

3. László Gránásy, Tamás Börzsönyi, Tamás Pusztai: Nucleation and Bulk Crystallization in Binary Phase Field Theory. *Physical Review Letters* 88/20 (May 2002) 206105.
4. Tomohiro Takaki, Takashi Shimokawabe, Munekazu Ohno, Akinori Yamanaka, Takayuki Aoki: Unexpected selection of growing dendrites by very-large-scale phase-field simulation. *Journal of Crystal Growth* 382 (Nov. 2013) 21–25.
5. NIST. Pfhub: Phase field community hub. <https://pages.nist.gov/pfhub/>
6. A. M. Jokisaari, P. W. Voorhees, J. E. Guyer, James A. Warren, O. G. Heinonen: Benchmark problems for numerical implementations of phase field models. *Computational Materials Science* 126 (Jan. 2017) 139–151.
7. NIST. Additive manufacturing benchmarks 2018. <https://www.nist.gov/ambench>
8. Nitin Chopra: Integrated computational materials engineering: A multiscale approach. *JOM* 67/1 (Jan. 2015) 118–119.
9. Integrated computational materials engineering expert group. <http://www.icmeg.euproject.info>
10. The nomad laboratory. <https://www.nomad-coe.eu>
11. Materials genome initiative (mgi). <https://www.mgi.gov>, <https://mgi.nist.gov>
12. Materials genome initiative for global competitiveness. https://www.mgi.gov/sites/default/files/documents/materials_genome_initiative-final.pdf, 2017.
13. Calculation of phase diagrams (calphad). <http://www.calphad.org>
14. Larry Kaufman, John Ågren: CALPHAD, first and second generation – Birth of the materials genome. *Scripta Materialia*, 70/1 (Jan. 2014) 3–6.

A FOTOAKUSZTIKUS LABORATÓRIUMTÓL A TENGERI FÚRÓTORNYOKIG – egy sikeres műszerfejlesztés története

Bozóki Zoltán
MTA–SZTE Fotoakusztikus Kutatócsoport

A földgázipari fotoakusztikus műszerek fejlesztésének története több mint 20 évet ölel át. 1995-ben a szerző és munkatársai először fogalmazták meg azt az elképzelést, hogy egy gázüzemekbe telepített fotoakusztikus műszer alkalmas lehet a földgáz vízgőztartalmának folyamatos mérésére; 2015-ben pedig végleges formát öntött az algyői ipari parkban a holland tulajdonú Hóbré Laser Technology Kft. műszergyártó bázisa, ahonnan ma már Európába, Amerikába és Ázsiába szállítják a magyar szakemberek által kifejlesztett és gyártott fotoakusztikus műszereket. Felmerül a kérdés, hogy egy innovációs ötlet megvalósulásához sok vagy kevés ez a 20 év? Továbbá, lehet-e a mai pályakezdő fizikusokat egy ilyen történettel, amelyben a „vetéstől-aratásig” eltelt idő 20 év, lelkesíteni arra, hogy érdemes az innovációval foglalkozni? Először is megállapíthatjuk, hogy nemcsak a fizikának vannak vasszigorral érvényesülő törvényszerűségei, hanem – egészen meglepő módon – az innovációnak is, ami tulajdonképpen egy emberi-társadalmi tevékenység, így azt gondolhatnánk, hogy minden innovációs sikertörténet egyedi. Ehhez képest az innovációval foglalkozó könyvek szinte mindegyike leszögezi (például [1]), hogy kortól és országtól függetlenül

