

# ÖTVEN ÉVES AZ ELSŐ MAGYAR LÉZER

Csillag László  
KFKI

*Maiman* [1] 1960 augusztusában adta hírül a *Nature* folyóiratban az első, 694 nm-es vörös fényimpulzusokat sugárzó rubin lézer<sup>1</sup> sikeres megvalósítását, *Javan, Bennett* és *Herriott* [2] 1961. februárban a *Physical Review Letters*ben közölte a folytonos üzemű, 1,15 µm infravörös hullámhosszon sugárzó hélium-neon gázlézer elkészítését.

A mi számunkra 1963. december 6-a lett jelentős dátum, e napon kezdett működni hazánkban az első hazai lézer: az utóbbihoz hasonló infravörös fényű, folytonos üzemű He-Ne gázlézer.

Az első lépést kétségtelenül *Marx György* tette meg, amikor 1961 nyarán felkért arra, hogy sürgősen fordítsam le magyarra *A. L. Schawlow* cikkét az optikai maserekről, amely a *Scientific American* 1961. júniusi számában jelent meg. Ezt a cikket a *Fizikai Szemle* 1961. szeptemberi számában már le is közölte

[3]. A nagyszerűen megírt cikk szinte minden fontosat leírt a lézerek működéséről és alkalmazási lehetőségeiről (szerzője később Nobel-díjat kapott lézerspektroszkópiai munkásságáért), ma is érdemes elolvasni.

További előrelépést jelentett, hogy a Központi Fizikai Kutató Intézet (KFKI) két kutatócsoportja – egyik az optikai spektroszkópia, másik a fizikai optika területén dolgozott – élénken érdeklődni kezdett a téma iránt. Az előbbi csoport korábban *Mátrai Tibor* vezetése alatt komoly tapasztalatokat szerzett az atom- és molekulaszpektrumok kísérleti és elméleti vizsgálatában, az utóbbi *Jánossy Lajos*nak a fény természetével kapcsolatos kutatásaihoz kapcsolódó kísérleti munkákat végezte *Náray Zsolt* vezetése alatt, jelentős optikai mérés-technikai és elméleti felkészültséggel és eszközparkkal. A lézerek működésének elvi alapjairól, a lézertípusokról és ezek alkalmazási lehetőségeiről *Bakos József* kollégámmal előadást tartottunk az Eötvös Loránd Fizikai Társulatban 1963. május 13-án és 20-án; mindkét előadás még abban az évben megjelent a *Fizikai Szemlé*ben [4, 5].

Az előtanulmányok alapján világossá vált, hogy mindkét lézertípus elkészítésére megvannak a tudományos feltételek. A rubin lézernél a mechanikai alkatrészeket és a tápegységet a KFKI-ban el tudják készíteni, de megfelelő rubinkristályt és hozzá való tükröket, vala-

---

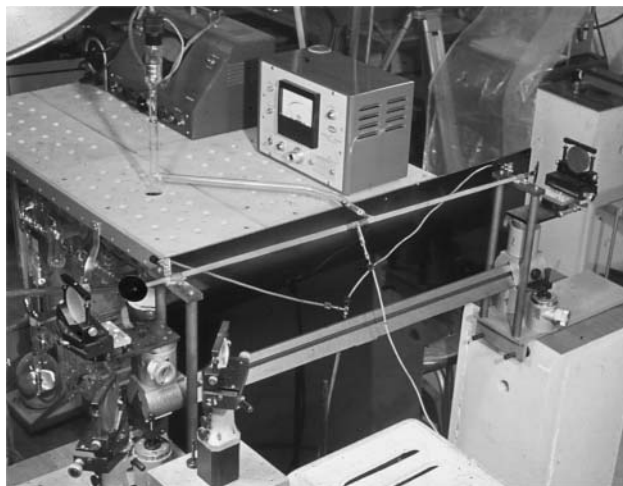
<sup>1</sup> Kezdetben az optikai maser elnevezést használták utalva arra, hogy a mikrohullámok tartományában sugárzó, az 1954-ben felfedezett maser elve alapján, de az optikai tartományban működő eszközről van szó. (A MASER betűszót a Microwave Amplification by Stimulated Emission of Radiation kifejezés szavainak első betűiből alkották.) Később a nemzetközi irodalomban általánossá vált a LASER betűszó, ahol a első betű a „light”-ra utal. Hazánkban kezdetben a laser, lázer, lézer szavakat egyaránt használták, de később a lézer elnevezés vált általánossá – bár vannak, akik ma is ragaszkodnak a laser írásmódoz.

