

GaInAsP/InP LED-ek kutatása és spektroszkópiai alkalmazása a közeli infravörös tartományban

NÁDAS JÓZSEF

TÉMAVEZETŐ: DR. RAKOVICS VILMOS

Tartalom

Feladat ismertetése

Első félév rövid összefoglalása

Jelen félévben elvégzett feladatok

Mérési eredmények

Következtetések, kutatás további irányai

Feladatok a következő félévre

Feladat

Biológiai eredetű szerves anyagok indikatív kimutatásához és spektroszkópiai vizsgálatához optimalizált GaInAsP/InP LED tervezése és készítése kéziműszerben történő alkalmazásra

Követelmények: [1] [7]

- miniatürizálás, pontszerűség a pontos optikai leképezéshez
- kis fogyasztás
- nagy intenzitás
- vizsgálandó anyaghoz illesztett széles hullámhossz tartomány [4]

Sajátos, egyedi tulajdonságokkal bíró LED-et kell készíteni. [5]

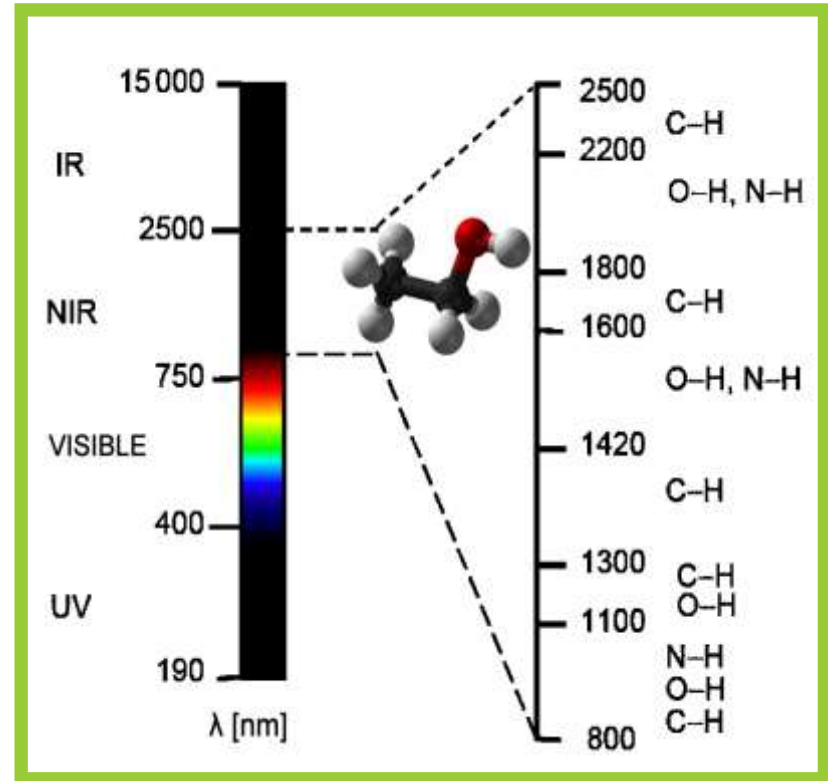
Közeli IR

-OH, -NH, -CH funkciós csoportok kimutatása

kötések vegyértékrezgéseire jellemző rezonancia-hullámszám $2500-4000\text{ cm}^{-1}$, (kb. $4-2.5\text{ }\mu\text{m}$)

1-3. felharmonikus közeli IR-ben helyezkedik el, nagyságrendekkel kisebb jelek is hatékonyan mérhetők

felharmonikusok hullámhosszán „mélyebbre” látni az anyagban [1]



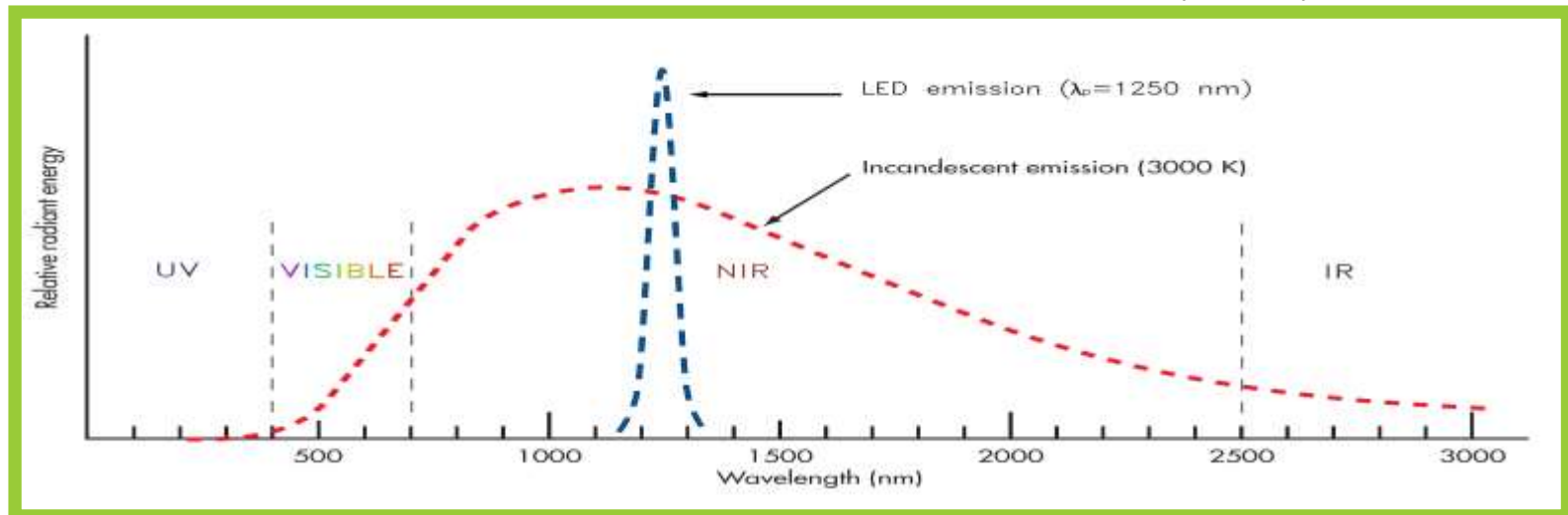
Miért LED?

Izzólámpa

- + Folytonos spektrum IR-ben
- Miniaturizálás nehézkes, nem pontszerű
- Válaszidő hosszú ($x \cdot 10^{-1}$ s)
- Sugárzás erősen feszültségfüggő
- Élettartama rövid ($x \cdot 10^3$ h)

LED

- Tervezhető, de keskeny tartományú sugárzás
- + Miniaturizálható, pontszerű
- + Válaszidő rövid ($x \cdot 10^{-9}$ s)
- + Munkapont könnyen beállítható
- + Élettartama hosszú ($x \cdot 10^4$ h) [2]

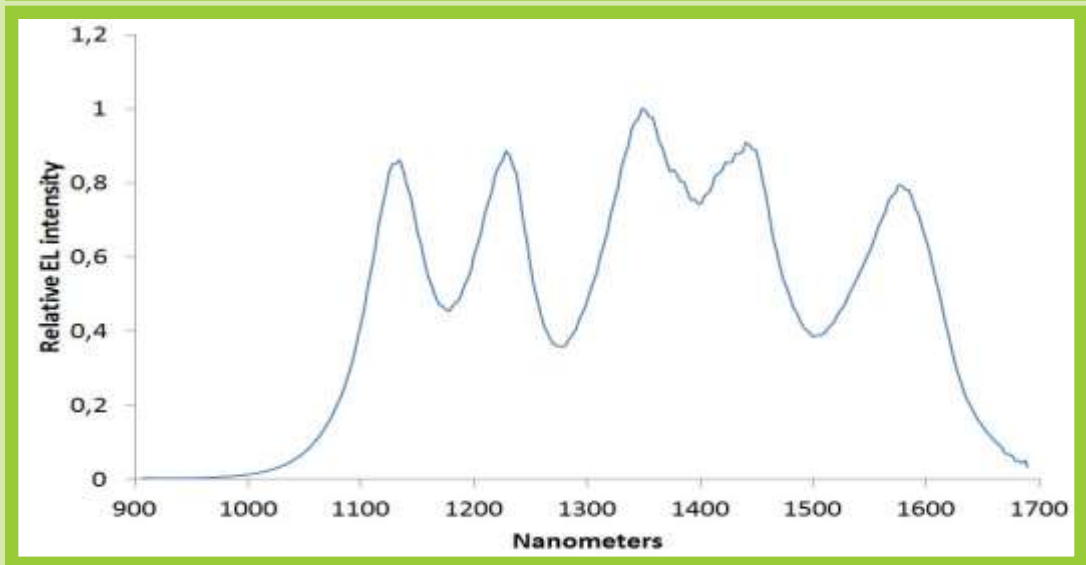
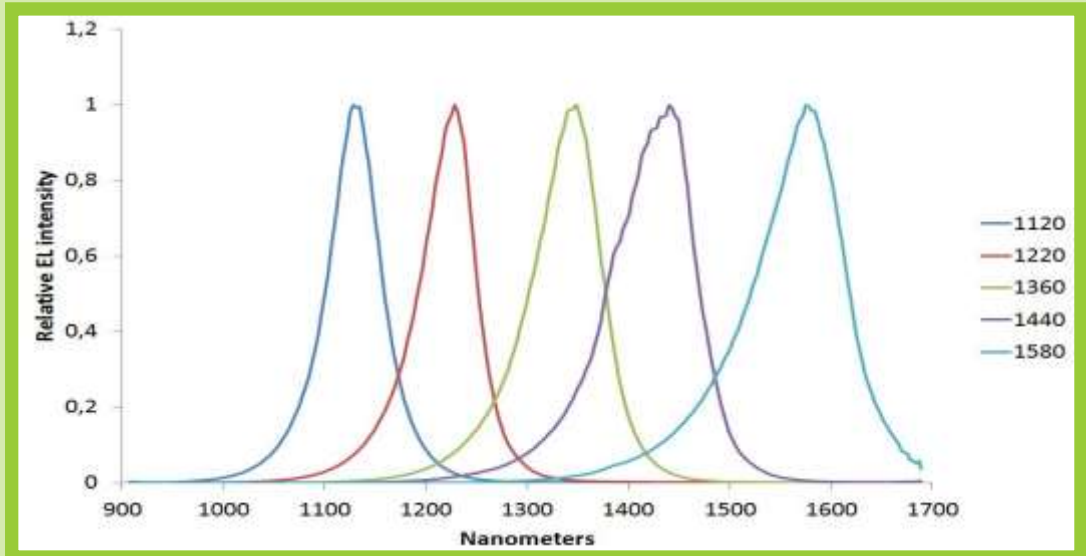


