

Laser

SLAVÍ PADESÁTINY

Osamělý hráč, který porazil velké týmy

IVAN PELANT

Abstract: Laser celebrates its 50th birthday (A solitary player beat big teams) by Ivan Pelant. The contribution reviews the race towards the first experimental laser in 1960, stressing the original approach by T. H. Maiman.

Anály hovoří jasně: první laserový paprsek na světě vyšlehl dne 16. května 1960 z rubínové tyčinky. Stalo se tak ve výzkumných laboratořích firmy Hughes Aircraft v USA pod rukama mladého, tehdy třiatřicetiletého výzkumného pracovníka Theodora H. Maimana (viz rovněž rámeček na s. 293). Suchá fakta však neříkají nic o okolnostech, které historickou událost doprovázely. Jak dlouho Maiman k vytčenému cíli směřoval? Nebo to snad byl postranní výsledek výzkumu zaměřeného jiným směrem? Jaká tehdy vládla ve vědecké komunitě atmosféra? Pracoval sám, s kolegou, nebo dokonce obklopen týmem oddaných spolupracovníků?

Lovci iluzorního laseru

Pokusíme-li se ponořit poněkud hlouběji do okolností vzniku prvního laseru, pak – jako ostatně téměř u všech velkých objevů – narazíme na spoustu zajímavostí, nečekaných, ba překvapivých faktů. Vydejme se tedy o padesát let zpět poodhrnout poněkud závoj času halící dvojici laser–Maiman; tyto dva pojmy patří neodlučitelně k sobě.

Koncem padesátých let minulého století již existovaly zdroje koherentního mikrovlnného záření založené na konceptu stimulované emise – masery. Vcelku přirozeným způsobem

vykrytalizovala myšlenka zesílit stimulovanou emisí i viditelné světlo. Vzhledem k obrovskému rozdílu ve vlnových délkách mikrovlnného a optického záření (10 cm/1 mikrometr, tedy pět řádů!) však bylo zřejmé, že experimentální realizace bude muset spoléhat na úplně odlišný přístup. Nebylo zřejmé, zda to vůbec půjde. Zvažovalo se především, jaký materiál (aktivní prostředí) použít ke generaci koherentního optického záření, jak aktivnímu prostředí dodávat nezbytnou energii (zvanou čerpací), a také nebyla jasná otázka, jak experimentálně zařídit kladnou zpětnou vazbu (která teprve činí z pouhého zesilovače generátor). Fundamentální teoretickou práci, ze které tyto úvahy vycházely, publikovali v časopise *Physical Review* v roce 1958 A. L. Schawlow (Bell Telephone Laboratories, New Jersey) a C. H. Townes (Columbia University, New York). K podobným teoretickým představám dospěli nezávisle v Lebeděvově ústavu v Moskvě N. G. Basov a A. M. Prochorov. K honbě za laserem (tenkrát se mu ještě říkalo „optical maser“, což naznačovalo přenesení koncepce stimulované emise z mikrovlnné do optické oblasti) se poté vydalo více dravých týmů, často s velmi slušnou finanční podporou; jen v USA to byli výzkumníci z Bell Telephone Laboratories, IBM Corporation, RCA Laboratories, MIT Lincoln Laboratory a další – co jméno, to pojem.

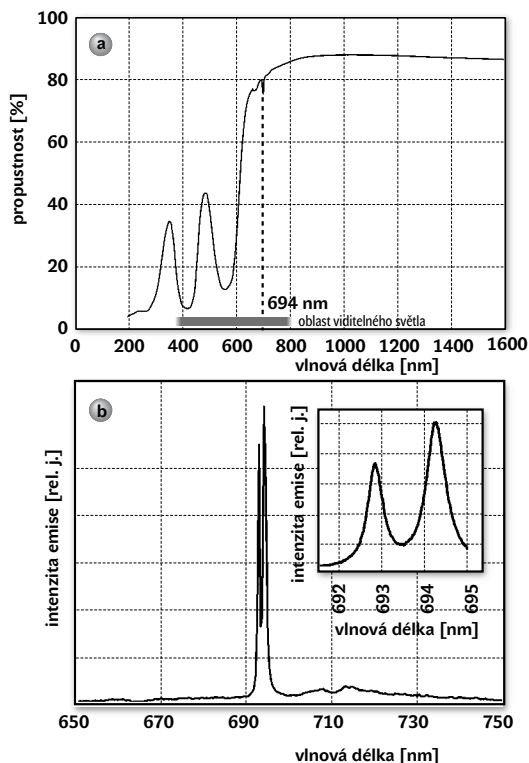
Teorie naznačovala, že aktivní prostředí by mělo mít emisní spektrální čáru co nejužší. Proto většina týmů zkoušela jako aktivní prostředí soubor izolovaných atomů, například páry alkalických kovů. Ne tak Maiman, který se též zařadil mezi „lovce“ iluzorního laseru. Za aktivní prostředí zvolil – pro ostatní poněkud nepochopitelně – pevnou látku, rubín (tj. korund Al_2O_3 s příměsí iontů chromu Cr^{3+}). Kromě toho se jako mladý výzkumník pustil do práce sám a se skromnými finančními prostředky. Ze všech těchto důvodů se pro renomované vědce stal předmětem pohrdavého přezírání a posměšků.