jellemzően 20 év az az időtartam, ami az ötlettől a megvalósulásig eltelik. Másodszor talán azzal lehet a fiatalokat lelkesíteni, hogy bár a 20 év soknak tűnik, de valójában ez egy folyamatos kihívásokkal, tanulás-sal, fejlődéssel eltöltött, rendkívül hasznos időszak volt, amit a szerző nagy lelkesedéssel dolgozott végig és szakmailag-emberileg rendkívül hasznosnak talált. Talán joggal remélem, hogy a munkában részt vevő, döntően fizikus végzettségű kollégák is hasznosnak ítélik meg szakmai karrierjük ezen időszakát, amit a fotoakusztikus műszerek fejlesztésével töltöttek/töltenek. Végül, de nem utolsó sorban, ez a történet ma is íródik, fizikus hallgatók ismerkednek meg a fotoakusztika alapjaival és kapcsolódnak be a fotoakusztikus kutatásokba, illetve a műszerfejlesztésbe akár az MTA–SZTE Fotoakusztikus Kutatócsoport, akár a fentebb említett Hóbré Laser Technology Kft., vagy a szintén fotoakusztikus műszerfejlesztéssel és gyártással foglalkozó Hilase Kft. kötelékében belül.

Mielőtt a fotoakusztikus műszerfejlesztés történetének részleteire rátérnénk, szeretném világossá tenni, hogy ez a cikk nem fog túlságosan sok tudományos részlettel szolgálni, nem röpködnek majd benne a lézerműködés törvényszerűségei, vagy a fotoakusztikus kamra akusztikus modellezésének részletei. Ugyanakkor – mivel remélem, hogy lesz olyan olvasó, aki szeretne a fotoakusztika mélyebb részleteivel megismerni – felhívom a figyelmet a cikk végén található irodalomjegyzékre, ahol a fotoakusztikus kutatásainkhoz kapcsolódó magyar nyelvű cikkeket és dolgozatokat [2, 3] soroltam fel. (Az angol nyelvű szakirodalom még a magyarnál is lényegesen bővebb, többek között tartalmazza a szerző és munkatársai közel 90 darab, nemzetközi tudományos folyóiratokban megjelent publikációját.)

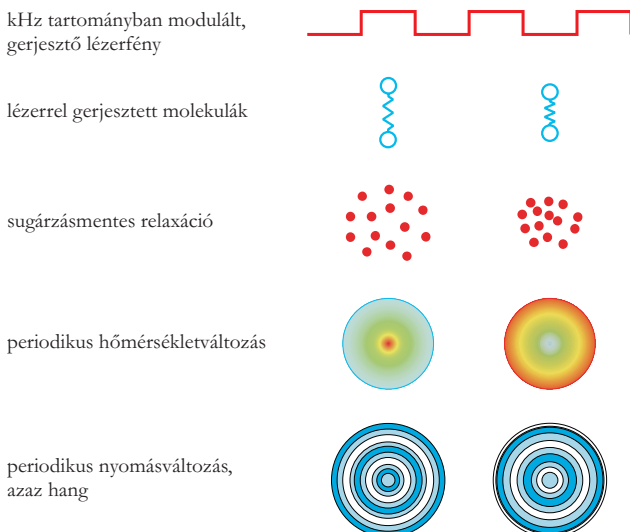


Bozóki Zoltán 1989-ben végzett fizikusként az ELTE-n, 1994 óta dolgozik a Szegedi Tudományegyetemen. 1997-ben PhD, majd 2012-ben MTA doktori fokozatot szerzett, 2013-tól az SZTE professzora. Az MTA–SZTE Fotoakusztikus Kutatócsoport tudományos tanácsadója és a Hilase Kft. ügyvezető igazgatója. 2017-ben a földgázipari fotoakusztikus műszerek fejlesztése és gyártásba vitele terén végzett tevékenységéért Gábor Dénes-díjban részesült.