LED sorozat

Led spektrum
kiszélesítésének egyik
módja: LED sorozat [1]

- keskeny spektrumok
közt átfedés
- hátrányok: nem
teljesen pontos, eltérő öregedés

*InGaAsP/InP LED sorozat
elvi spektruma és egy 5
chipes megvalósított LED
sorozat mért spektruma*



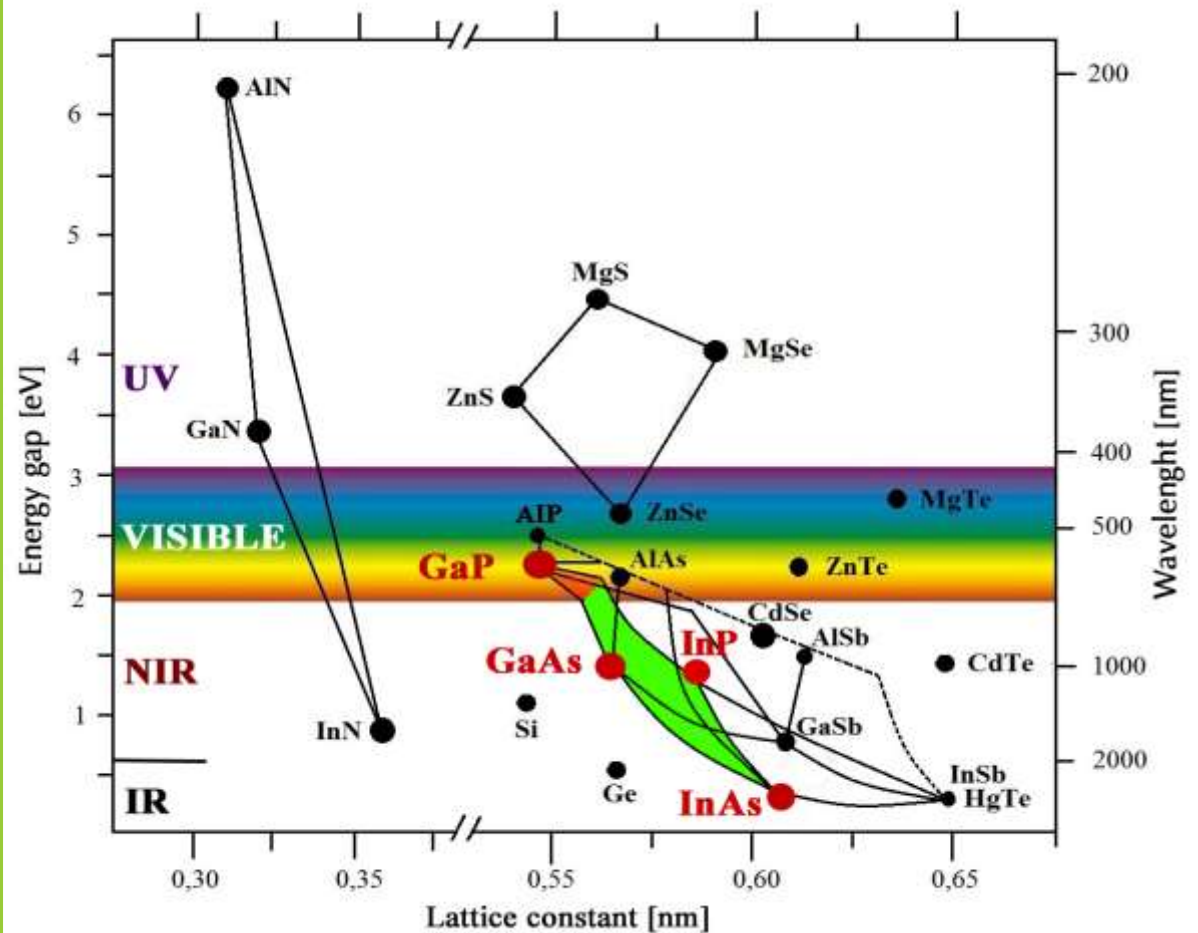
Anyag- rendszerek

*Vegyületfélvezetők
rácsállandó-tiltottsáv-
hullámhossz összefüggése*

keskeny és hangolható
hullámhossz

változtatni kell a
fénykibocsátó félvezető
réteg összetételét

optimális eredményt InP
alapú dióddal lehet elérni



[3]

Rácsillesztettség

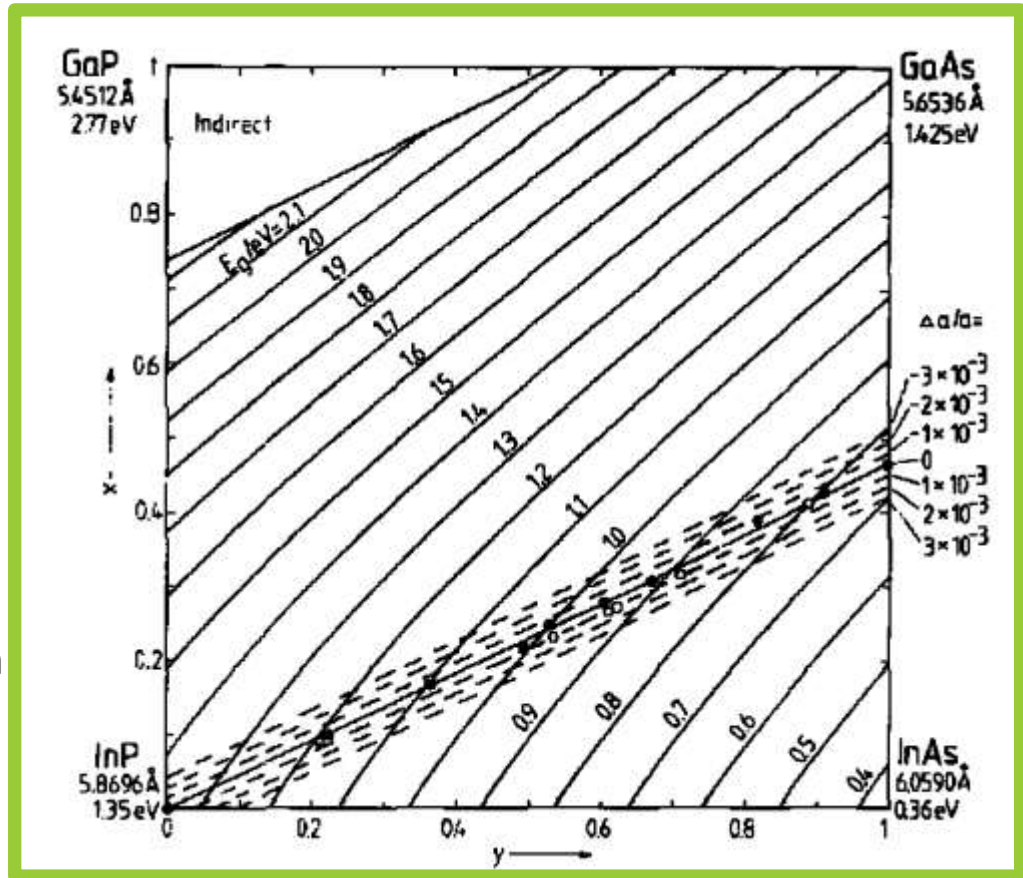
Négy komponensű
GaInAsP/InP LED-ek
rácsillesztettsége [4]

Az összetétel változtatásával
változik a rácsállandó

A rácsfeszültség okozta hibák
csökkentik hatásfokot.

GaInAsP/InP hangolható a
hullámhossz, közben a
rácsállandó változatlan marad.

Az 960-1670 nm tartományban
az InP-hoz rácsillesztett LED
(hordozó abszorpciója
elhanyagolható).

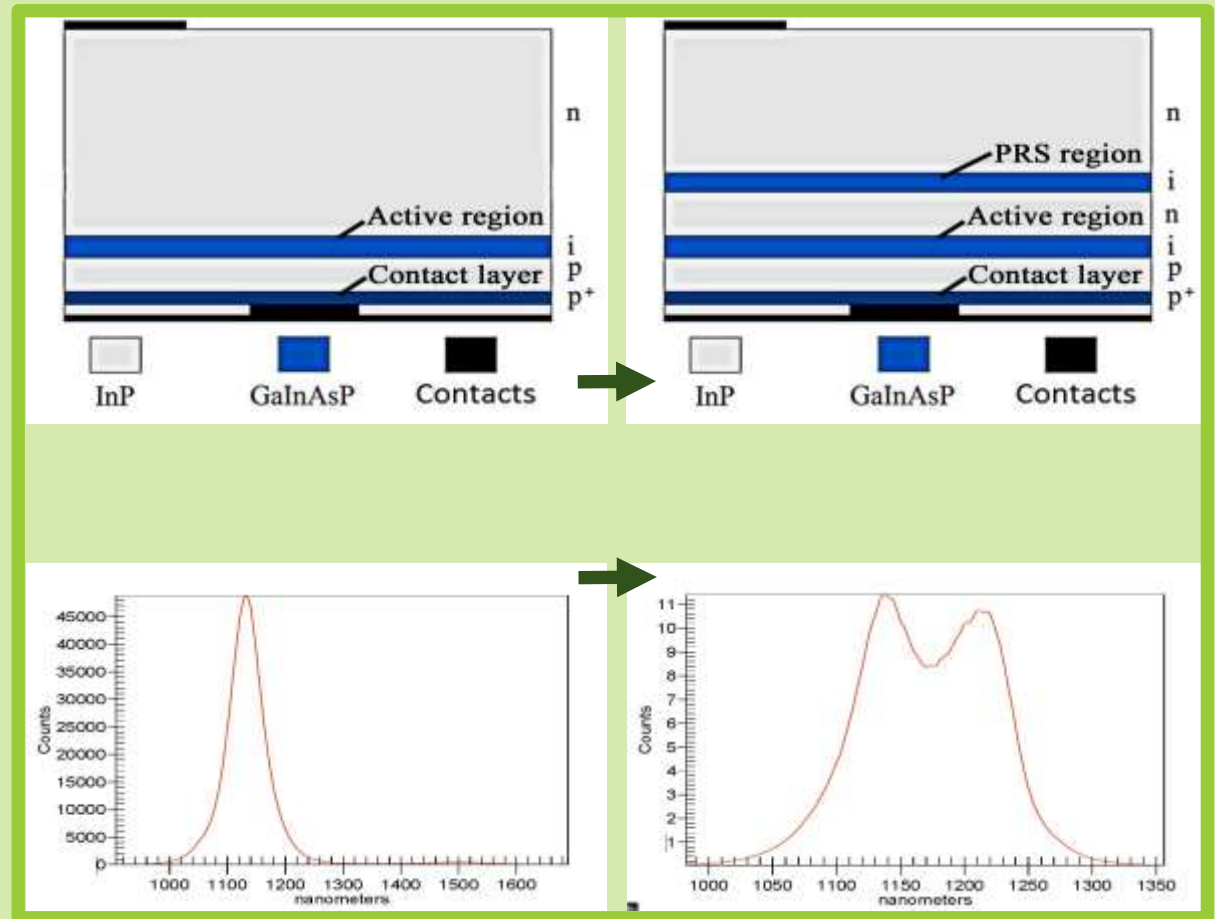


Sávszélesítés lumineszkáló réteggel

Elsődleges rétegben keletkező sugárzás csak részben lép ki változatlan formában a diódából,