Maiman posmíváný a přezíráný

Zaprvé měl velmi dobré vzdělání jak v optice, tak v elektronice, a navíc – z dřívějších expe-

Prof. RNDr. Ivan Pelant, DrSc., (*1944) vystudoval fyziku pevných látek na Matematicko-fyzikální fakultě UK v Praze. Ve Fyzikálním ústavu AV ČR, v. v. i., v Praze se věnuje studiu fotoelektrických, vlnových a nelineárně optických vlastností polovodičů, především nanokrystalických forem křemíku.

1. (a) Propustnost rubínu pro optické záření. Výrazná minima propustnosti u 400 nm a 550 nm dávají rubínu jeho charakteristické růžové zabarvení a umožňují dodávat rubínu energii (nutnou pro činnost laseru) při ozáření obyčejným bílým světlem. Tečkovaná čára označuje vlnovou délku červené luminescence vznikající v iontech Cr^{3+} (694 nm). Panel (b) zobrazuje detailněji úzkou spontánní emisní čáru rubínu (ve skutečnosti je to dublet), z níž vzniká laserové záření.



rimentů s maserem – detailní znalosti optických vlastností rubínu. Dobře si uvědomoval, že červená luminiscenční čára rubínu u 694 nm je úzká, což je u pevné látky dosti výjimečná vlastnost (daná specifickým obsazením elektronových hladin iontu Cr^{3+}). Krom toho rubín téměř v celé oblasti viditelného spektra dobře pohlcuje elektromagnetické záření, což je ideální pro dodání čerpací energie jednoduchým způsobem – ozářením „obyčejným“ bílým nekoherentním světlem. Tyto vlastnosti rubínu (obr. 1) byly ovšem známy i Maimanovým konkurentům, přesto rubín nepovažovali za vhodného kandidáta na *aktivní prostředí*. Maiman však použil jako čerpací zdroj *pulzní výbojku*, vysílající silný krátký záblesk bílého světla. S tím v teoretických úvahách nikdo nepočítal! Syntetický rubín i vhodné výbojky byly již tehdy komerčně dostupné a Maiman tyto komponenty „pouze“ ideálně zkomboval (obr. 2). Celý vývoj laseru mu trval jen devět měsíců. To ostatně bylo druhá Maimanem citovaná skutečnost – jeho krédo, že věci se mají dělat co možná nejjednodušeji. Zatřetí to byla vnitřní síla dokázat odmítnout návody vědeckých „guru“, jak postupovat; ty zavedly řadu týmů na nesprávnou kolej. A konečně s tím souvisela i Maimanova „nezávislost ducha“, důvěra v sebe sama a schopnost vytrvat.

Úspěšným zkonstruováním laseru v laboratoři však celá historie zdaleka nekončí. Bylo třeba výsledek rychle publikovat a rukopis krátkého sdělení byl zaslán do redakce prestižního časopisu *Physical Review Letters*. Byl však odmítnut! Mohlo to být tím, že redakce byla v té době přesytna rukopisy o maserech a šmahem zastavila jejich příjem, padni komu padni. Jiné zdroje tvrdí, že krátce předtím Maiman publikoval práci o buzení rubínu světelným zářením a redakci se nezdálo, že by zasláný rukopis obsahoval něco významně nového. Buď jak buď, ve *Physical Review Letters* nepochopili zásadní význam dosaženého výsledku, který posouval generování koherentního záření z mikrovlonné do optické oblasti. Maiman tedy odeslal zkrácenou verzi rukopisu do časopisu *Nature*, kde vyšla v srpnu r. 1960 (obr. 3).

