

# A 2014. évi fizikai Nobel díj kapcsán

Vass László  
Percept kft  
[www.percept.hu](http://www.percept.hu)  
2014. október 16.



## 2014. évi fizikai Nobel díj, 1/3

### Isamu Akasaki



Született: 1929, Chiran, Japan

A Meijo University, Nagoya, és  
a Nagoya University, Nagoya professzora.

**1973**-tól foglalkozik a nitrid anyagokkal,  
Az 1980-as évek közepétől, már Amano-val közösen,  
sikerült jó minőségű GaN kristályt előállítani.

1989 és 1990 során a rekombináns fotonkeltés határfokának  
növelése már az indukált foton kibocsátást is lehetővé tette,  
ami az ibolya színű LD ( lézerdióda ) és kék színű LED  
előállítását eredményezte.

Az 1990-es évek második felében az ibolya és a kék LD-k  
fejlesztésével foglalkozott.



## 2014. évi fizikai Nobel díj, 1/3



### Hiroshi Amano

Született: 1960, Hamamatsu, Japan

Nagoya University, Nagoya, Japan

Kristálynövesztéssel ( GaN ) illetve epitaxiális rétegek növesztésével foglalkozott.

Az anyagszerkezeti kutatásokat főleg a kék és ibolya LD-k fejlesztésére használta.



## 2014. évi fizikai Nobel díj, 1/3



### Shuji Nakamura

Született: 1954, Ikata, Japan

Jelenleg az University of California, Santa Barbara, CA, USA-ban dolgozik

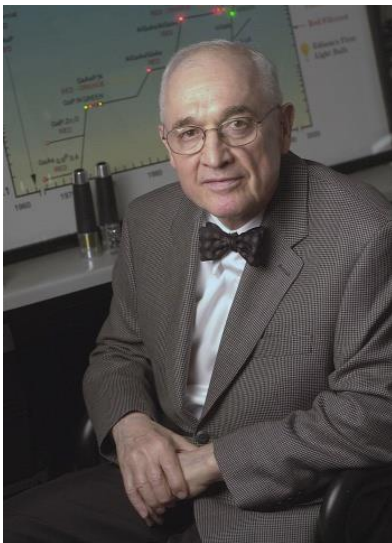
Az 1980-as évek végén és az 1990-es évek elején a Nichia (Tokushima) nevű cégnél kidolgozta a GaN alapú LED-k gyártását. A Nichia eredetileg finom vegyszerekkel és fényporok gyártásával foglalkozott.

**1993**-ban készítette el a nagy fényerejű kék LED-t, amelyet megfelelő sárga fényporral bevonva a kék fény egy részét átalakítva, fehér fényt állított elő **1997**-ben.

A Nichiával való kapcsolata nem volt felhőtlen, 1999-ben átigazolt az University of California, Santa Barbara-ba



## Kimaradt a 2014. évi fizikai Nobel díjból, pedig...



### **Nick Holonyak Jr.,**

az első látható, vörös fényt kibocsátó dióda,  
a LED működését bejelentő tanulmányát  
**1962**-ben közölte az Applied Physics Letters szakfolyóirat,  
társszerzője S. F. Bevacqua volt.



## Akkor a LED

A betűszó a „**light emitting diode**” rövidítése.

A fénykibocsátás nem szorul magyarázatra, a diódáról pár szót ejtenék.

Eredetileg a két elektródával rendelkező vákuumcsőre alkalmazták, majd az elnevezés leszűkült az egyik elektródájában fűtött, egyenirányító hatású vákuumcsőre. Kicsit pongyolán, minden egyenirányító hatású elektromos eszközre a dióda megnevezést használjuk.

A **félvezető diódában** az úgynevezett „p-n” átmenet állítja elő az egyenirányító hatást.

Rögtön két új fogalom, amit nem mindenki ismer.