Egy része a további rétegeket gerjeszti majd lumineszkálással több sugárzási csúcsot valósít meg

PRS=Photon Recycling Semiconductor



[5] [9]

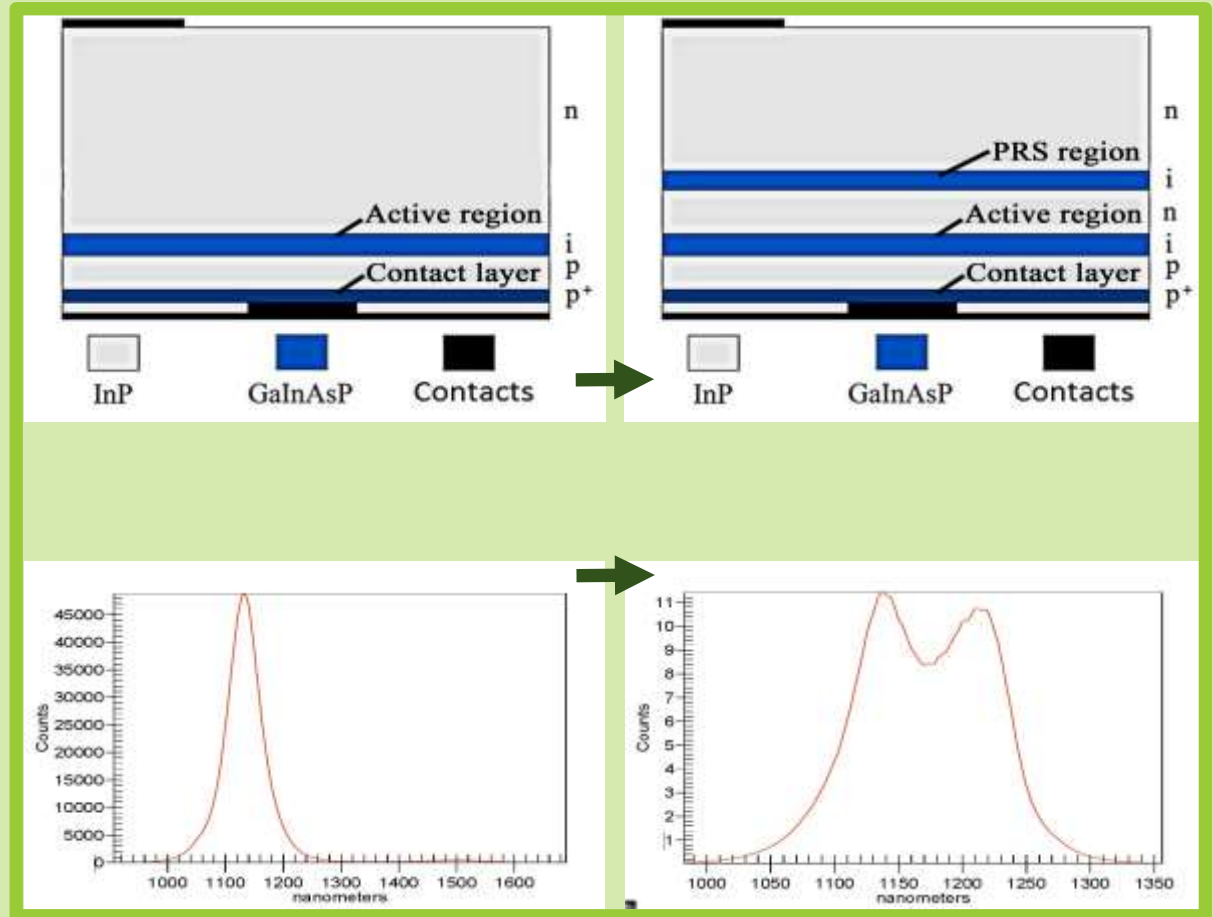
Sávszélesítés lumineszkáló réteggel

A kontaktusréteg alatt körben szigetelő van

A kis kinyitott kontaktuson nagy áramsűrűség -> nagy sugárzási intenzitás

A hőelvezető felület nagy, a hőellenállás kicsi -> az aktív réteg kevésbé melegszik

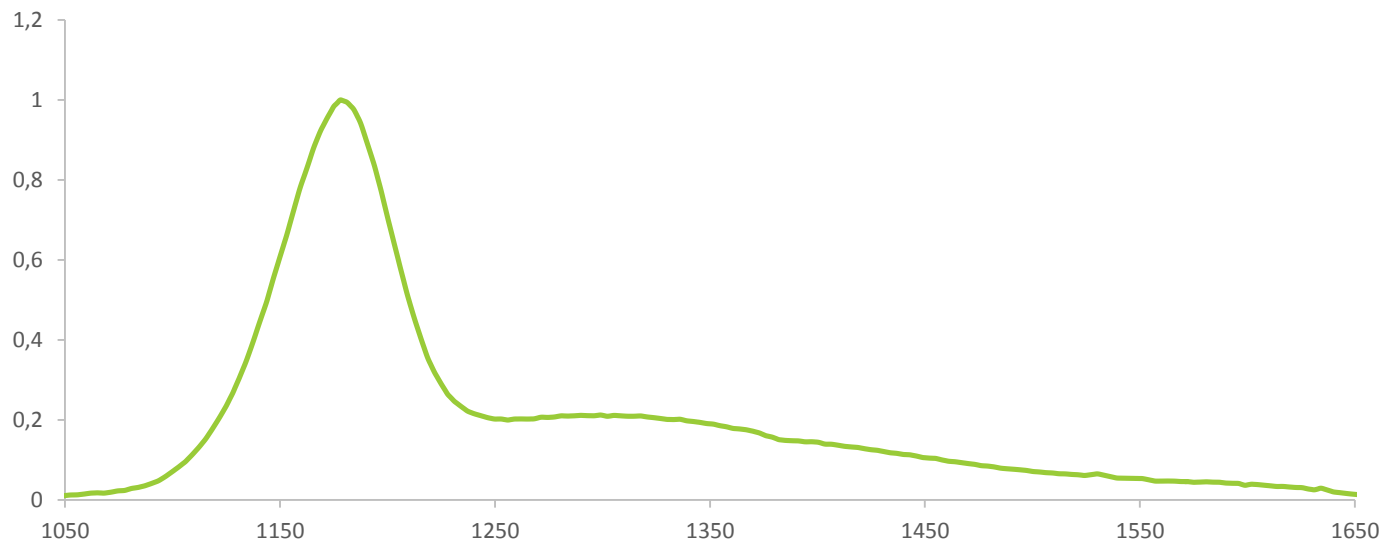
A sugárzási kúpszög 2-3°, a sugárzás nagyon jól irányítható



[5] [9]

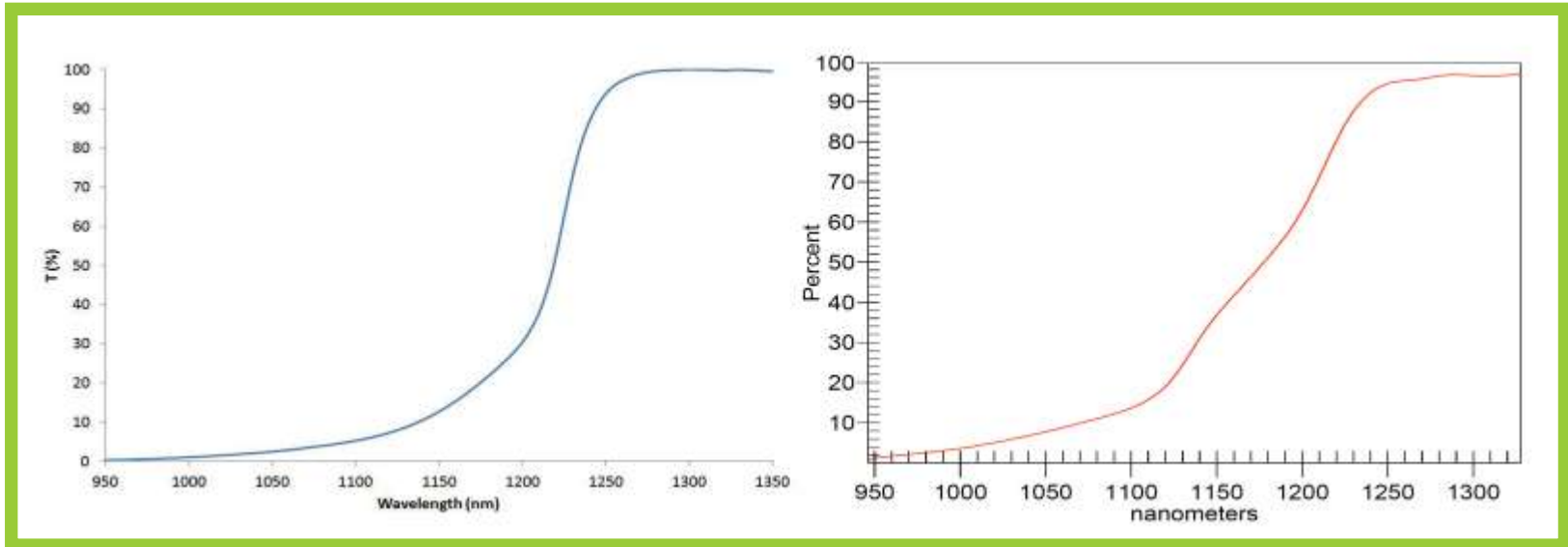
Mérések

1120-1230 nm LED rel. intenzitás



Az 1120-1230 nm LED elsődleges sugárzása és lumineszkálása. A kisebb intenzitású lumineszkáló tartomány növelhető a rétegvastagsággal arányosan.