A kezdetek

A „Bokros-csomag” generálta leépítések következményeként lényegében friss pályakezdőként 1994-ben ott kellett hagynom az állásomat a budapesti Izotópkutató Intézetben. Szerencsémre Szabó Gábor és Bor Zsolt professzor urak nemcsak állást ajánlottak Szegeden a József Attila Tudományegyetem Optikai és Kvantum-elektronikai Tanszék keretein belül működő Lézerfizikai Tanszéki Kutatócsoportban, de még kutatási pénzzel is „kistafiroztak”, ami azokban a rendszerváltás utáni nehéz években óriási szó volt. Ráadásul lényegében szabad kezet kaptam a kutatási témám megválasztásában, egyetlen kikötésük az volt, hogy a lézerek gyakorlati alkalmazásával foglalkozzak. Valójában az alkalmazott kutatás mindig is közel állt hozzám, annak ellenére, hogy mérnök nem volt a közvetlen környezetemben és sohasem merült fel bennem, hogy mérnök legyek. Ugyanakkor mindig is azt gondoltam, hogy az a fizikus tevékenység csúcsa, ha az elért eredményeket a mindennapokban alkalmazzák, ha némi pátosszal szólva, azok megkönnyítik az emberek életét. Izotóp-intézetes időszakomban Lőrincz András és Miklós András témavezetésével két területen dolgoztam: egyrészt a pikoszekundumos lézerimpulzusok által keltett termikus és akusztikus hullámok modellezésével foglalkoztam (ebből írtam egyetemi doktori dolgozatot), másrészt érintőlegesen részt vettem a fotoakusztikus kutatásokban is. E két tématerület közül azért volt az utóbbi szimpatikusabb számomra, mert abban az időben az előbbi területhez kapcsolódó lézeres anyagmegmunkálás, illetve roncsolásmentes anyagvizsgálat lényegében még nem létezett Magyarországon, így esély sem volt arra, hogy az ilyen irányú kutatási-fejlesztési tevékenységünk esetleges eredménye itthon is hasznosuljon, ami számomra (és úgy gondolom, hogy budapesti és szegedi mentoraim számára is) alapvető szempont volt. Ugyanakkor fotoakusztikus mérések végzéséhez nincs szükség extrém bonyolultságú és drága eszközökre: nagy érzékenyséű mérése-

1. ábra. A fotoakusztikus jel keletkezése.



ket lehet végezni egyszerű lézerekkel, házilag gyártott fotoakusztikus kamrákkal és a megfelelő, kereskedelmi forgalomban kapható mérőelektronikákkal. Nagyon röviden összefoglalva a fotoakusztikus jel úgy keletkezik, hogy a lézer hullámhosszát ráhangoljuk a mérendő gázkomponens egy elnyelési vonalára, majd a lézert akusztikus frekvencián moduláljuk (lényegében periodikus módon be- és kikapcsolgatjuk a kHz tartományban). A gázmintát, amelyben a komponens koncentrációját mérni szeretnénk, bevezetjük egy akusztikus szempontból optimalizált kamrába, amin keresztül világítunk a modulált lézerral. A fény egy részét a mérendő komponens elnyeli, ez által a molekulák gerjesztett állapotba kerülnek, majd sugárzásmentes relaxáció révén az elnyelt energiát átadják a környezetükben lévő gázoknak, ami megnövekedett hőmérsékletet eredményez (a növekedés mértéke a mK tartományba esik). A periodikus hőmérséklet-növekedés periodikus nyomásváltozást eredményez, azaz hang keletkezik, amit a fotoakusztikus kamrához rögzített mikrofonnal mérni lehet (1. ábra). A történethez visszatérve: egy viszonylag rövid ideig tartó témakeresési időszak után 1995-ben kezdtünk el foglalkozni a fotoakusztikus módszer földgázipari alkalmazásával, ami Szegeden, az algyői földgázmezők szomszédságában kézenfekvő gondolat volt. Felvettük a kapcsolatot Puskás Sándorral a MOL Nyrt. fejlesztőmérnök munkatársával, akinek prezentáltuk a fotoakusztikus módszer előnyeit, és azon gázok – elsősorban X-H kötést tartalmazó kis molekulák, mint például metán, ammónia, vízgőz – listáját, amelyeket a diódlézeres fotoakusztikus módszert alkalmazva nagy érzékenységgel lehet mérni. Ő először nem látott fantáziát egyik általunk javasolt komponens mérésében sem, de néhány nap elteltével újra jelentkezett, és azt mondta, hogy a földgáz vízgőztartalmának mérésére alkalmas műszer kifejlesztése fontos kutatási téma lehet. Ez némileg meglepett minket, mert a földgáz vízgőztartalmának mérésére (ami a földgázra vonatkozó előírások szerint éppúgy kötelező, mint például a fűtőérték mérése) már akkor is számos cég árult (persze nem fotoakusztikus elvű) műszert. Viszont Sándor a cégen belül konzultált néhány szakemberrel, akik elmondták neki, hogy ezen műszerek megbízhatósága erősen korlátozott. Szeretném hangsúlyozni, hogy nagyon sokat köszönhetünk kooperatív szakmai hozzáállásának, ugyanis nem azt kezdte el keresni, hogy miért nem jó a módszerünk a cége számára, hanem elgondolkozott azon, amit tőlünk hallott és vette a fáradságot, hogy megkeresse a mi munkánk és az Ő igényeik közös metszetét. Sajnos a későbbiek folyamán, egyéb ipari együttműködések során előfordult, hogy gondolkodás nélkül visszautasították az együttműködési ajánlatunkat, majd évek elteltével jöttek rá, hogy mégis csak van a javaslatunkban ráció, ezáltal komoly időbeli versenyhátrányba kerültünk, amit nagyon nehezen tudtunk csak legyőzni (de az már egy másik történet). Nyilván minden szakember rengeteg helyről rengeteg megkeresést kap, amelyek között – valljuk be – egészen „agyament” ötletek is vannak. Ugyanakkor sok-