Az első a „**félvezető**”. Már az 1800-as években ismert volt, hogy az elektromosságot jól vezető anyagok, amik legtöbbször fém, ( réz, vas, alumínium, arany, ezüst, wolfram, stb), illetve a szigetelők ( kén, üveg, csillám, kvarc, szinte minden oxid, stb) mellett vannak „félvezető” ( valójában rosszul vezető) anyagok is. Ilyenek a szilícium, a germánium, a szelén stb.



1. A szigetelőkben az elektronok erősen helyhez ( atomhoz ) vannak kötve. Ahhoz, hogy elhagyhassák az atomot nagy,  $> 3 \text{ eV}$  energiával kell rendelkezzenek. Úgy mondjuk, hogy nagy a **gap** , magyarul a tiltott sáv. Normál hőmérsékleten ekkora energiával rendkívül kevés elektron rendelkezik ( $10^{-15} - 10^{-20}$  rész), ezért gyakorlatilag nincs elmozdulásra képes „szabad” elektron.

2. A fémekben a legkülső elektronok szabadon elmozdulhatnak, ezért Avogadro számnyi elektron mozdulhat el, tehát igen jó vezetők.

3. A félvezetőkben a tiltott sáv szélessége  $0,01 - 0,5 \text{ eV}$  körül van, ezért már van valamennyi szabad elektron. Fontos, hogy ezt a sávszélességet megfelelő szennyezéssel (dopolással) befolyásolhatjuk, méghozzá úgy, hogy közben helyi **elektrontöbbletet** ( öt vegyértékű szennyező, pl. P, As ) , vagy **elektronhiányt** hozunk létre ( három vegyértékű szennyezővel , pl. Al, In).

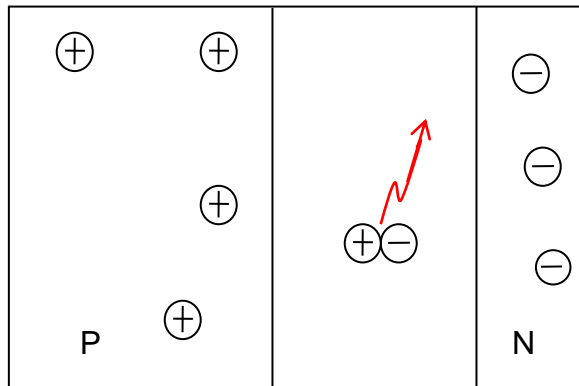
Az alapkristály lehet ötvözet is, például GaN !

Az elektrontöbbletes félvezető az „**n**” **típusú**, és milyen meglepő, az elektronhiányos a „**p**” **típusú**. Az „n” típusban sokkal több az elmozdulni képes elektron. A „p” típusban sokkal több az elmozdulni képes lokális elektronhiány, amit **lyuk**nak becézünk, és pozitív töltést tulajdonítunk neki!

Ha ezt a két típust atomi méretekben egymás mellé rétegezzük, kialakul a "p-n" átmenet.

Most csak a rekombináció érdekel bennünket.

Ha megfelelő irányú külső térrel egymás felé mozdítjuk a töltéshordozókat, az elektron „belepotyog” a lyukba, a gap-nek megfelelő energia felszabadul.



Ez az energia fordítódhat a kristály melegítésére, de bizonyos valószínűséggel **foton** is keletkezhet, aminek energiája, vagyis a színe megfelel a gap-nek.



A négy tudós eredménye:

**Ha ez a valószínűség elég nagy,  
Ha gap nagysága megfelelő,  
Ha a megfelelő fényport használjuk,**

**készen van a LED.  
készen van a kék LED  
készen van a fehér fény.**

Merthogy fehér LED egyelőre nincs.

Igen jó hatásfokú kék LED van, az energiaátalakítás hatásfoka már jóval 50 % fölött lehet.

A fényporok hatásfoka 70 – 80 % körüli, így a fehér fényt sugárzó LED-ek energia-hatásfoka közeledik az 50 %-hoz.