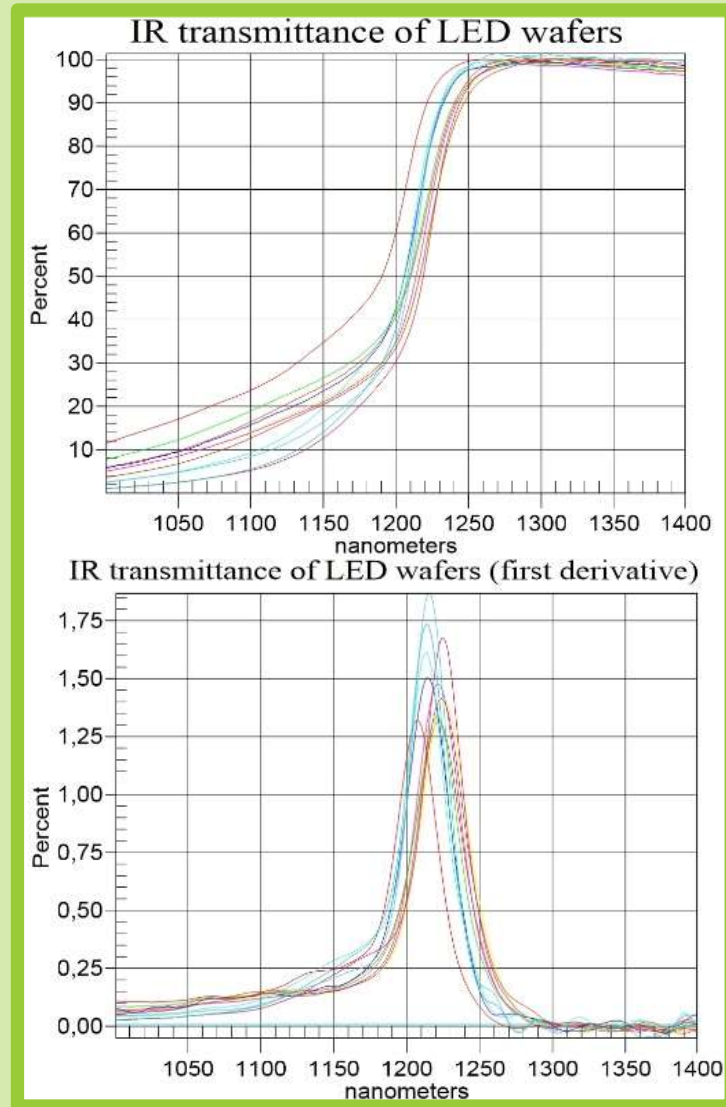
Mérések



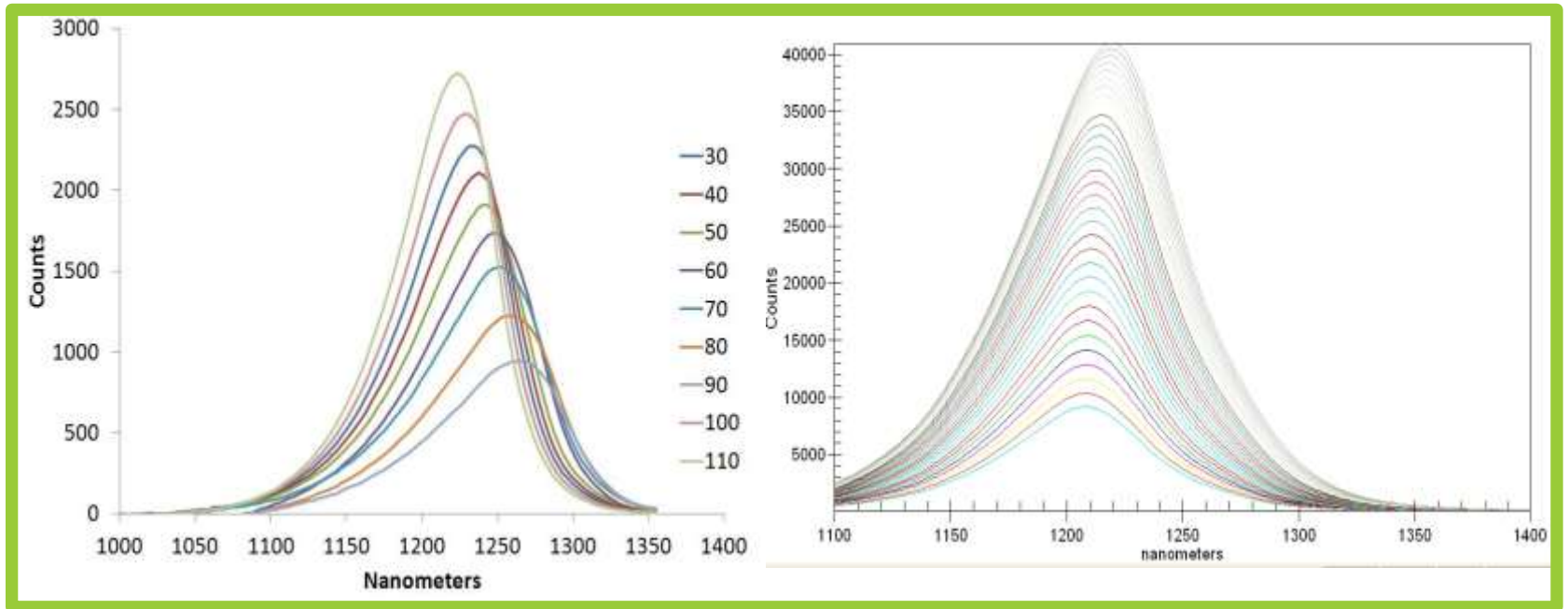
A növesztett diódák sugárzási csúcsának ellenőrzéséhez egyszerű passzív spektrális transzmisszió mérés elegendő, ahol a transzmisszió gyors növekedési szakasza (első deriváltjának csúcsa) mutatja meg a sugárzási csúcspot.

Mérések

A növesztett diódák sugárzási csúcsának ellenőrzéséhez egyszerű passzív spektrális transzmisszió mérés elegendő, ahol a transzmisszió gyors növekedési szakasza (első deriváltjának csúcsa) mutatja meg a sugárzási csúcspot.



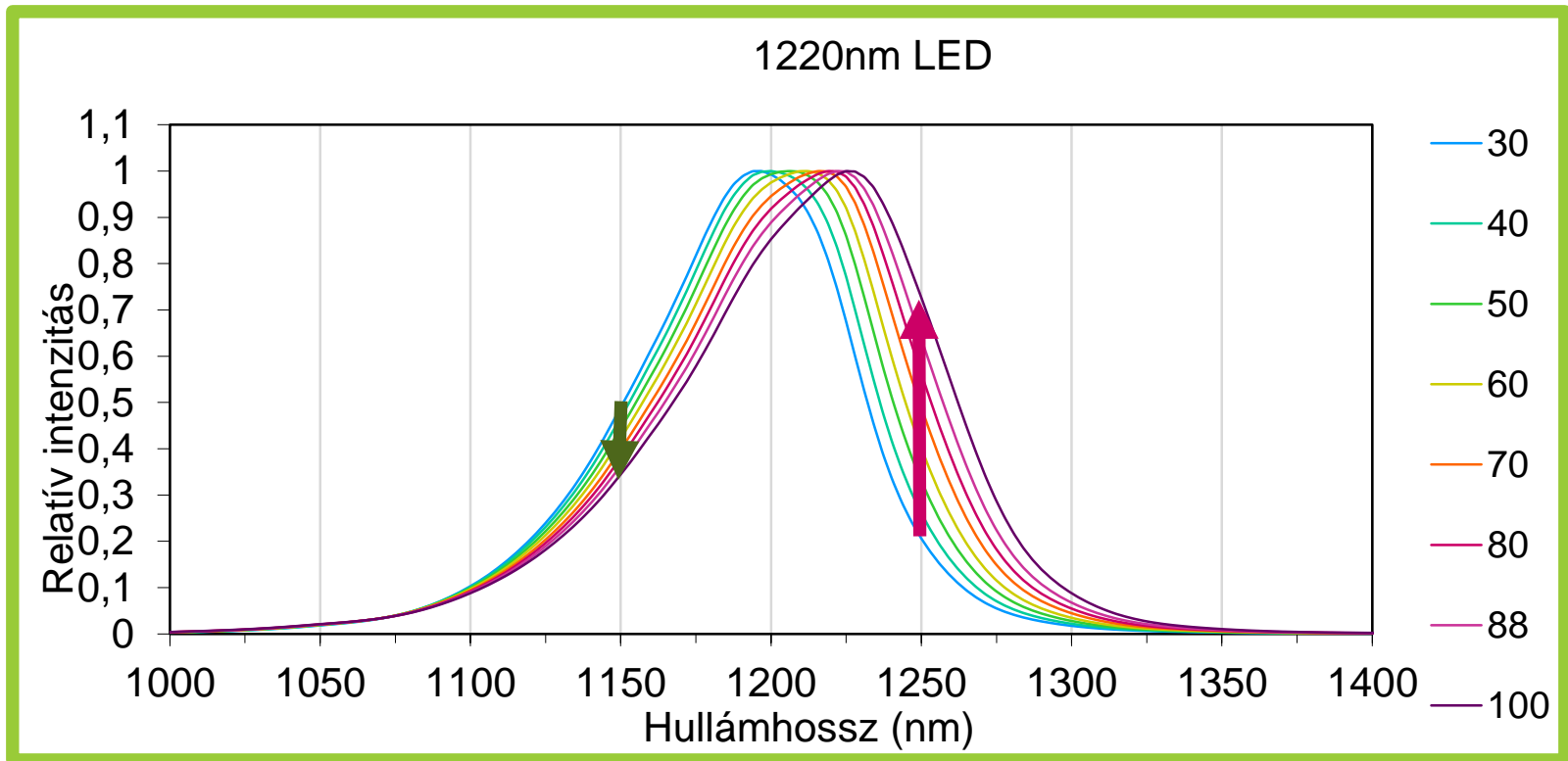
Hőmérsékletfüggés



Hőmérsékletnövekedés hatására a sugárzási csúc a nagyobb hullámhossz felé tolódik, miközben a hatásfok csökken ill. az eloszlás alakja változik.