szor csak egy kis továbbgondolásra lenne szükség (ezt a mai modern szóhasználattal úgy mondják, hogy ki kell lépni a komfortzónából), hogy valaki felelős szakemberként vagy döntéshozóként ne a nehézségeket, hanem a lehetőségeket lássa meg egy-egy ötletben.

Visszatérve történetünkhöz: 1995-ben elkezdődtek a fotoakusztikus módszer földgázipari alkalmazhatóságát vizsgáló laboratóriumi kísérletek, amelyeket a MOL Nyrt. K+F szerződés formájában támogatott. A gyakorlatban úgy néztek ki a kísérletek, hogy felhalmoztuk a szükséges mérőelektronikákat, fotoakusztikus kamrákat, emellett lézer fényforrásokat fejlesztettünk és nekiláttunk a földgáz főbb összetevőinek (metán, szén-dioxid, etán, propán stb.) fotoakusztikus spektrumát felvenni abból a célból, hogy megkeressük a közeli infravörös tartományban azt a hullámhosszat, ahol a vízgőz a legnagyobb érzékenységgel mérhető, miközben a földgáz egyéb komponensei a lehető legkisebb mértékben zavarják meg a vízgőzmérést. Sajnos, hamar kiderült, hogy a számunkra ideális hullámhossztartományokban, ahol elméletileg csak a vízgőznek vannak elnyelési vonalai, valójában „hemzsegnek” a földgáz fő komponenseihez tartozó nagyon gyenge, a spektroszkópiai adatbázisokban legtöbbször fel sem tüntetett elnyelési vonalak. Azaz a földgázban ppm (parts per million, azaz 1 millió molekulából 1 darab) szinten jelen levő vízgőzmolekula erős elnyelési vonalait elfedik a metán (illetve a kén-hidrogén esetében a széndioxid) gyenge elnyelési vonalai, mivel ez utóbbi komponensek koncentrációja jellemző módon 5-6 nagyságrenddel nagyobb (metán esetében akár 98%, CO₂ esetében akár 10%), mint a mérendő vízgőzé, illetve kén-hidrogéné. Ezért eljárást dolgoztunk ki, amit a későbbiekben szabadalmaztattunk [4], amely lehetővé tette, hogy ebben az „elnyelésivonal-rengetegben” is megbízható méréseket tudjunk végezni.