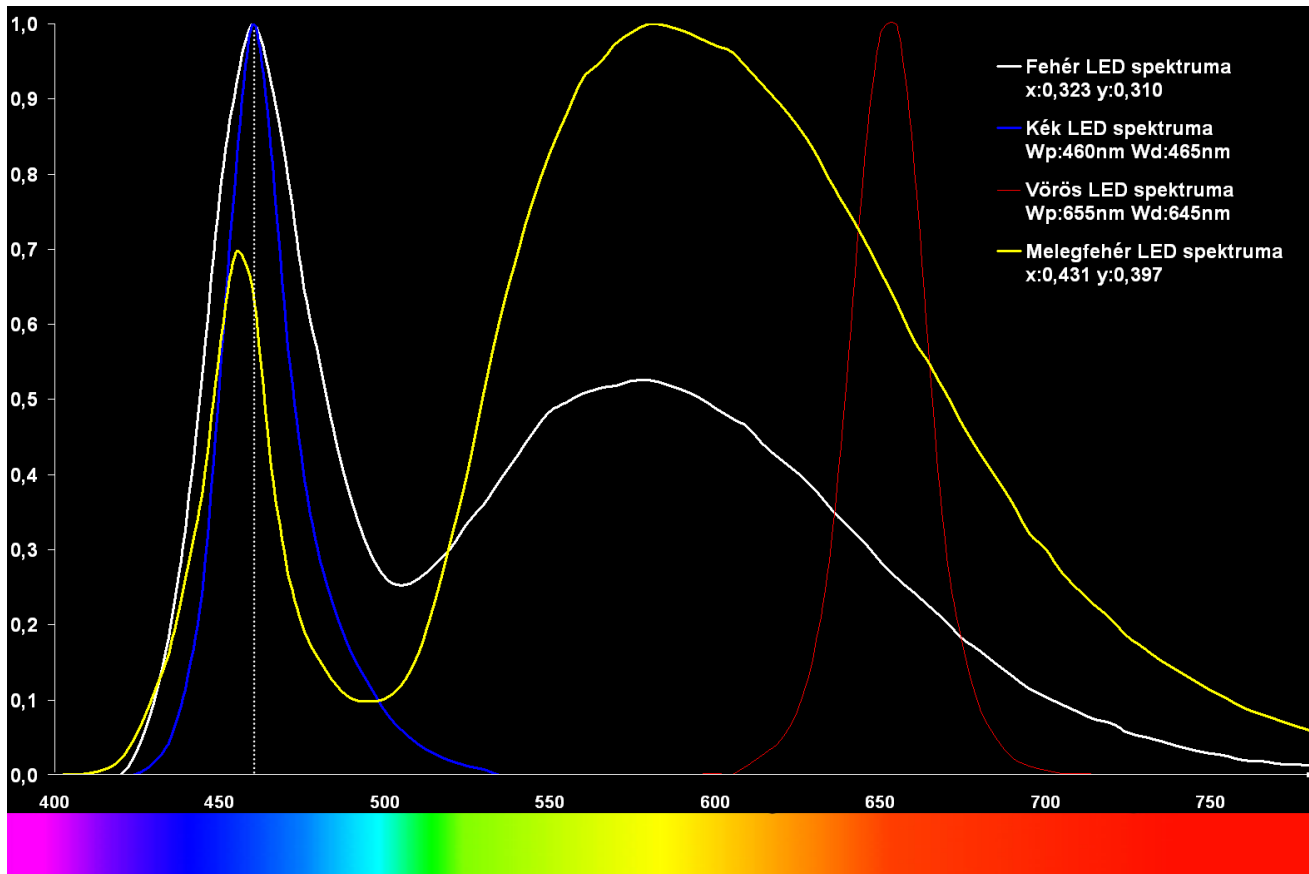
Világítástechnikai egységekben kifejezve ez kb. 180 – 200 *lumen / W*-t jelent.