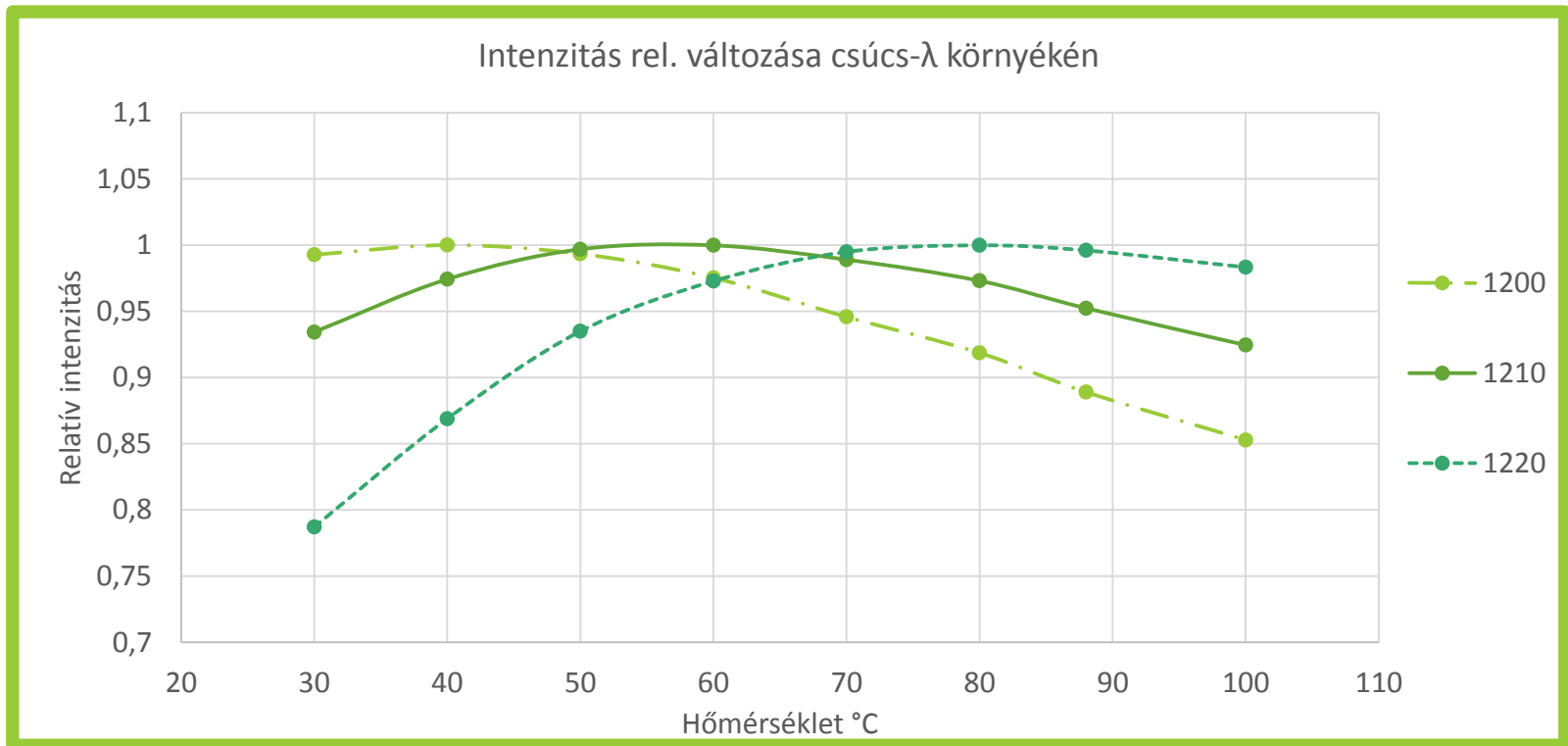
Nagy áramsűrűségek esetén vörös eltolódás a hőmérsékletemelkedés miatt, kis belső hőellenállás esetén a nagy áramok miatti kék eltolódás kis mértékben kompenzálja ezt. [5]

Hőmérsékletfüggés



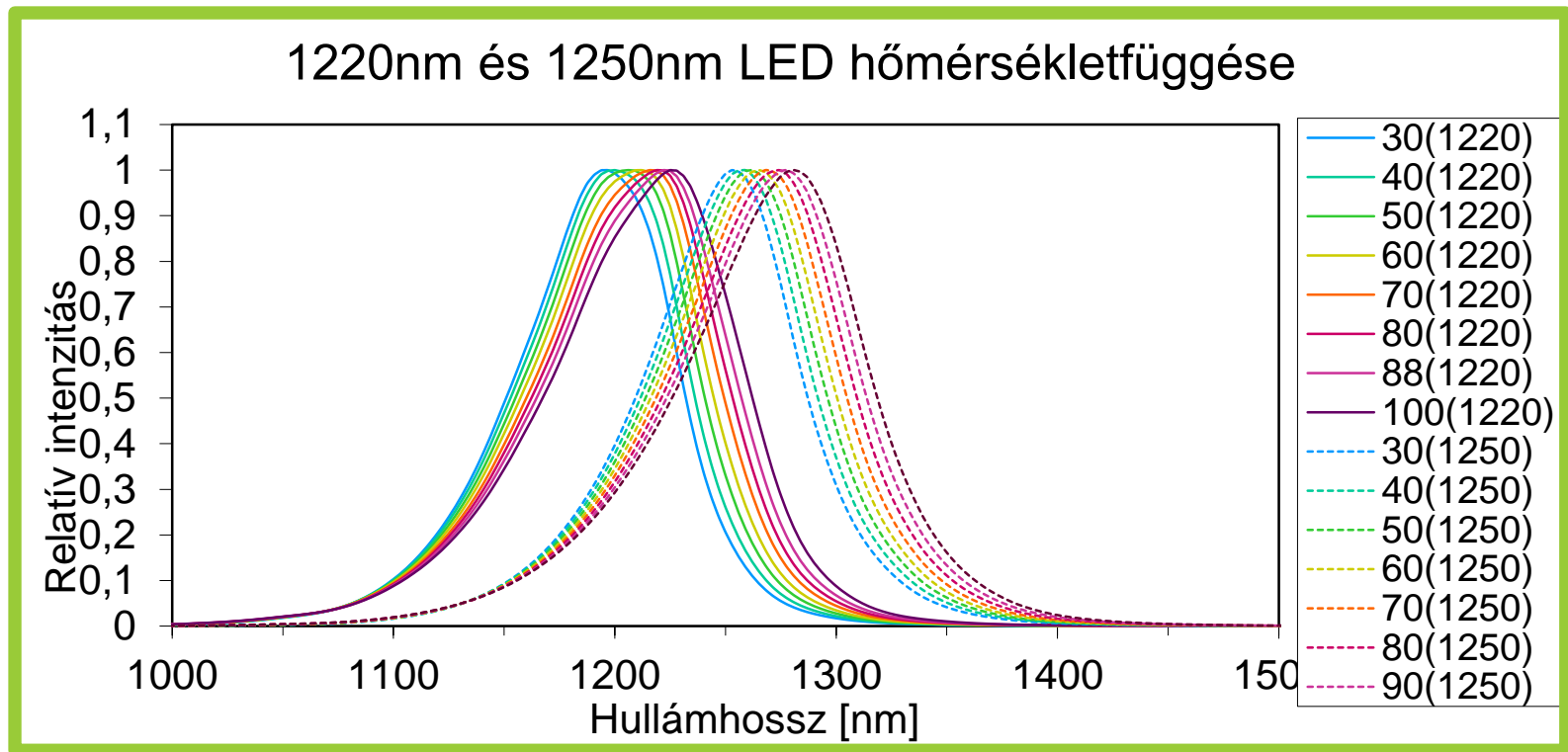
Hőmérsékletváltozás hatására egymáshoz közel álló hullámhosszokon nemlineárisan és ellentétes irányban változhat a sugárzás intenzitása

Hőmérsékletfüggés



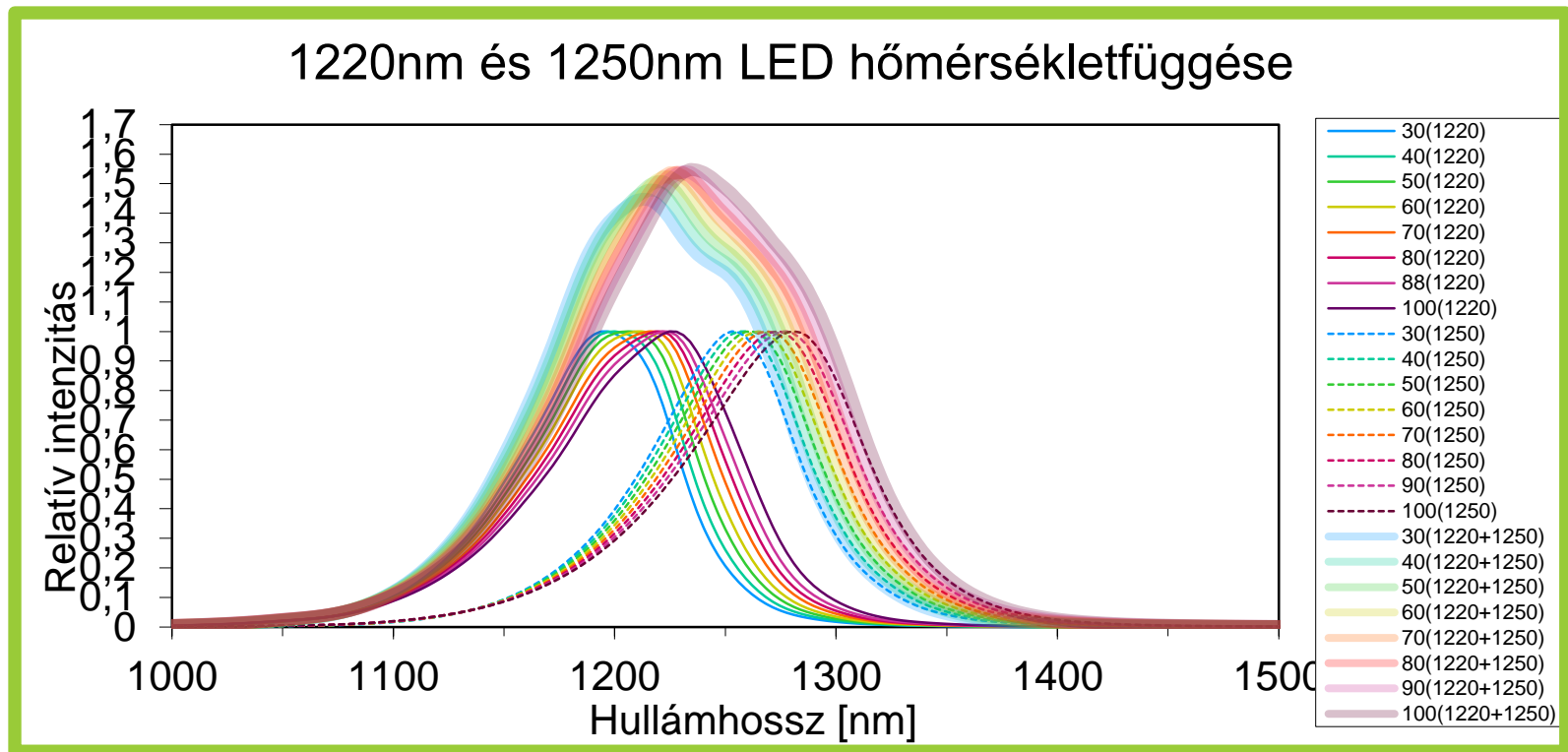
A sugárzási maximum környezetében közeli hullámhosszokon is ellentétes irányú intenzitásváltozás lép fel hőmérsékletváltozás hatására

