

A cikkeket a több mint 200 oldalas *Kalendárium* előzi meg. A kalendárium hónapról hónapra egy táblázattal kezdődik, amely minden napra tartalmazza a Nap és a Hold legfontosabb adatait, valamint a Ladó-Bíró-féle *Magyar utónévkönyv* alapján a névnapokat. Az eseménynaptár percnyi pontossággal közli a Nappal, Holddal és a bolygókkal történő eseményeket (például a Hold maximális librációjának időpontját, vagy, hogy mikor van a Merkúr alsó együttállásban a Nappal). A bolygók és az üstökösök történéseivel minden hónapnál külön fejezet foglalkozik. Ugyancsak havonta találunk táblázatot a Hold csillagfedéseiről, és grafikonokat, néha táblázatokat a Jupiter-holdak és a Szaturnusz-holdak helyzetének alakulásáról. Külön beszámoló foglalkoznak a napfogyatkozásokkal és holdfogyatkozásokkal akkor is, ha hazánk területéről nem láthatóak. Ezenkívül számos

rövid, átlagosan féloldali írás szól nevezetes csillagászati helyekről, együttállásokról. A csillagásztörténet nevezetes évfordulóit hónapról hónapra kapnak helyet. Itt olvashatunk a 100 éve született Fred Hoyle munkásságáról, ami jóval több, mint a Big Bang (Nagy Bumm) elnevezés kitalálása. Találkozunk az ugyancsak 100 éve született Zerinváry Szilárd nevével, aki rövid élete alatt jelentős csillagászati ismeretterjesztést végzett. De nem feledkezett el az évkönyv arról sem, hogy Fresnel 200 éve kezdte optikai kísérleteit, hogy 150 éve jelentek meg a Maxwell-egyenletek, a kozmikus háttérsugárzás felfedezése pedig ötven éve történt.

Az évkönyv utolsó oldalain fontos hazai csillagászati intézmények beszámolóit olvashatók, zárásként pedig a búcsú *Ponori Thewrewk Auréltól*.

Füstöss László

HÍREK – ESEMÉNYEK

AZ CÉLTUDATOSSÁG JUTALMA

Bársony István

MTA Műszaki Fizikai és Anyagtudományi Intézet

A fizikai Nobel-díjat 2014-ben három japán születésű kutató, *Isamu Akasaki* (83) és *Hiroshi Amano* (54) a Meijo University és a Nagoya University, Japán, valamint *Shunji Nakamura* (60) a University of California, Santa Barbara, CA, USA professzora kapta a „hatékony kék fényt kibocsátó diódák felfedezéséért, ami lehetővé tette az energiatakarékos és környezetbarát

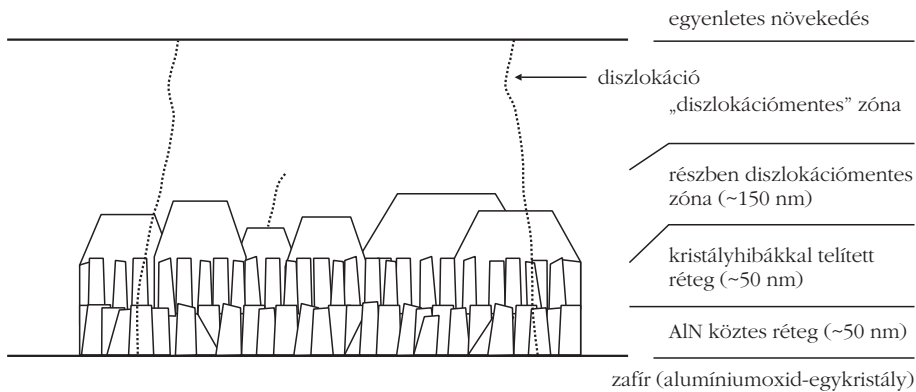
fényforrás” kifejlesztését (1. ábra). A Svéd Királyi Tudományos Akadémia hangsúlyozta, hogy a teljesen új elven működő fehérfényforrás ugyan még csak 20 éves, de előnyeit máris élvezzük [1].