A teljes, 100%-os átalakítás színárnyalattól függően 360 – 400 *lumen / W* fényhasznosítást jelentene. ( A hagyományos izzóé kb. 13 *lumen / W* )



## Most nézzük részletesebben ezt a fényt.

A vízszintes tengelyen a hullámhossz nm egységben van, a függőleges tengelyen a fényintenzitás 1-re normálva.



A kék színű görbe egy  
a fehér színű görbe egy  
A sárga színű görbe egy

kék LED spektruma,  
„hideg fehér” LED spektruma,  
„meleg fehér” LED spektruma

Figyeljük meg, hogy az 500 nm-nél hosszabb hullámhosszakat a fénypor állítja elő.  
A meleg fehérenél jól látszik, hogy a fénypor a kék LED spektrumából  
főleg a 440 nm fölötti hullámhosszakat nyeli el és konvertálja sárgás színű fényé.

## Jelentősége

Ezeket a félvezető gyártási technológiákat és anyagokat a teljesítményelektronika is használja. GaN és SiC FET-ek különlegesen jó hatásfokú energiaátalakításokat és vezérléseket tesznek lehetővé. Nagyon nagy a fejlődés üteme.

Durván 20 év munkája volt, hogy célirányos fejlesztéssel előálljon a fehér fényű fényforrás, de utána szinte robbant. **1997**-ben készült el a „fehér LED”, és a cégünk **1999**-ben és 2000-ben már gyártotta a gödöllői HÉV vonal közúti átjáróinak villogó fehér jelzőlámpáit Taiwanon tokozott Nichia gyártmányú fehér LEDekkel. Azóta is üzemelnek.

A világ elektromos energia termelésének kb. 15 – 18 %-át fordítják világításra. Ez évente nagyon sok milliárd dollár. A LEDek alkalmazása igen komoly megtakarítást jelenthet még a tömegesen alkalmazott kisülési csövekhez viszonyítva is, mert azok átlagos fényhasznosítása 60 – 80 *lumen / W* körül van, élettartamuk pedig 8 000 – 15 000 óra körül mozog.

**A jól tervezett és jól üzemeltetett LED fényforrások fényhasznosítása jelenleg 70 – 90 *lumen / W*, és folyamatosan növekszik.**

Várhatóan 4–5 év múlva 180 – 200 *lumen / W*-nál tetőzni fog.

**A jól tervezett és jól üzemeltetett LED fényforrások élettartama 20 000 – 80 000 óra között van, ami sokkal jobb a többinél.**



## Irodalom

[www.vilagitas.org](http://www.vilagitas.org)

[www.percept.hu](http://www.percept.hu)

## Gyártói honlapok

[www.cree.com](http://www.cree.com)

[www.luxeon.com](http://www.luxeon.com)

[www.zled.com](http://www.zled.com)

## Szakdolgozatok

Varga Károly: Mérési módszer kifejlesztése LED-ek ellenőrző vizsgálatához, 2003, szakdolgozat

Takács Gábor, LED alapú világítás, 2007, szakdolgozat

## Fizikai paraméterek mérése

ELTE TTK Szilárdtestfizikai tanszék, Világítódioda lámpatestek fejlesztése, 2002 – 2004 Kutatói jelentések