Hőmérsékletfüggés



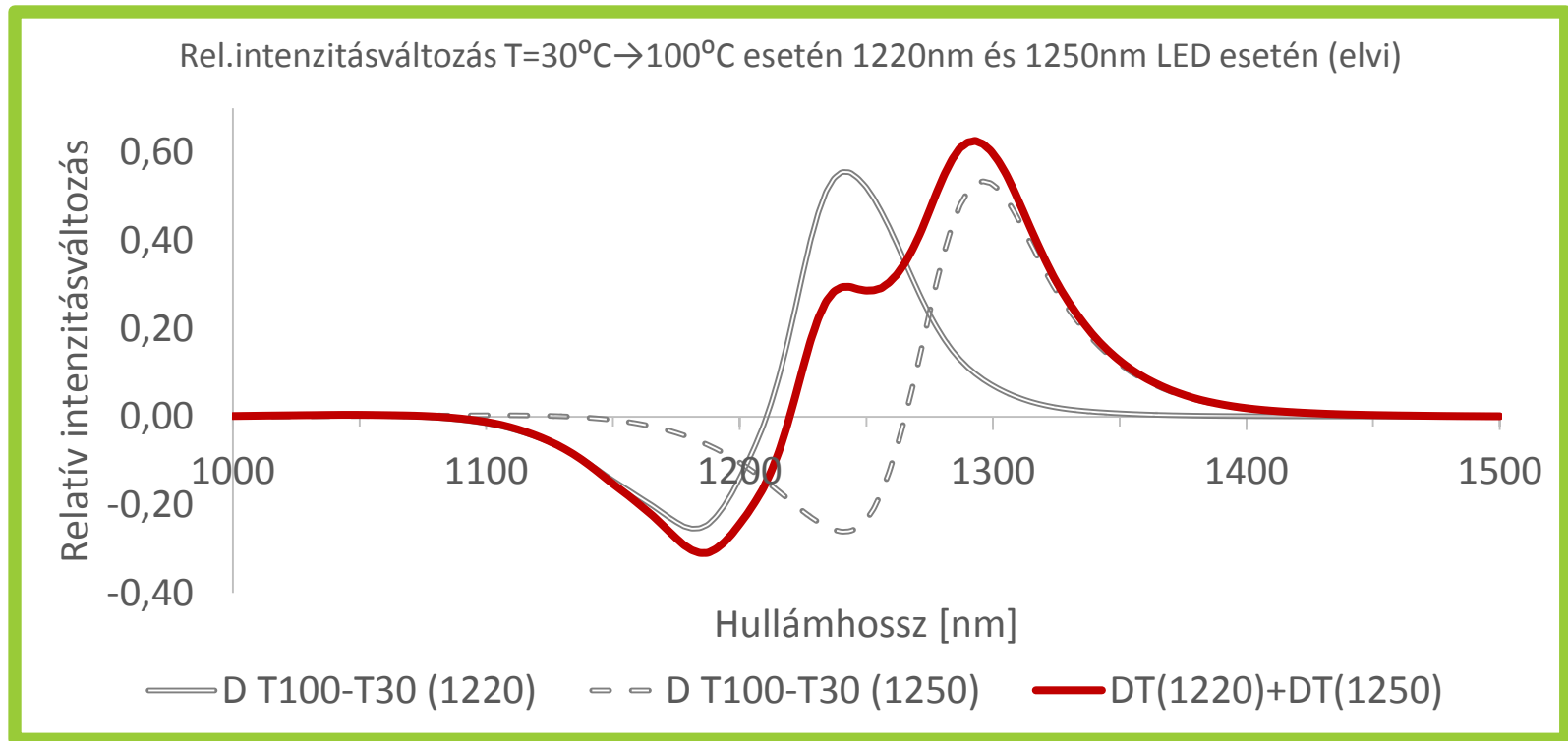
Primer sugárzó és lumineszkáló réteg hőfokfüggésének modellezése két LED mérési eredményeinek felhasználásával

Hőmérsékletfüggés



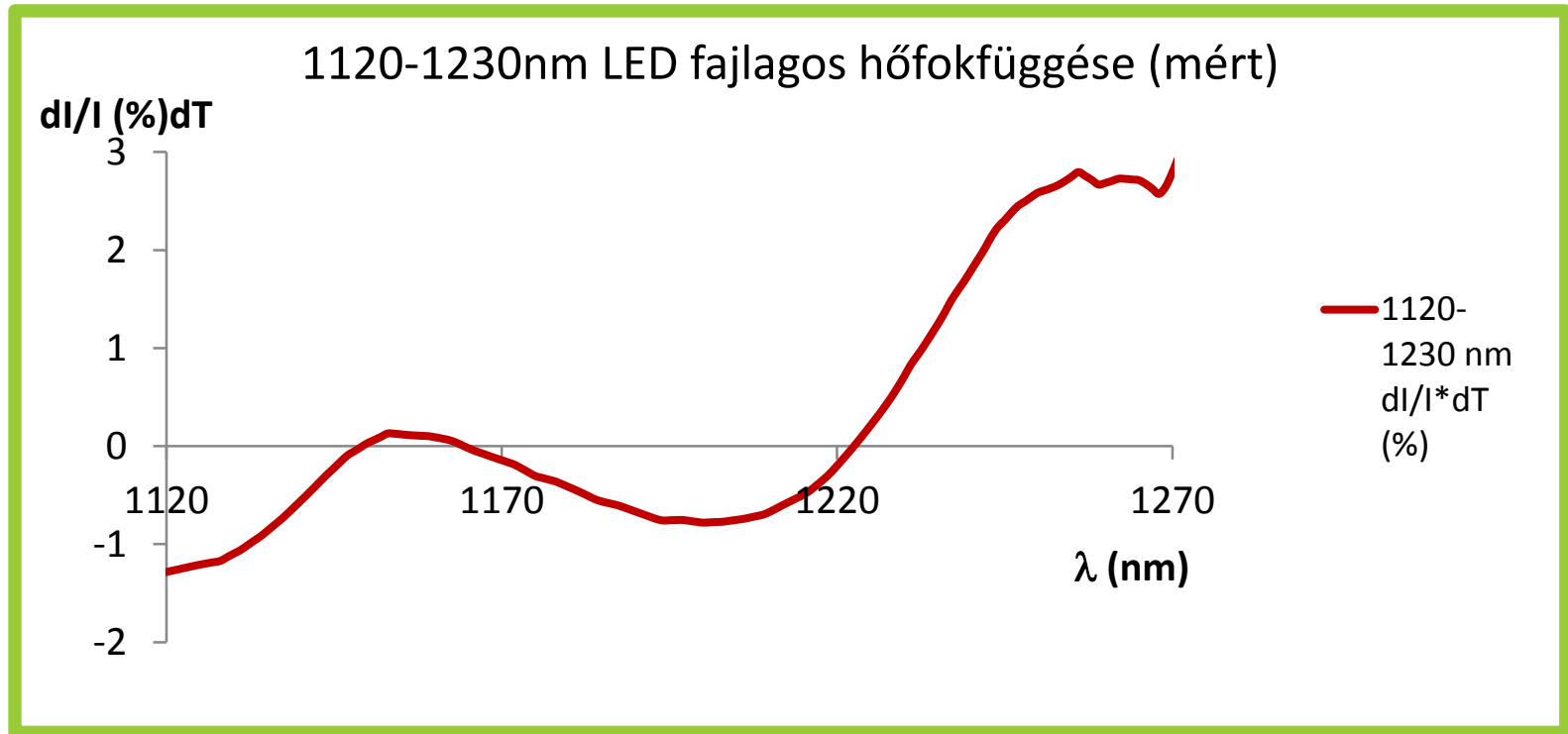
A két réteg sugárzása összeadódik, de hőfokfüggés jellege nem változik

Hőmérsékletfüggés



A két réteg sugárzásának együttes hőfokfüggése a sugárzási csúcsok közt azonos irányú, csúcsok környezetében relatív kicsi és közte kisebb szakaszon közel konstans.
(Lumineszkáló LED elvi modellezése elsődleges sugárzó valós mérési eredményei alapján.)