mint speciális villanócsöveket külföldről kell beszerezni. Az 1964. év folyamán sikerült mindent összehozni és el is készült ez a lézer – *Farkas Győző*, *Náray Zsolt* és *Varga Péter* közreműködésével.

A He-Ne infravörös gázlézernél könnyebb volt a helyzet. Amikor igazgatóhelyettesünk, *Náray Zsolt* 1963. november elején ez ügyben megbeszélésre összehívta a kutatókat, az időközben megjelent publikációk ismeretében kiderült, hogy 2-3 hét alatt elkészíthetünk egy, az eredetnél egyszerűbb konstrukciójú lézert.

Javan, Bennett és Herriott lézerenél a nagy frekvenciával gerjesztett gázkisülési cső két végéhez közvetlenül csatlakozott a két igen finoman beállítható síktükör, amelyek dielektrikumréteg-rendszer bevonata ~98,9% reflexiójú volt. Az egyik tükrön áthaladó kis teljesítményhányadot detektálták. A mi megoldásunknál az ugyancsak nagy frekvenciával gerjesztett ömlesztett kvarc kisülési csövet *Rigrod* [6] nyomán sík kvarcüvegablakokkal zártuk le. Az egyik ablak a rezonátortengelyhez képest a Brewster-szögben (~57°), a másik 45°-ban állt. A Brewster-szögnél a beesési síkban rezgő fénykomponens veszteség nélkül halad át az ablakon, míg az erre merőleges komponens a két üvegfelületen jelentős reflexiók veszteséget szenved, aminek eredményeként a kialakuló lézersugárzás lineárisan polarizált. A 45°-os ablaknál a két üvegfelületen a rezonátorban levő sugárzás körülbelül 1%-a merőlegesen kicsatolódt. Erre azért volt szükség, mert dielektrikum-réteg tükrök helyett mi frissen párolgatott ezüst tükröket használtunk; ezek reflexiója a közeli infravörösben körülbelül 98% volt, de gyakorlatilag semmit nem engedtek át. További egyszerűsítést jelentett, hogy síktükrük helyett mi homorú tükröket alkalmaztunk. *Boyd* és *Gordon* [7] ugyanis kimutatta, hogy a szférikus tükrös rezonátorok elhajlási veszteségei – különösen a konfokális közeli elrendezésben – sokkal kisebbek, mint síktükrös rezonátoroknál, és a beállítási érzékenységük is nagyságrendekkel kisebb. A feladatokat következőképpen osztottuk fel: *Bakos József* az ezüst tükrök elkészítését, *Varga Péter* az infravörös lézersugár detektálásával kapcsolatos teendőket vállalta, *Kántor Károly* a laboratórium meglévő elemeiből megszerkesztette a tükrök finom állítóit, és kidolgozott egy ügyes, távcsöves módszert a lézertükrök pontos szembeállítására a lézercső közepén áthaladó optikai tengely mentén. Az én feladatomban volt a gázkisülési cső elkészítése és – megfelelő vákuumtechnikai előkészítés után – az optimális gázkeverékkel való megtöltése, a nagyfrekvenciás gerjesztés megoldása. Ehhez rendelkezésünkre állt egy komplett gáztöltő és vákuumrendszer a megfelelő mérőberendezésekkel, továbbá egy 30 MHz-es, 0–200 W között változtatható teljesítményű generátor. A kisülés gerjesztéséhez három külső elektródát alkalmaztunk.