Már a 20. század elején amerikai kutatók kimutatták, hogy a félvezető kristályok fénykibocsátásra képesek. Az elektrolumineszcencia kedvelt kutatási téma

lett az akkori Szovjetunióban is, viszont csak a tranzisztor 1947-es felfedezését követően (*Shockley, Bardeen, Brattain* – Nobel-díj 1956) vált világossá, hogy a p-n átmenetet szilárdtest fényemittáló szerkezetként lehet használni. Fényemissziót az ötvenes évek közepén Ge és Si p-n átmenetkből is kimutattak, de értékelhető hatásfokkal csak az úgynevezett direkt-sávú félvezetőkből várható fénykibocsátás. Ezekben ugyanis egylépéses, a vezetési-sávból a vegyérték-sávba való elektronátmenettel, fononok nélkül valósul meg az injektált elektronok sugárzásos rekombinációja. A fotonemisszió hullámhossza a tilossáv-szélesség által meghatározott energiából következik. Az első kísérletek vegyület-félvezető SiC, majd

1. ábra. Isamu Akasaki (balra), Hiroshi Amano (középen) és Shunji Nakamura 2014. december 10-én, Stockholmban a Nobel-díj átadó ceremónia után (forrás: KYODO).





2. ábra. A diszlokációmentes GaN epitaxiás növesztés első gyakorlati megoldása [3].

III–V kristályokkal folytak, csak hogy a kísérlet mindig kisebb energiát mutatott, mint a tilos sáv energiájából következett volna. A viszonylag hibamentes GaAs egykristályon sikerült először az 1,4 eV tilos-sávnak megfelelő infravörös sugárzást kimutatni 1961-ben, majd pár hónappal később több laboratóriumban (GE, IBM, MIT, Lincoln Lab.) 77 K hőmérsékleten lézereffektust is igazoltak. A szobahőmérsékleti működést csak a heteroátmenetes, a kvantumbezártságot hasznosító lézerdiodák 1967-es felfedezése (Alferov és Kroemer – Nobel-díj 2000) tette lehetővé.

Nick Holonyak Jr., a GE kutatója tudott először látható vörös LED fénykibocsátást igazolni és 710 nm-en sugárzó lézert építeni kevert $\text{GaP}_x\text{As}_{1-x}$ kristályokkal [2]. Holonyak szülei Magyarországról kivándorolt ruszinok voltak, ő maga is tud magyarul. Az idei Nobel-díj odaítélése kapcsán sérelmezte, hogy a látható fénykibocsátás úttörőjeként nem szerepel a díjazottak közt.

Már az ötvenes években komolyan felvetették a Philipsnél (Grimmeis) a világítástechnikai alkalmazás lehetőségét GaN szerkezetekkel. Kék fényvel gerjesztett fotolumineszcenciával ugyanis valamennyi hosszabb hullámhossz generálható a látható spektrumban, ahogy a fénycsövek falát borító fényporokból kevert „fehér fény” keletkezik. De a sugárzásos rekombinációt támogató, hibamentes GaN egykristály előállítás és hatékony p-adalékolása megfelelő akceptorral még sokáig váratott magára. Miközben világszerte sokan feladták a reményt a mechanikailag feszültségmentes GaN előállítására, Akasaki figyelmét felkeltették a 70-es években megjelent új kristálynövesztési technikák (MBE – molekulásugaras epitaxia és MOCVD – fémorganikus kémiai gőzfázisú lecsapatás), amelyek a rácsillesztett epitaxiás növesztés (SiC-on, vagy Al_2O_3 -on) lehetőségével kecsegtettek. Akasakinak a Matsushita kutatóintézetében,

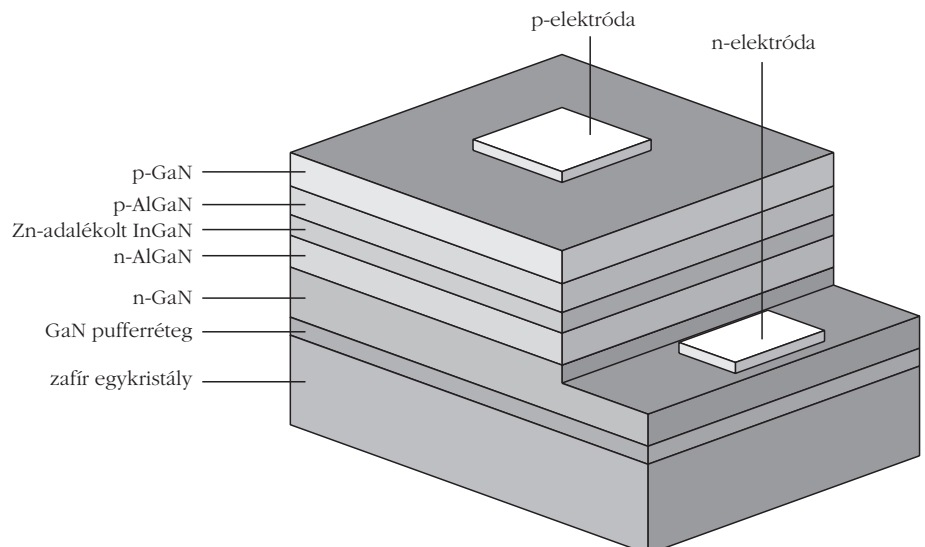
majd később Amanóval közösen a Nagoyai Egyetemen évekig tartó optimalizációs kísérletsorozat eredményeként sikerült MOVPE – fémorganikus gőzfázisú epitaxiával, a rácsillesztetlenség minimalizálásával Al_2O_3 szubsztráton optikai minőségű GaN réteget előállítani (2. ábra). Ehhez 500 °C-on 30 nm-es polikristályos AlN réteget nukleáltattak a zafír egykristályra, amiből a GaN növesztési hőmérsékletére (1000 °C) történő