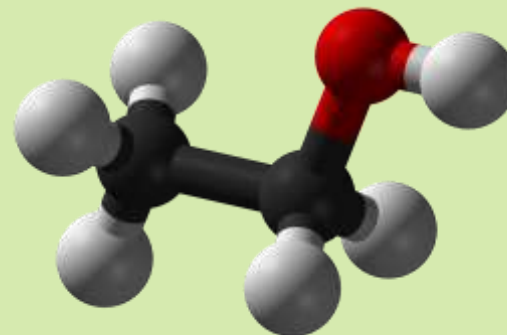
Hőmérsékletfüggés



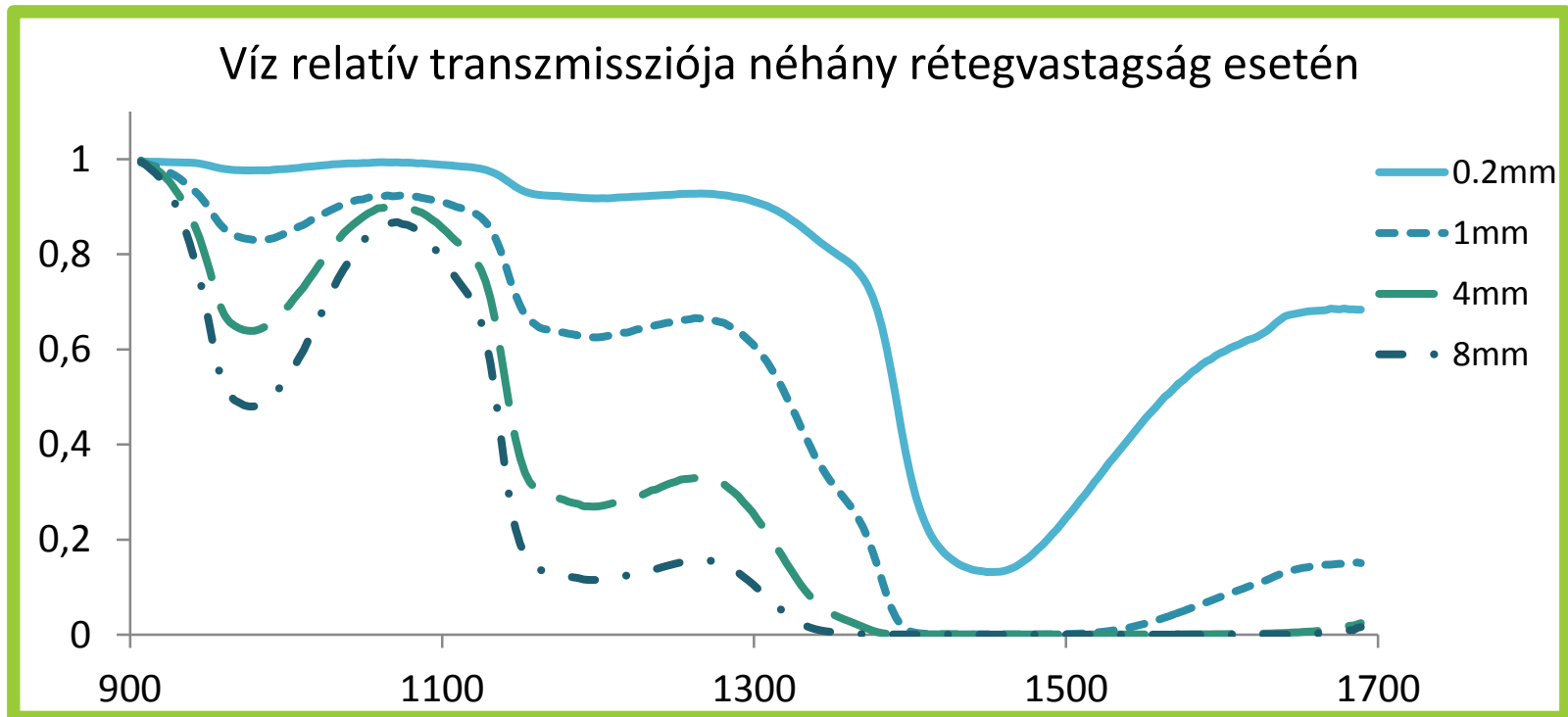
Lumineszkáló 1120-1230nm-es LED mért fajlagos (%) hőfokfüggése. A két sugárzási csúcs közt közel lineáris szakasz. Hőmérséklet kompenzálás nélküli mérés-technikai felhasználási lehetőség.

Etanol kimutatása vízben

- Modellanyag – jól reprezentálja szerves anyagok mérését a gyakorlatban (pl. etanol, víz és „egyéb” szerves anyagok arányainak kimutatása)
- Emberi szövetek, szerves növényi anyagok –OH –CH kötéseinek kimutatása vízben nagyon hasonló
- Projektfeladat

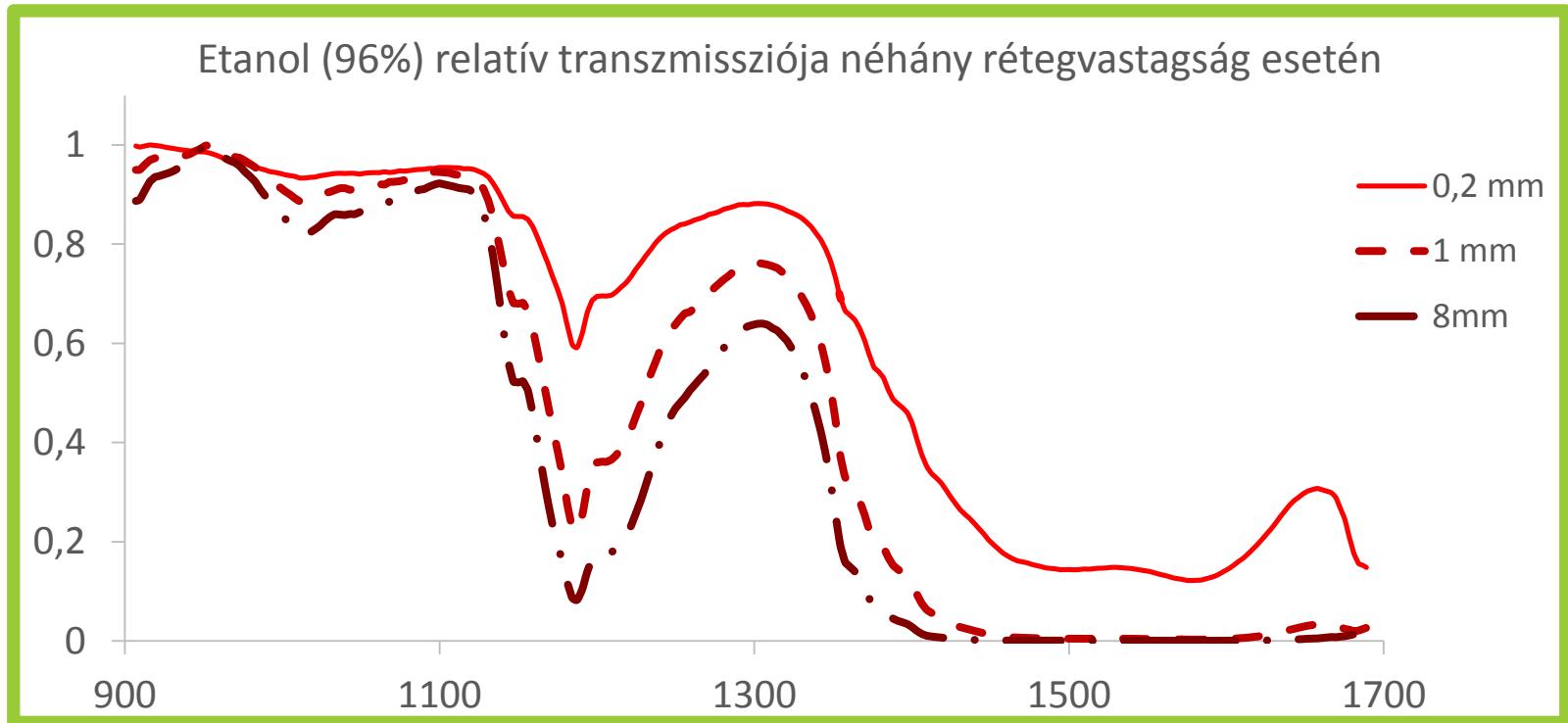


Etanol kimutatása vízben



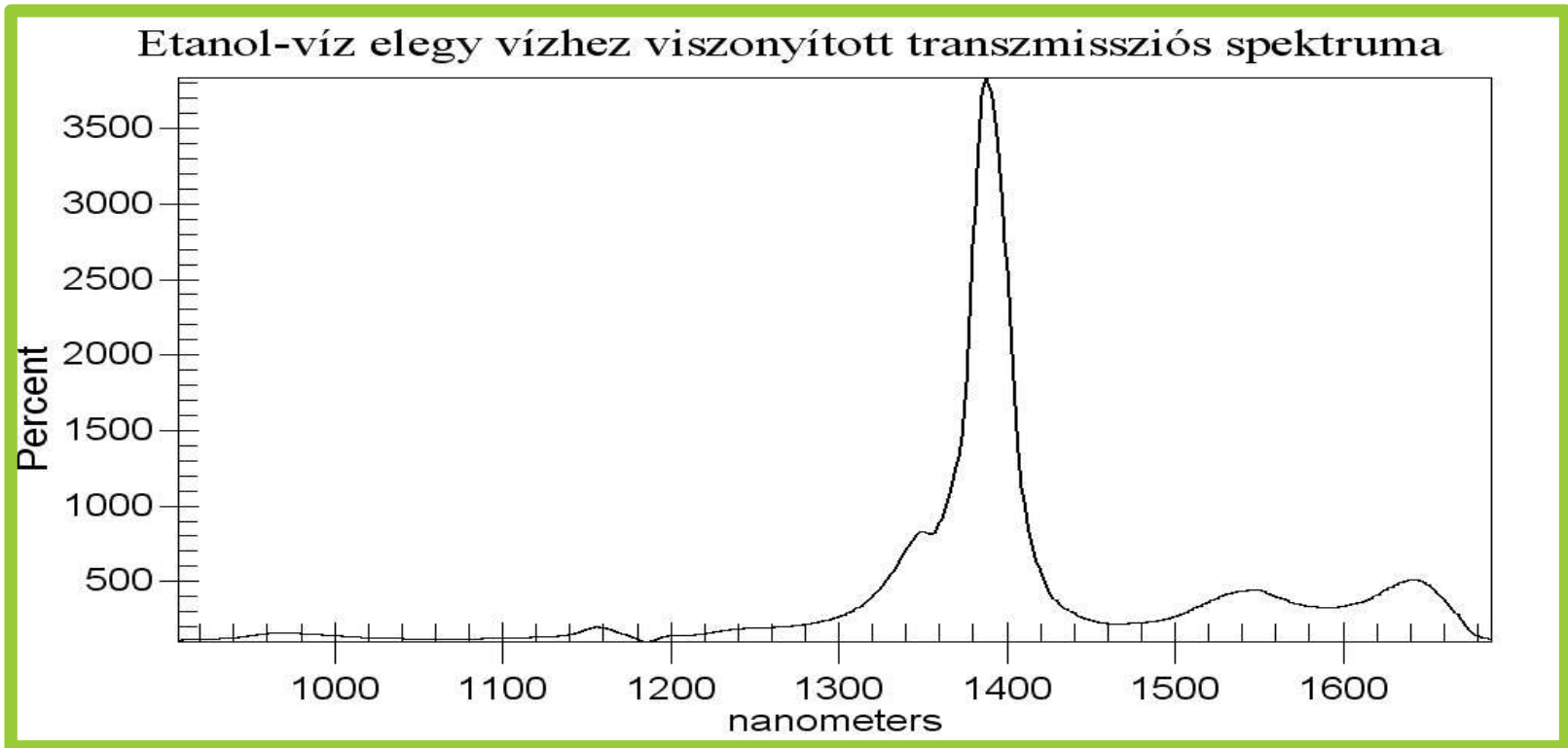
Célszerű kis rétegvastagságokat mérni, ahol a víz relatív transzmissziója nagy és a mérendő anyagra jellemző abszorpció a vízhez képest nagyobb