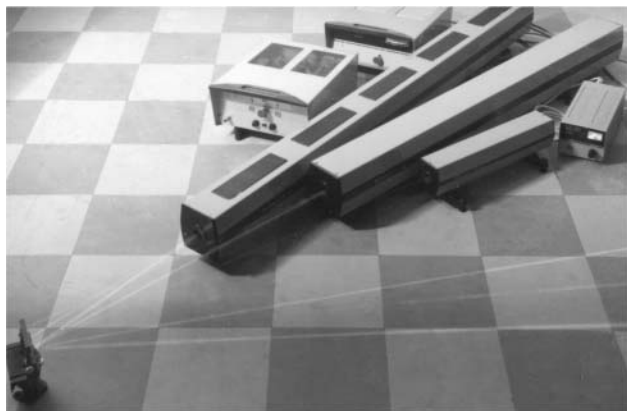
Az 1. ábra már működés közben mutatja a megvalósított rendszer fényképét [8]. Az egész lézer egy beton lábakon álló optikai padra van szerelve. A kép közepén látható gázkisülési cső (vörös) fénye a gerjesztett



1. ábra. A KFKI első laboratóriumi infravörös He-Ne lézere.

gázkeverék spontán sugárzásából származik. A 100 cm hosszú, 7 mm belső átmérőjű ömlesztett kvarcüvegcső végein felismerhetők a 3 mm vastag, kemény piceinnel ragasztott kvarcablakok (ez adja a fekete színt), a jobb oldali ablak hajlásszöge 56° 30', a baloldali hajlásszöge 45°. Ezen csatlózik ki az infravörös – és ezért sajnos nem látható – lézersugárzás. Az előzőleg 10<sup>-9</sup> bar vákuumba leszívott cső töltete: spektrálisan tiszta hélium és neon gáz 7:1 arányú keveréke, nyomása 1,3 mbar. A két egyforma,  $f = 50$  cm fókuszú homorú tükrök az optikai padon egymástól 120 cm-re áll, pontosan szemben, a cső tengelyére illeszkedve. Bevonatuk frissen párolgatott ezüst, reflexiójuk körülbelül 98%. Az ezüst tükrök használata miatt a lézer nemcsak 1,15 μm, hanem 2,39 μm és 3,39 μm hullámhosszakon is működik. A képen jól láthatók a tükröbeállító mechanikai elemek, a háttérben a vákuum- és gáztöltő rendszer, tetején a mérőműszerekkel.

Érdekes volt az indulás. December 6-án délelőttre – kipróbálva, beállítva – minden készen állt. Mind a négyen némi izgalommal vártuk a teljes rendszer első próbáját. Ez igen megrendítő volt, ugyanis semmi sem történt! Előzetesen – a hátsó tükrök letakarásával – a gerjesztett kisülési cső végén kilépő spontán fényt (ez a bal tükrőről visszaverődve a 45°-os végablakon csatlózik ki) lencsével egy 1,15 μm-re beállított monokromátor belépő részére képeztük le. A detektor jelét egy igen érzékeny regisztráló galvanométer mutatta. Ez világosan jelezte a neon 1,15 μm-es gyenge színképvonalának meglétét. Ezután kitakartuk a hátsó tükröt: semmi változás! Nincs lézerműködés? Mielőtt nagyon kétségbe estünk volna, *Kántor Károly* kollégánk éppen csak hozzányúlt a lencse oldalirányú állító csavarjához – és a galvanométer egyszerűen elszállt! Ez legalább hat nagyságrend intenzitásnövekedést jelzett a spontán vonalhoz képest! A lézer tehát rendben működött – utóbb megmértük a kilépő teljesítményt, ami a várakozásnak megfelelően körülbelül 2,5 mW-nak adódott. A kezdeti beállítási hiba pedig egyszerűen a lézernyaláb nagyfokú párhuzamosságából adódott. A körülbelül 10 szögperc széttartású nyalábot ugyanis a lencse 0,1 mm-nél kisebb foltocskára



2. ábra. A KFKI-ban kidolgozott 633 nm-es (vörös színű) He-Ne lézercsalád.

fókuszálta és ezt a foltocskát a spontán fény körülbelül 1 mm-es foltja alapján nem lehetett pontosan a belépő részre állítani.