Lépésről lépésre összeállítottunk egy fotoakusztikus mérőrendszert, amellyel laboratóriumi körülmények között megbízható vízgőzméréseket lehetett végezni. A MOL Nyrt. következő megbízási szerződése már egy gázüzembe telepíthető fotoakusztikus műszer kifejlesztésére vonatkozott. Az első és legfontosabb probléma, amivel szembesültünk, hogy egy gázüzem potenciálisan robbanásveszélyes terület, azaz olyan megoldásokat kellett alkalmaznunk, amelyek biztosították a műszer gyújtószikra-mentességet. Ez gyakorlatilag a teljes műszer újratervelését jelentette, mivel innentől kezdve meg kellett felelni a vonatkozó úgynevezett ATEX szabványoknak is. A 2000-es évek elejére elkészült az első műszer, amit büszkeségtől dagadó kebellet szállítottunk a MOL Nyrt. algyői gázüzemébe. „Apró” problémát jelentett, hogy a laboratóriumi körülmények között jól működő műszer teljesen használhatatlannak bizonyult terepi körülmények között, ugyanis a földgáz vízgőztartalma helyett egyetlen paraméterre volt igazából érzékeny, az pedig a környezeti hőmérséklet volt. Csalódottságunkat úgy próbáltuk enyhíteni, hogy erős öniróniát gyakorolva megállapítottuk, hogy sikerült elkészítenünk a világ legrágább hőmérőjét. Rövid kesergés

után nekiláttunk a rendszer hőmérséklet-érzékeny elemeinek a beazonosításához, majd a hőmérséklet-érzékenység megszüntetéséhez (pontosabban az elfogadható értékre való csökkentéséhez). Stabilizáltuk a mérőkamra hőmérsékletét, emellett rájöttünk arra, hogy az alkalmazott telekommunikációs típusú diódlézer hullámhosszának stabilizálásához nem elegendő a tokozásába gyárilag beépített Peltier-elemes hőmérséklet-stabilizálás, hanem szükség van a lézer teljes tokozásának hőmérséklet-stabilizálására is. Továbbá nyilvánvalóvá vált, hogy a mérőelektronika is számos olyan alkatrészt tartalmaz, amelyek stabilitása elegendő a laboratóriumi mérésekhez, terepi körülmények között azonban túlságosan hőmérséklet-érzékenyek, hiszen egy gázüzembe kitelepített műszer hőmérséklete magyarországi éghajlati körülmények között könnyedén változhat $-20 - +45$ °C tartományban. Szerencsénkre addigra már elkezdődött egy hosszú és gyümölcsöző, jelenleg is tartó együttműködés a Videoton Holding Zrt. Fejlesztési Intézetével, ahol a mérnök kollégák, *Simon Ferenc* (†) vezetésével, azonosították azon elektronikai alkatrészeket, amelyek a rendszer hőmérséklet-érzékenységeért felelősek. Ez után oly módon alakították át a rendszer elektronikáját, hogy azzal a hőmérséklet-érzékenység a szükséges mértékben csökkent. Itt ismét szeretnék kitérőt tenni, és hangsúlyozni: a fizikus sikeres munkájához alapvető fontosságú, hogy legyen benne képesség és hajlandóság az együttműködésre az egyéb szakterületek munkatársaival, például mérnökökkel és vegyészekkel. Ez az együttműködés sokszor nem egyszerű, már csak ezért sem, mert nem ugyanazt a szakmai nyelvet beszéljük, ennek ellenére e kollégák segítségével a fizikus „félkarú óriás”. Az átalakított műszer már sikeresen vizsgázott terepi körülmények között, így a következő években újabb és újabb műszereket tudtunk telepíteni a MOL Nyrt. különböző üzemibe (Algyő, Üllés, Sávoly, Barcs, Százhalombatta stb.).

A Hilase Kft.