Schanda J, Muray K, Kránicz B.: LED Colorimetry



## Próbaüzem Tihanyban

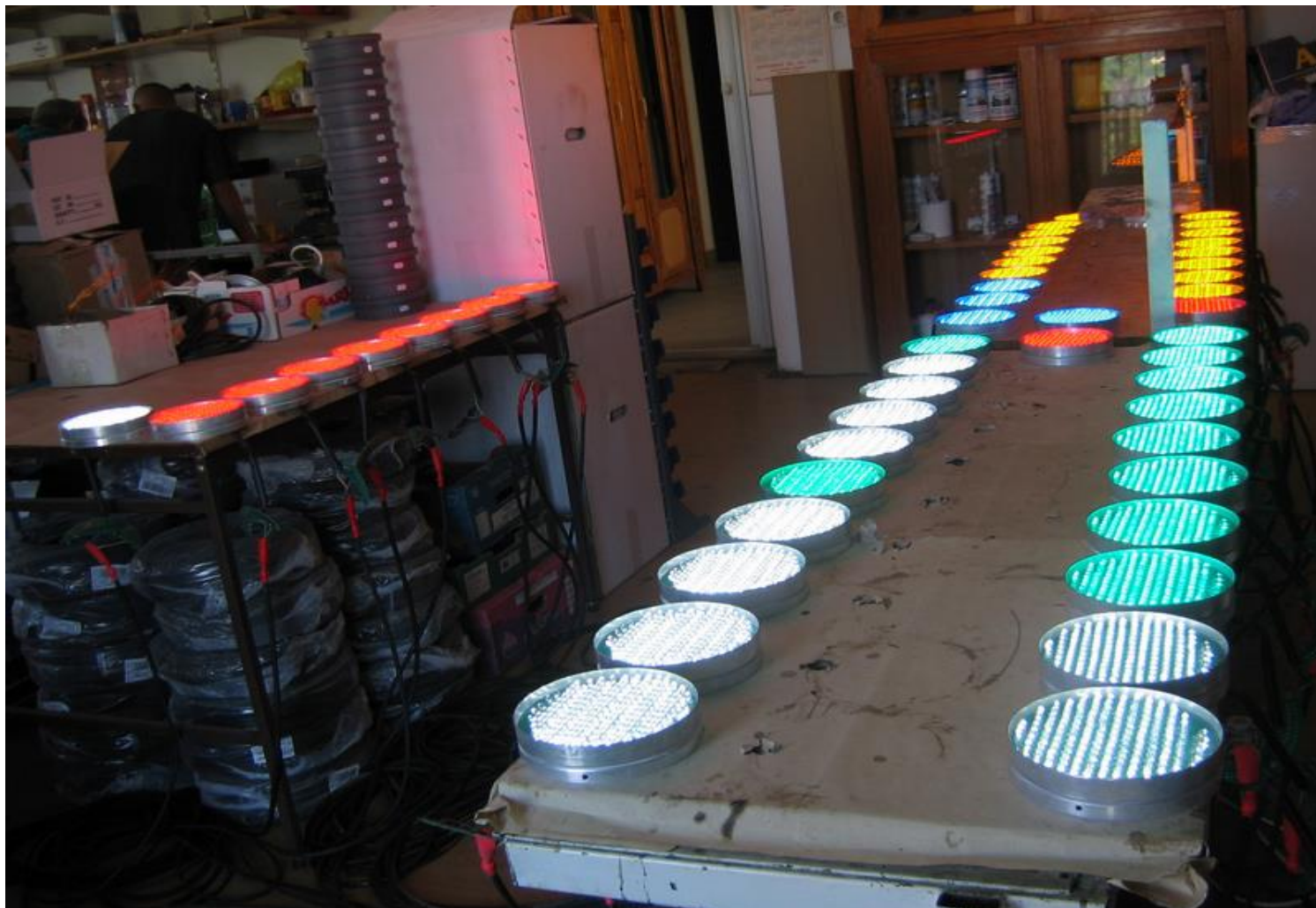


**LED-es és hagyományos fényforrás éjszaka. Figyeljük meg a színeket!**



**A gödöllői HÉV vonal útátjárója ködös időben.  
Baloldalt LED-es, jobboldalt hagyományos fénsorompó**





**Jelzőlámpa-gyártás a Percept kft-nél**

# A 2014. évi fizikai Nobel díj kapcsán

Bővebben minderről a Kömal szimposium  
keretében október 28-án,  
szintén ebben a teremben elhangzó előadásban.

**Vass László**  
**Percept kft**  
[www.percept.hu](http://www.percept.hu)  
**2014. október 16.**