Ezután már le mertük hívni a laboratóriumba *János Lajos* igazgatónk, aki igen nagy érdeklődéssel nézte meg a lézert. Leginkább az „üvegteszt” tetszett neki. Ez a következő volt: ha egy sík üveglemezt a rezonátoron kívül a nyaláb útjába tettünk, a lemez két felületén fellépő reflexiók következtében a detektor – a várakozásnak megfelelően – körülbelül 8% intenzitáscsökkenést mutatott. Ha ugyanezt a üveglemezt a lézer rezonátorába, például az egyik tükör és a kisülési cső közé tettük, a jel 0-ra lement, vagyis a lézer leállt. A magyarázat egyszerű: az ablak okozta körülbelül 8% veszteség nagyobb volt, mint a gázkisülési cső fényerősítő képessége (a tükör és a kicsatoló ablak veszteségeit is figyelembe véve). *Jánosy* professzor jó párszor saját kezűleg is megismételte ezt az egyszerű kísérletet.

Az elkövetkező napokban sok vendégünk volt a laboratóriumban. Ezek közül csak egyet említek, *Novobátsky Károlyt*, az ELTE Elméleti Fizikai Tanszéke neves professzorát. Ő akkor már igen idős volt, mégis, amikor híre ment lézerünk beindulásának, Marx György útján jelezte, hogy szeretné megnézni a lézert. Kollégájával együtt hamarosan megjelent laboratóriumunkban. Részletesen elmagyaráztatta a lézer működését. Bemutattuk az „üveglemeztesztet”, ami láthatóan igen tetszett neki. „Nagyon érdekes, kérem, nagyon érdekes” – mondta az idős professzor elismerően.

Ezen első demonstratív lézert egy évtizedes intenzív kutató-fejlesztő munka követte. 1964-ben megszületett a vákuumrendszertől független, egyenárammal gerjesztett lézercső, elkészültek az első kiváló, nagy reflexiójú dielektrikum tükrök, 1965 tavaszán pedig laboratóriumunkban működni kezdett a – *White* és *Rigden* [9] által még 1962-ben felfedezett – 633 nm-es vörös He-Ne lézer. Ezt a kísérleti példányt – *Jánosy* Lajos kérésére – az ELFT 1965-ös tavaszi pedagógustovábbképzése keretében a tanároknak is bemutattuk, néhány demonstrációs kísérlettel: a nagy előadóterem falain végigfutó körülbelül 10 mW-os vörös lézersugár, amelynek útja – a porrészezsckéken való

szóródás révén – a levegőben is látható volt, valamint a fényelhajlási és interferencia-kísérletek nagy tetszést arattak, mert megmutatták a lézer adta lehetőségeket az optika oktatásában. 1967 nyarán elkészült az első komplett hordozható lézer, amit a fizikustársadalom az ELFT soproni vándorgyűlésén láthatott. *Jánosy Mibály* kollégánk holográfiáról tartott előadásában ezzel a lézerrel demonstrálta az – általa korábban ugyanezen lézerrel készített – első hazai hologramok rekonstrukcióját. Itt szeretnék megemlékezni e lézer megalkotásában közreműködőkről: *Majorosi Antal* üvegtechnikus (lézercső), *Rózsa Károly* (elektróda és ablakrögzítés), *Bakos József* és *Szigeti János* (tükrök), *Tóth József* (rezonátormechanika, csőtöltés, lézerbeállítás), *Ádám Ferenc* (tápegység).

Ezen az úton továbbhaladva arra törekedtünk, hogy reprodukálható, optimális paraméterekkel rendelkező (teljesítmény, stabilitás, élettartam, divergencia és nyalábminőség) He-Ne lézercsaládot alakítsunk ki. Embargós, illetve devizanehézségek miatt ugyanis igen sokan (főként egyetemek, kutatóintézetek, klinikák) szerettek volna tőlünk ilyen lézert szerezni. A 2. ábrán bemutatjuk az 1971–73 években kifejlesztett és több példányban elkészített három lézertípust (5–25–50 mW lézerteljesítmény). Az 5 mW-os lézer bizonyult a legnépszerűbbnek: 100 db készült belőle. E kis méretű lézereket (40 cm rezonátorhossz) főként optikai rendszerek beállításánál és az optikai mérés technikában alkalmazták. A nagyobb méretű, illetve teljesítményű típusokat (25 mW-nál 120 cm, 50 mW-nál 150 cm rezonátorhossz) a holográfiában és az orvosi alkalmazásoknál (sebgyógyítás) használták: a 25 mW-os lézerekből 29 db, az 50 mW-os lézerekből 7 darab készült.