Több körülmény szerencsés együttállása, azaz a már telepített fotoakusztikus műszerek megbízható működése, a spin-off cégek létrehozását támogató TST-program kiírása, tapasztalt (Szabó Gábor, Bor Zsolt és *Rácz Béla*) és fiatal (*Mobácsi Árpád*, *Szakáll Miklós* és jómagam) kutatók lelkesedése, valamint a Videoton Holding Zrt. mérnöki és vállalkozói tudása, elkötelezettsége tette lehetővé, hogy 2004-ben megalapítsuk a Hilase Kft.-t, a Szegedi Tudományegyetem első úgynevezett spin-out cégét, amely az egyetlen elért fotoakusztikus eredmények hasznosításával foglalkozik. A cég létrehozása és működtetése során a kezdetektől fogva számos, előtte számunkra ismeretlen feladatot kellett megoldanunk. Az egyik legfontosabb az volt, hogy a Szegedi Tudományegyetemmel rendezett szerződéses viszonya legyen a cégnek, amely egyértelműen rögzíti, hogy az SZTE végzi a fotoakusztikus kutatásokat, míg a Hilase Kft. gyártja a fotoakusztikus



A Hobre Laser Technology Kft. munkatársai az algyői gyártó- és fejlesztőközpont előtt. Az itt dolgozók több mint fele fizikus végzettségű.

műszereket, és az eladásokból meghatározott százaléokban royalty-t fizet az egyetemnek a szabadalmak és a know-how hasznosítása után. Ügyvezető igazgatót kellett találni a cég élére. Az alkalmazott konstrukció szerint az egyik ügyvezető (*Lak István*) képviselte a Hilase Kft. többségi tulajdonosát, azaz a Videoton Holding Zrt.-t, míg a másik a feltaláló kutatókat. Ez utóbbi én lettem, annak ellenére, hogy sokáig nagyon berzenkedtem ezen megoldás ellen, mivel ilyen tapasztalatom egyáltalán nem volt és nem éreztem magam alkalmasnak e feladatra. Végül sikerült megbirkóznom e teljesen új kihívással, mivel egyrészt rengeteg szakmai támogatást kaptam Szabó Gábortól, illetve a Videoton mérnökeiktől és munkatársaiktól, másrészt Lak István ügyvezetőtársamtól rengeteget tanultam arról, hogy egy cég miként tud rendezetten, „cégszerűen” működni. Ezek viszonylag egyszerű dolgok, nincs bennük semmi ördögösség, semmi olyan, ami ellentmondana a „józan paraszti észnek”. A teljesség igénye nélkül: el kell készíteni a gyártott műszerek részletes alkatrészlistáját (angolul BOM azaz bill of materials), vagy például: mielőtt bármit változtatunk a rendszeren, akár csak a legapróbb alkatrészt, végig kell gondolni, hogy e változtatás milyen egyéb, legtöbbször fel sem tételezett további változásokhoz fog vezetni. Egy minőségirányítási rendszer bevezetése roppant unalmas tevékenységnek hangzik, ugyanakkor – tapasztalataim szerint – rengeteg előnnyel jár. Ami egy fizikus számára talán a legnehezebb, hogy a cég alapvető célja a műszert sorozatban, egyenletes színvonalon legyártani. Persze fontos a gyorsaság és a minél olcsóbb gyártás, de talán a reprodukálás az, ami a normál kutatói-fizikusi gondolkodással leginkább szembe megy. Hiszen tegyük fel, hogy egy fizikus például megépíti a világ legérzékenyebb fotoakusztikus metánmérő műszerét, publikálja, majd a

cikke megjelenése után pár napig ünnepli magát, ezután teljesen mással kezd (például egy ammóniamérő megépítésével) foglalkozni. Némileg sarkítva, egy kutató számára teljesen értelmetlen tevékenység egy második – ráadásul az előzővel megegyező tulajdonságokkal rendelkező – metánmérő megépítése, hiszen nagy valószínűséggel ezt már nem tudná publikálni (mivel a reprodukciót nem szoktuk tudományos eredménynek tekinteni). Ugyanakkor az a jelenség, hogy két, azonos alkatrészekből álló és látszólag teljesen egyformán legyártott fotoakusztikus kamra érzékenysége (azaz, hogy mekkora mikrofonjelet kelt benne a mérendő komponens egységnyi koncentrációja ugyanazt a

lézett és mérőelektronikát alkalmazva) akár 20-25%-kal is különbözik, valójában önmagában is izgalmas tudományos kérdés, amelynek megválaszolása segíti a fotoakusztikus módszer mélyebb megértését (és persze a műszergyártást és eladást is).