Bitva o prvenství

Příběh ale pokračuje, především dlouhou bitvou o prioritu a udělení patentu, do které vstoupila řada vědeckých osobností, a také udělení cen. Význam laseru byl záhy rozpoznán a Maiman byl (dokonce dvakrát) nominován na Nobelovu cenu. Nedostal ji. Rozhodování nobelovského výboru bylo jistě obtížné a Nobelovu cenu „za základní výzkum v kvantové elektronice, který vedl ke konstrukci maserů a laserů“ společně získali v roce 1964 ti, kteří položili teoretické základy: C. H. Townes, N. G. Basov a A. M. Prochorov.

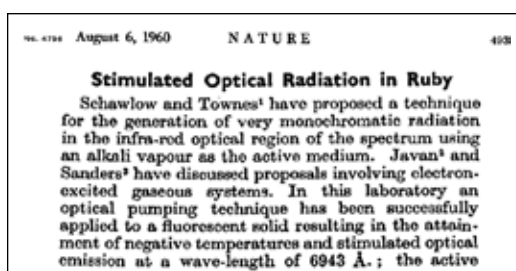
Maiman zemřel r. 2007. Zadostiučiněním mu může být (krom toho, že obdržel řadu jiných ocenění) to, že dnes najdeme lasery všude – od fyzikálních, chemických a biologických laboratoří přes lékařské operační



sály, staveniště, průmyslové haly, supermarkety, telekomunikační sítě a diskotéky až po zbrojní průmysl. A to navzdory tomu, že zpočátku trochu vládly rozpaky typu „k čemu to vlastně bude dobré“. Další ukázkou toho, jak je nesmyslné striktně oddělovat základní a aplikovaný výzkum.

Jediný hráč porazil velké týmy – i tak by se dalo charakterizovat zrození laseru. Takový příběh ostatně není výjimečný. Jen v souvislosti s lasery můžeme uvést další dva. S. Nakamura v laboratořích japonské firmy Nichia zcela sám po několik let vyvíjel technologii růstu krystalů nitridu gallitého (GaN) pro polovodičové lasery svítící v modré a fialové oblasti spektra. Všichni ostatní prohlásili tento materiál za neperspektivní a soustředili se na jiné polovodiče. Nakamura nikdo neznal – nejezdil na konferenci, nepublikoval. A přece to byl on, kdo dosáhl začátkem devadesátých let minulého století cíle a jemuž vděčíme za to, že ultrafialové, modré i zelené miniaturní lasery jsou dnes běžným komerčním zbožím. Obdobně vyznívá i historie objevu *injekční elektroluminiscence*, která představuje fyzikální základ polovodičových laserů. O. Losev, který nikdy formálně nedokončil vysokoškolské vzdělání a pracoval jako technik v Leninogradském lékařském institutu, publikoval ve dvacátých a třicátých letech minulého století zcela sám sérii článků o pozorování světelné emise v usměrňujících diodách vyrobených z polovodičů oxidu zinečnatého (ZnO) a karbidu křemíku (SiC). Správně vysvětlil fyzikální podstatu jevu jako „inverzní fotoelektrický jev“ a údajně lze v jeho člancích vysledovat i náznaky pozorování stimulované emise! Zemřel hladem r. 1942 při blokáde Leningradu a polovodičové lasery musely čekat na svůj vznik ještě dvacet let. Kdyby zůstal naživu, třeba by byl článek k výročí laseru napsán někdy jindy a někým jiným. Jenže historie nezná slovo kdyby... ∞

2. Vlevo: Fotografie, která obletěla svět: T. Maiman se svým laserem. Je dobře vidět rubínovou tyčinku obtočenou spirálovitou pulzní výbojkou, která dodává do rubínu energii. Na dlouhá léta se pak tato konstrukce stala symbolem laseru. Vpravo: Celkový pohled na vnitřní konstrukci laseru (délka spirály s rubínem činila asi 3 cm).



3. Začátek Maimanova článku v *Nature*. Celý článek zabírá necelou stránku a vyšel tři měsíce po dosažení experimentálního cíle. Jak to tenkrát bez počítačů dělali?