E lézercsaláddal kapcsolatban szeretném kiemelni két technikus kollégánk tevékenységét: *Tóth József* tervezte és nagyrészt ő is készítette el a lézerek mechanikáját, *Forgács Judit* gondoskodott a lézercsövek vákuumtechnikai előkészítéséről és gázkeverékkel való megtöltéséről. Ők ketten végezték el a lézerek végső beállítását és ellenőrzését, továbbá – több mint három évtizeden keresztül – az esetleg szükséges javításokat, felújításokat is.

Az utolsó két évtizedben a He-Ne lézerek szerepét fokozatosan átvették az egyszerűen kezelhető, olcsó, hosszú élettartamú, ugyancsak vörös fényű félvezető lézerek. De még ma is He-Ne lézereket használnak ott, ahol fontos a jó fókuszálhatóság, illetve a kis spektrális sávszélesség.

Természetesen a He-Ne lézerek kutatása és a hozzá kapcsolódó fejlesztések, amelyeket az előzőkben vázoltam, a KFKI-ban folytatott kutatásoknak<sup>2</sup> csak egy kis szegmensét jelentik. De úgy gondolom, hogy ezek a munkák érdemben segítették a hazai optikai kutatások és alkalmazások előrehaladását mind a mi intézetünkben, mind az ország többi kutatóhelyein.

<sup>2</sup> A KFKI-ban, majd ennek átalakulása után egyik utódintézetben, az MTA Szilárdtestfizikai és Optikai Kutatóintézetben (SZFKI) végzett optikai alap- és alkalmazott kutatásokról néhány éve részletes beszámoló jelent meg a *Magyar Tudomány*ban [10].

## Irodalom

1. Maiman, T. H.: Stimulated optical radiation in ruby. *Nature* 187 (8. Aug. 1960), 493–494.
2. Javan, A., Bennett, W. R. Jr., Herriott, D. H.: Population inversion and continuous optical maser oscillation in a gas discharge containing He-Ne mixture. *Phys. Rev. Lett.* 6 (1. Febr. 1961) 106–110.
3. Schawlow, A. L.: Optikai maserek. *Fizikai Szemle* 11 (1961. szept.) 263–270, (*Scientific American*, June 1961)
4. Bakos J., Csillag L.: A lézer. *Fizikai Szemle* 13 (1963. okt.) 304–311.
5. Bakos J., Csillag L.: Lézer-típusok és alkalmazásaik. *Fizikai Szemle* 13 (1963. dec.) 359–367.
6. Rigrod, V. W., Kogelnik, H., Brangaccio, D. J., Herriott, D. R.: Gaseous optical maser with external concave mirrors. *J. Appl. Phys.* 33 (Febr. 1962) 743–744.
7. Boyd, G. D., Gordon, J. P.: Confocal multimode resonator for millimeter through optical wavelength masers. *Bell Sys. Tech. J.* 40 (March 1961) 489–508.
8. Bakos J., Csillag L., Kántor K., Varga P.: Ezüsttükros nagyfrekvenciás gerjesztésű He-Ne laser. *KFKI Közl.* 13 (1965), 195–197.
9. White, A. D., Rigden, J. D.: Continuous gas maser operation in the visible. *Proc. IRE* 50 (July 1962) 1697.
10. Czitrovszky A., Farkas Gy., Bánó G. és munkatársai: Lézerfejlesztések és lézeralkalmazások a KFKI-ban, majd az SZFKI-ban. *Magyar Tudomány* (2005), 1499–1510.