A fentebb felsorolt vezetői képességek elsajátításának fontosságát nem lebecsülve, azt tekintem a sikerhez vezető legfontosabb lépésnek, hogy ügyvezetőként viszonylag hamar rájöttem a legfontosabb feladatomra, nekem kell kiválasztanom a legmegfelelőbb embereket, akik szívvel-lélekkel dolgoznak a cég sikeréért, azaz a fotoakusztikus módszer minél szélesebb körű alkalmazásáért a földgáziparban. A 2010-es évek elejére rendkívül jó csapat jött össze a Hilase Kft.-ben, itt mindenki tudja a dolgát, a kollégák jól kiegészítik egymást és jól tudnak együtt dolgozni. Ők döntően fizikusok, akiket az egyetemről ismertem, nem egy közülük fotoakusztikus témából írta szakdolgozatát vagy diplomamunkáját, azaz teljes mértékben elkötelezettek a fotoakusztika sikere iránt. Ők már akkor is bíztak a fotoakusztika földgázipari alkalmazhatóságában, pedig – nagy kockázatvállalás mellett – teljesen járatlan úton jártunk, hiszen előttünk senki sem alkalmazta a fotoakusztikus módszert ezen a területen (más területen se nagyon). Ez az úttörő szerep nem arról szólt, hogy egy bevált mérőmódszert még jobbá próbáltunk tenni. Sok nehézségünk volt és sokszor érezhettük volna, hogy a fotoakusztika földgázipari alkalmazása reménytelen vállalkozás, viszont korábban olyan sikerélményem volt, amiből mindig erőt tudtam meríteni. 2001 nyarán meghívást kaptam a houstoni Rice Egyetemre, ami mindössze két hétre szólt, és a fotoakusztikus módszer előnyeit kellett demonstrálnom. A hátizsákomba pakoltam egy fotoakusztikus kamrát és egy mikrofonerősítőt, így vittem ezeket Amerikába. (Megjegyzendő, hogy ez még

2001. szeptember 11-e előtt volt, ma már nem gondolom, hogy ilyen obskúrus eszközt csak úgy fel lehetne vinni egy menetrendszerű utasszállító repülőgépre.) Houstonban egy nap alatt összeraktam a fotoakusztikus rendszert és összehasonlító méréseket végeztünk egy többszörös fényutas (multi-path) optikai abszorpciós koncentrációmérő rendszerrel, amit a houstoni kollégák a mérést megelőzően fél évig raktak össze és gondosan optimalizáltak ezen összehasonlító kampányra. A mérések során a „szedett-vedett” fotoakusztikus rendszer érzékenyebbnek bizonyult, mint a gondosan optimalizált optikai abszorpciós rendszer. A későbbiekben ez a mérés segített abban, hogy végig bízzak a fotoakusztikus módszerben, abban, hogy a fotoakusztikus földgázipari műszereink egyre jobbra tehetők, az átmenetileg fellépő nehézségek/problémák legyőzhetőek, hiszen tudtam, hogy optikai abszorpciós rendszereket alkalmaznak a földgáz vízgőz- és kénhidrogén-tartalmának mérésére, és tudtam, hogy a mi fotoakusztikus rendszerünk jobb ezen rendszereknél.

A fotoakusztikus műszereink a nemzetközi piacon

Egyre megbízhatóbb és pontosabban mérő fotoakusztikus rendszereket gyártottunk, viszont folyamatosan szembe találtuk magunkat azzal a problémával, hogy a földgázipar rendkívül konzervatív iparág, ezért egy újonnan jött outsider cég (amely ráadásul egy volt szocialista, kelet-európai országból érkezett) által ajánlott új, korábban még nem alkalmazott mérési elven alapuló műszer lényegében se szakmai, se üzleti érdeklődést nem tudott generálni. Azonban egy szerencsés véletlen folytán fel tudtam venni a kapcsolatot a holland Hobre Instruments BV nevű, földgázipari műszereket a múlt század 70-es éveitől gyártó cég munkatársaival, akik gyorsan felismerték a fotoakusztikus műszerünkben rejlő üzleti potenciált és vállalták a műszerek marketingjét, illetve – ami legalább ennyire fontos – telepítését és szervizelését. Ez utóbbi fontosságának megértéséhez elég abba belegondolni, hogy egy tengeri fúrótornyra csak olyan szakember mehet szerviztevékeny-