felfűtés alatt kristályos szigetek képződtek a GaN epitaxiás növesztésének megfelelő preferált orientációval. A diszlokációsűrűség a növekvő GaN kristályban a kezdeti magas értékről néhány nm-en belül drasztikusan csökkent.

A módszer 1986-ban eredményezett a LED heteroszerkezet növesztéséhez egykristályos GaN szubsztrátot [3]. Ezidőtájt Nakamura, a fényporgyártó Nichia vegyipari cég kutatásvezetője az AlN-et alacsony hőmérsékletű GaN-del helyettesítette, így alacsonyabb n-típusú háttérkoncentrációval készített alapréteget [4].

A GaN elektronmikroszkópos vizsgálata során figyelték meg, hogy mind a Zn-adalékolt n, mind a Mg-mal adalékolt p-GaN szennyezésének határfoka, azaz koncentrációja megnőtt. Erre pár év múlva Nakamura adott magyarázatot. A Zn és Mg hidrogénatomokkal komplexeket alkot, így a beépülés után nem viselkedik aktív szennyezőként. Az elektronbesugárzás viszont szétbontja a komplexeket és megemeli az adalékkoncentrációt. Így a 90-es évek elején mind Akasaki, mind Nakamura csoportjában már AlGaIn, InGaIn LED heteroszerkezeteket (3. ábra) fejlesztettek [5], ahol minimális veszteséggel történik meg a kvantumgödörbe zárt (kvantumfogság) injektált elektronok rekombinációja. Nakamura a kettős heteroátmenetes

3. ábra. A GaN/AlGaIn/InGaIn kék LED heteroszerkezet [5].



szerkezetével 1994-ben már 2,7%-os kvantumhatásfokot ért el [5], majd mindkét csoportban kéklézer-emissziót is kimutattak.

Meg kell említenünk néhány hazai vonatkozást is. Az MTA Műszaki Fizikai Kutatóintézetében *Szigeti György* igazgató kezdeményezésére *Lendvay Ödön* vezetésével a vegyület-félvezető kutatás számos sikert ért el. Legjelentősebb, máig ható eredménye talán a parazitaveszteséges rekombináció visszaszorítását célzó mérési eljárás, a *mélynívó-spektroszkópia* kidolgozása volt *Ferenczi György* vezetésével. Ipari elterjesztése az intézet korai spin-off vállalkozásának, a mára multinacionális céggé nőtt Semilab Rt. érdeme. Az intézet kutatói nemzetközi együttműködések révén már korán bekapcsolódtak a LED-lézerdióda fejlesztésekbe. Pár éve így jelenhetett meg a jogutód MTA Műszaki Fizikai és Anyagtudományi Intézet fiatal munkatársának közös elektronmikroszkópos cikke a két Nobel-díjjal is – igaz, Linköpingből [6].

A látható fénykibocsátás fejlődése a vörös-zöld-kék-fehér sorrendben egy sor GaN alapú kutatási áttörés, felismerés és technológiai apró-munka eredménye, amiben *döntő tényező volt a japán kutatók kitalálása, céltudatossága*. Az alkalmazások nyitotta távlatok ma még beláthatatlanok. A fehér fényt kibocsátó LED-ek a becsült *100 000 óra élettartam* mellett ma *300 lm/W* teljesítménnyel az Edison-féle izzólámpák körülbelül *16 lm/W*-jával szemben csaknem *50%-os batáshoz* közelítő *elektromos-fény energiakonverziót* valósítanak meg. Mivel a globálisan felhasznált villamos energia csaknem 20%-át fordítjuk világításra, ez gigantikus

megetakarítást jelent a fenntartható fejlődés érdekében. Már bizonyos, hogy a vákuumtechnikai fényforrások rövid időn belül felváltják a LED alapú világítótestek, hiszen a kijelzők, TV képernyők, mobiltelefonok már ma is általánosan LED-eket használnak. Az elektronikusan vezérelhető világítástechnikai eszközök egyben hamarosan a szélessávú adatátvitel és kommunikáció eszközeiként is hasznosulnak (Li-Fi), az ultraibolya-tartományban sugárzó LED-ek antibakteriális, fertőtlenítő hatása is számos új alkalmazást nyit majd meg.

