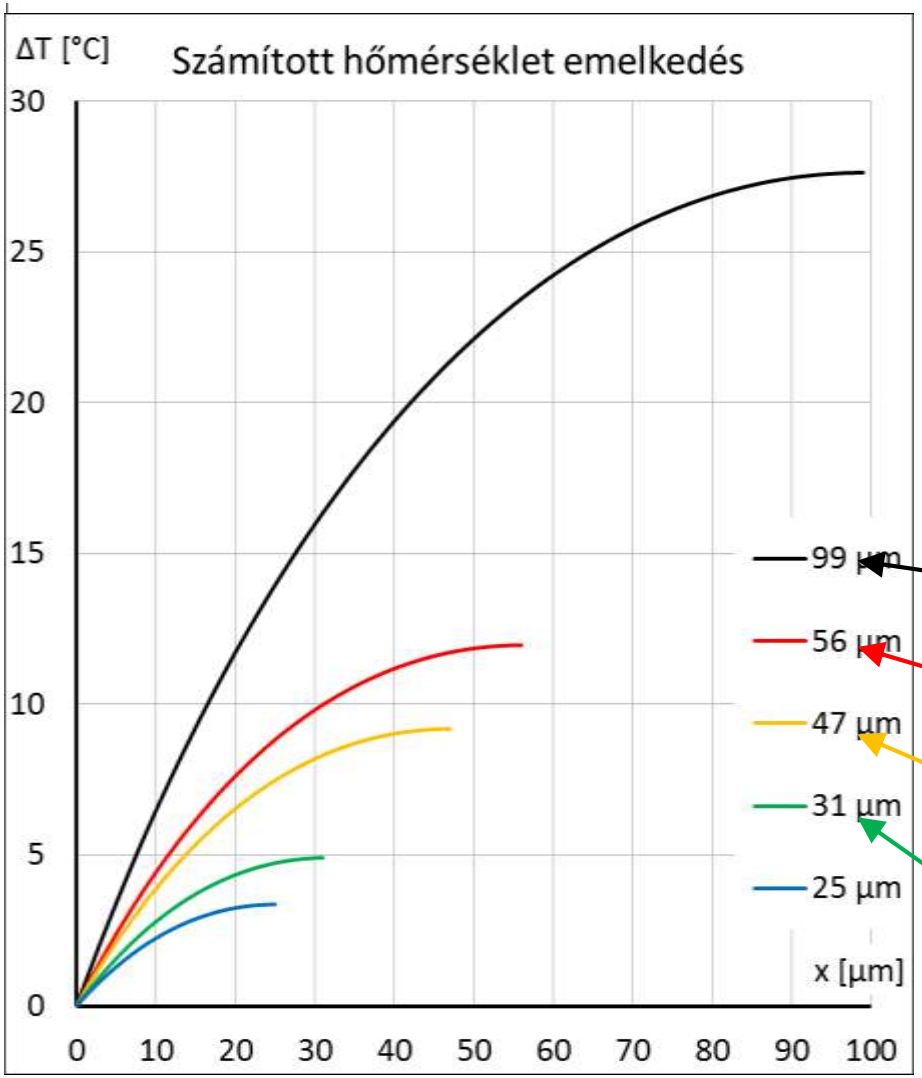
© BME Elektronikus Eszközök Tanszéke, 2019

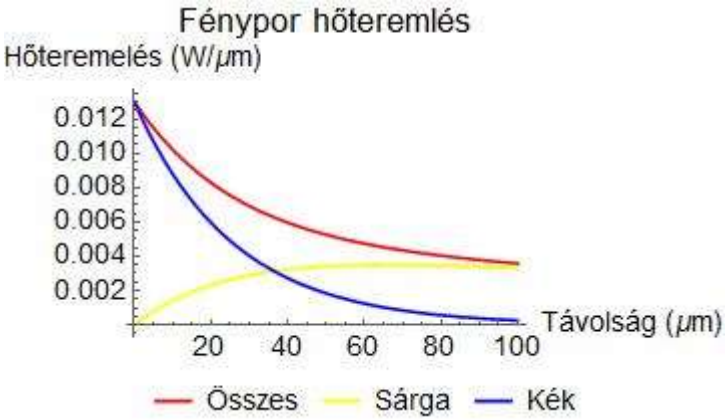
III. Egyedi fényporos fehér LED minták

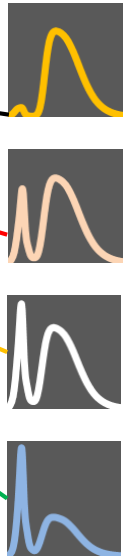
- A fénypor rétegben a kék fotonok abszorbciója és a sárga fény újraelnyelődése exponenciális a távolság függvényében
- Az exponenciális görbe illeszthető a különböző fényporvastagságok mérései alapján
- A hővezetési együttható segítségével kiszámítható a fénypor hőellenállása
- A fentiek ismeretében meghatározható a fénypor hőmérséklet-emelkedése a távolság függvényében

© BME Elektronikus Eszközök Tanszéke, 2019

III. Egyedi fényporos fehér LED minták







© BME Elektronikus Eszközök Tanszéke, 2019

Köszönöm a figyelmet!

© BME Elektronikus Eszközök Tanszéke, 2019