Kiszállításra váró fotoakusztikus műszerek a Hobre Laser Technology Kft.-nél.

seget végezni, aki többek között helikoptervezetői engedéllyel is rendelkezik. Innentől kezdve a történet abszolút pozitív fordulatot vett, a műszereladásaink több kontinensen is folyamatos növekedésnek indultak, a fotoakusztikus módszer egyre elfogadottabbá vált és 2013-ban a Hobre BV megvásárolta a földgázipari gyártási jogokat és létrehozta a már korábban említett algyői gyártó és fejlesztőközpontot, ahol jelenleg 15 magyar szakembert – kiknek több mint fele fizikus – foglalkoztatnak.

Röviden összefoglalva ez az az innovációs sikertörténet, aminek köszönhetően 2017-ben megkaptam a Gábor Dénes-díjat. Büszkeséggel tölt el, hogy részese lehettem e történetnek, hiszen nagyon sokan nagyon sokat dolgoztunk a sikerért. Munkánk során rengeteg új dolgot tanultunk, többek között a fizika, az analitikai kémia, a műszerfejlesztés és a vállalkozás területén. Azt gondolom, akik részt vettek/vesznek ebben az elkötelezett munkában az itt megszerzett tudásukat kiválóan tudják hasznosítani jövőbeli szakmai karrierjük során.

Irodalom

1. Jim Collins: *Jóbból kiváló. A tartós üzleti siker elemei.* HVG könyvek (2013) ISBN: 9789637525681.
2. Bozóki Zoltán: *Fotoakusztikus elvű, környezetvédelmi és ipari célú gázkoncentráció-mérő műszerek pontosságát, megbízhatóságát növelő mérési elrendezések és eljárások fejlesztése.* MTA Doktori értekezés, 2011.
3. Számos PhD dolgozat született a fotoakusztikus gázdetektálás témakörben. Néhány ezek közül Mohácsi Árpád, Szakáll Miklós, Huszár Helga és Pogány Andrea dolgozata.
4. Bozóki Zoltán, Mohácsi Árpád, Szabó Gábor, Puskás Sándor, Szakáll Miklós, Bor Zsolt: *Eljárás időben változó összetételű metántartalmú gázelegy, elsősorban földgáz, vízgőztartalmának fotoakusztikus elvű meghatározására.* P0201751 bejelentési számú magyar szabadalom.

Szerkesztőség: 1092 Budapest, Ráday utca 18. földszint III., Eötvös Loránd Fizikai Társulat. Telefon/fax: (1) 201-8682
A Társulat Internet honlapja <http://www.elft.hu>, e-postacíme: elft@elft.hu

Kiadja az Eötvös Loránd Fizikai Társulat, felelős kiadó Groma István főtítkár, felelős szerkesztő Lendvai János főszerkesztő.
Kéziratokat nem őrzünk meg és nem küldünk vissza. A szerzőknek tiszteletpéldányt küldünk.

Nyomdai előkészítés: Kármán Stúdió, nyomdai munkálatok: OOK-PRESS Kft., felelős vezető: Szathmáry Attila ügyvezető igazgató.
Terjeszti az Eötvös Loránd Fizikai Társulat, előfizethető a Társulatnál vagy postautalványon a 10200830-32310274-00000000 számú egyszerűsített.

Megjelenik havonta (nyáron duplaszámmal), egyes szám ára: 900.- Ft (duplaszámé 1800.- Ft) + postaköltség.

HU ISSN 0015-3257 (nyomtatott) és **HU ISSN 1588-0540** (online)