Alfred Nobel végrendelete szerint a díj azok elismerését kell, hogy szolgálja, akik tudományterületükön az emberiség számára legnagyobb hasznot hajtó teljesítményt érték el. Ahogy a Nobel-bizottság elnöke megállapította: az idei díj valóban az alapító szándéka szerinti kitüntetés!

Irodalom

1. Scientific Background on the Nobel Prize in Physics 2014, http://www.nobelprize.org/nobel_prizes/physics/laureates/2014/advanced-physicsprize2014.pdf
2. N. Holonyak, S. F. Bevacqua, *Appl. Phys. Lett.* **1** (1962). 82
3. H. Amano, N. Sawaki, I. Akasaki, Y. Toyoda, *Appl. Phys. Lett.* **48** (1986) 353.
4. S. Nakamura, M. Senoh, T. Mukai, *Jpn. J. Appl. Phys.* **30** (1991) L1998.
5. S. Nakamura, T. Mukai, M. Senoh, *Appl. Phys. Lett.* **64** (1994) 1687.
6. E. Valcheva, T. Paskova, G. Z. Radnoczi, L. Hultman, B. Mone-mar, H. Amano, I. Akasaki: Growth-induced defects in AlN/GaN superlattices with different periods. *Physica B* **340–342** (2003) 1129–1132.

PÁKÓ GYULA, 1955–2014

2014. október 9-én, életének 60. évében tragikus hirtelenséggel elhunyt iskolánk, az ELTE Apáczai Csere János Gyakorlógimnázium és Kollégium fizika vezetőtanára, *Pákó Gyula*. Földi maradványaitól október 22-én búcsúzott el családja, barátai, kollégái és diákjai az Óbudai temetőben.

Tartalmas, sikeres, boldog életet hagyott maga mögött.

1979-ben szerezte meg kémia-fizika szakos középiskolai tanári oklevelét az ELTE Természettudományi Karán. A fizika tantárgy tanításának módszertanába a legendás *Vermes Miklós* vezette be. Diplomájának megszerzése után a budapesti Közlekedésgépészeti Szakközépiskolában kapott állást, majd 1981-ben a budapesti Petőfi Sándor Gimnáziumban a fizika munkaközösség vezetőjévé választották. 1991-ben került iskolánkba, ahol vezetőtanári státuszt kapott. 1998-tól három éven át az iskola igazgatóhelyettese, majd egy éven keresztül megbízott igazgatója volt, egy igen

nehéz helyzetben vállalva a megbízást. Odaadóan, szerényen és becsülettel végezte munkáját igazgatóként, tanárként és osztályfőnökként is.

Tanári munkájának egyik jellemzője volt az állandó önképzés. 1981 óta volt tagja az Eötvös Loránd Fizikai Társulatnak, 2003-tól az ELFT Középszintű Oktatási Szakcsoportja vezetőségének. A Társulat 1998-ban Mikola-díjjal ismerte el munkásságát. 1988-ban Kiváló Munkáért kitüntetésben részesült. 2006-ban megkapta az „ERICSSON a matematika és fizika tehetségeinek gondozásáért” díját fizikából. Évről évre részt vett az Eötvös Társulat Fizikatanári Ankétján. Rendszeres látogatója volt a CERN-nek, több ízben szervezett kirándulást iskolánk diákjainak a CERN-be, utoljára 2013 nyarán.

Tanári pályáján kiemelkedő fontosságúnak tartotta a tehetségek felismerését, általában a tehetséggondozást. Szakköröket szervezett és vezetett, tanórán kívül is sokat foglalkozott tanítványaival. Az eredmények sorából kiemelhetők a Mikola Sándor Fizikaversenyen elért első, harmadik és ötödik helyezések, a KöMaL pontversenyén kiérdemelt dicséret, az Ifjú Fizikusok Nemzetközi Versenyén kivívott III. díj.

Az összegyűjtött információkért köszönet Radnóti Katalin tanárnőnek és a komal.hu oldalnak.