Etanol kimutatása vízben



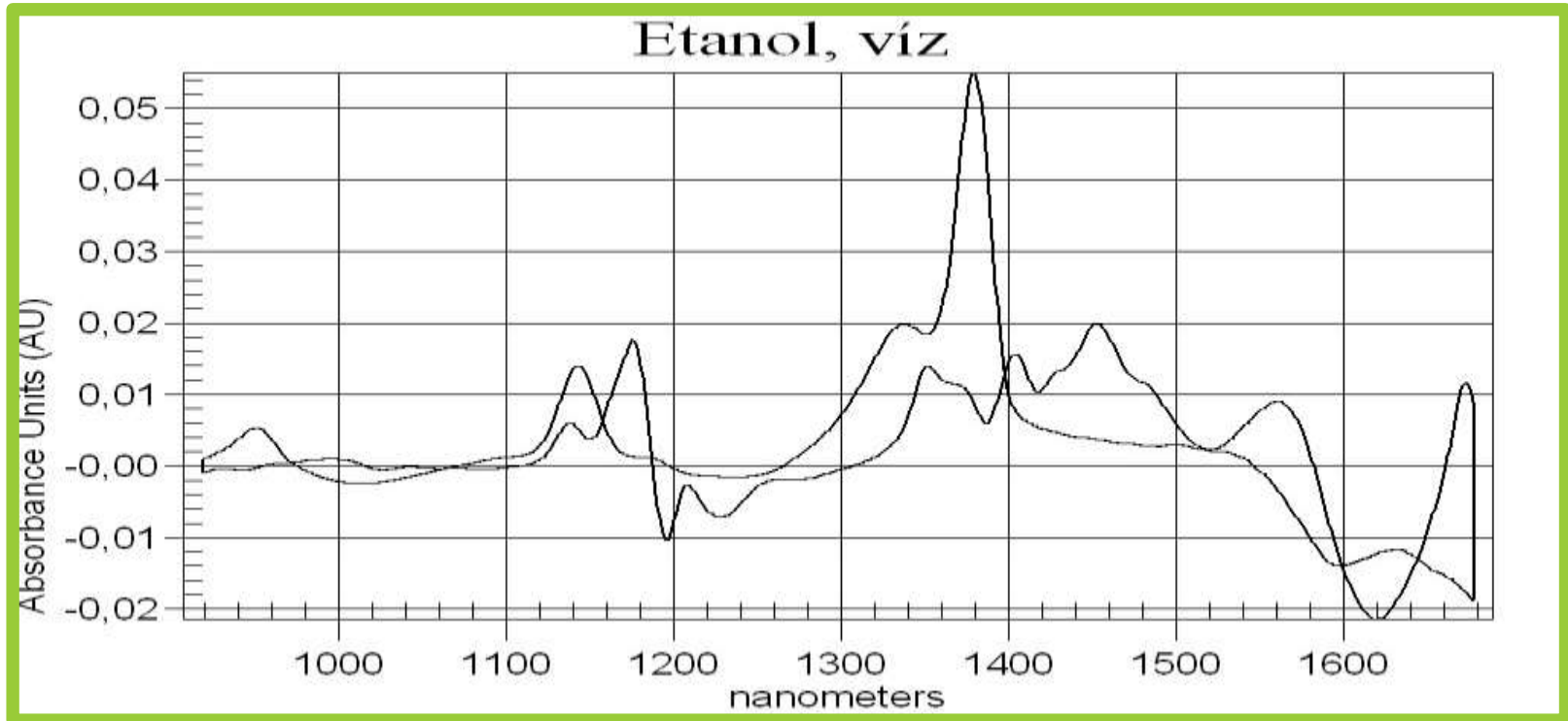
Az etanol –CH és –OH kötéseire jellemző 1200nm körüli tartományban a jelentős abszorpció. Ha cukroktól is meg kell különböztetni, akkor az 1300nm-es hullámhosszat is mérni kell.

Etanol kimutatása vízben



Az etanol koncentrációját a vízhez képest az 1400nm hullámhossznál lehet mérni, ahol az éles letörésnél jelentős a relatív abszorpciós különbség a két anyag közt. [1]

Etanol kimutatása vízben



Pontosabb képet kapunk a vizsgálandó hullámhosszokról az abszorpció első deriváltjának elemzésével. [1]

Kitűzött feladatok 2. félévre

- ✓ Az optimális sugárzási hullámhosszak kiválasztása a spektroszkópai szakirodalom alapján
- ✓ Megismerkedés az MFA-ban kidolgozott LED technológiával
- ✓ Önálló mérések
- ✓ Tervezett hullámhosszú LED szerkezetek növesztése folyadékfázisból
 - ✓ sugárzási sáv szélesítése beépített lumineszkáló rétegekkel
 - ✓ hőfokfüggés kiküszöbölése
 - ✓ nagy hatásfokú és kis kúpszögben sugárzó diódaszerkezet
 - Nagy pontossággal és kis szórással reprodukálhatóság
- ✓ Eredmények feldolgozása

Publikációk

Cikk:

- Réti István, Rakovics Vilmos, Ürmös Antal, Nádas József, Nanostruktúrák LED-ek, Elektrotechnika 107 (11) 19-21 (2014)

Konferencia előadás:

- Réti István, Rakovics Vilmos, Ürmös Antal, Nádas József, Nanostruktúrák LED-ek, V. LED Konferencia, Budapest, 2014 február 4-5

Konferencia poszter:

- Vilmos Rakovics, József Nádas, István Réti, Csaba Dücső and Gábor Battistig, Broad spectrum InGaAsP/InP near infrared emitting device, HETECH 2014, 23rd European Workshop on Heterostructure Technology - HETECH 2014, 12-15 October, Justus Liebig University Giessen, Germany. (hetech2014.org)
- József Nádas : GaInAsP/InP LEDs for Application in Near Infrared Spectroscopy; International Conference on Design and Light Industry Technologies ICDLIT 19 – 20 November 2014, Budapest, Hungary Óbuda University

Munkaterv 3. félévre

- Etanol illetve víz méréséhez illesztett spektroszkópai rendszerek vizsgálata
- Etanol-víz elegy méréséhez LED optimalizálási lehetőségei
 - a sugárzás irányfüggése a lehetséges mérési hullámhosszokon (a mérések lehetséges geometriai elrendezése ismeretében)
 - áramfüggése
 - hőmérsékletfüggése
 - a növesztett szerkezetek abszorpcióinak és lumineszcenciáinak mérése
 - rétegvastagságok mérése elektronmikroszkóppal
- Eredmények feldolgozása

Irodalom

- [1] Rakovics V., Réti I.: Infravörös diódák alkalmazása az élelmiszerek spektroszkópiai vizsgálatára in: Műszaki Kémiai Napok '08, 2008. április 22-24. Veszprém, pp. 64-68
- [2] Zarr, R.: LEDs Line Up To Replace Residential Incandescent Bulbs in: *Electronic Design*, Vol.02/2013, p. 14-15.
- [3] Réti I.-Ürmös A.-Nádas J.-Rakovics V.: Nanostruktúrák LED-ek in: *Elektrotechnika* 2014/11 p.
- [4] E. Kuphal: Phase Diagrams of InGaAsP, InGaAs and InP Lattice-Matched to (100)InP in: *Journal of Crystal Growth* 67 (Amsterdam, 1984) p.441-457
- [5] Rakovics V.-Nádas J.-Réti I.-Dücső Cs.-Battistig G.: Broad spectrum GaInAsP/InP near infrared emitting device, Poster in section TOP8 the 23rd HETECH 2014 Conference 12-15.10.2014 Justus Liebig University Giessen, Germany.
- [6] Rakovics V.: Optical investigation of InGaAsP/InP double heterostructure wafers, *Advanced Optoelectronics and Lasers (CAOL)*, 2010 International Conference on, Sevastopol, Ukraine, 2010.09.10-2010.09.14. IEEE Communications, 2010. pp. 216-218.
- [7] Rakovics V, Balázs J, Réti I, Püspöki S, Lábadi Z.: Near-Infrared Transmission Measurements on InGaAsP/InP LED Wafers *Physica Status Solidi C-Conferences and Critical Reviews* 00:(3) pp. 956-960. (2003)
- [8] Rakovics V, Püspöki S, Balázs J, Réti I, Frigeri C.: Spectral characteristics of InP/InGaAsP Infrared Emitting Diodes grown by LPE *Materials Science and Engineering B - Solid State Materials for Advanced Technology* 91-92 : pp. 491-494. (2002)
- [9] Rakovics V, Balázs J, Püspöki S, Frigeri C.: Influence of LPE growth conditions on the electroluminescence properties of InP/InGaAs(P) infrared emitting diodes *Materials Science and Engineering B - Solid State Materials for Advanced Technology* 80: (1-3) pp. 18-22. (2001)
- [10] Bugyás, J.: Elektromechanikus szerkezetek elemei (Főiskolai jegyzet BMF KVK-2019), Budapest 2003.

Köszönöm a figyelmet!

NÁDAS JÓZSEF

A solid green horizontal bar at the bottom of the slide.