

# Postavte si laserový zaměřovač

T. Musil<sup>1</sup>, J. Řeha<sup>2</sup>, A. Schick<sup>3</sup>, B. Jiříčková<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Gymnázium Kolín, Žižkova 162, 280 31 Kolín 3

<sup>2</sup>Gymnázium Olgy Havlové, M. Majerové 1691, 708 00 Ostrava

<sup>3</sup>SPŠST Panská 3, Praha 1

<sup>4</sup>Gymnázium Pierra de Coubertina, Náměstí Františka Křižíka 860,

391 01 Tábor

bara.jirik@gmail.com

20. června 2017

## Abstrakt

V této úloze bylo možné sestavit laserový systém v praxi využívaný v dálkoměrech a naměřit jeho výstupní charakteristiky. Dále si ověřit absorpci záření o vlnové délce  $1,53 \mu\text{m}$  ve vodě.

## 1 Úvod

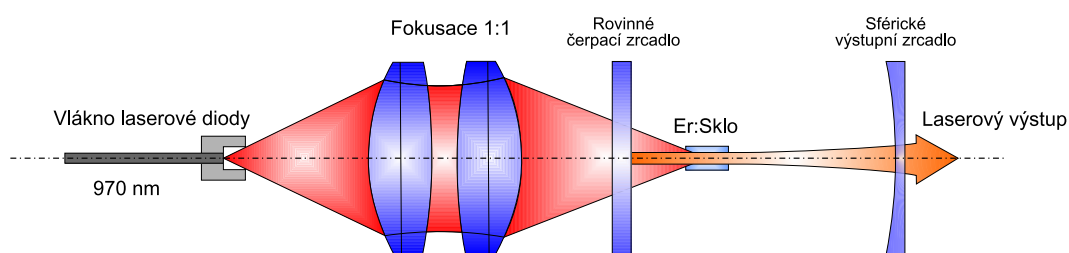
Cílem našeho miniprojektu bylo sestavit a měřit laserový systém, který se v praxi používá jako zaměřovač nebo dálkoměr. Za tímto účelem jsme se vydali do laboratoře pevnolátkových laserů na Katedru fyzikální elektroniky FJFI ČVUT v Praze.

Nejprve jsme byli seznámeni s bezpečnostní práce s lasery a v laboratoři nám bylo vysvětleno, jak lasery fungují. Pracovali jsme s pevnolátkovým laserem Er:Sklo, který generuje vlnovou délkou  $1,53 \mu\text{m}$ , jež nachází využití v dálkoměrech, z toho důvodu, že je oku bezpečná. To proto, že nepronikne na sítnici lidského oka. Další výhodou je, že se tato vlnová délka dobře šíří vzduchem a je možné ji využívat v komunikacích.[1]

LASER je anglická zkratka pro zesilování světla stimulovanou emisí (LASER - **L**ight **A**mplification by **S**timulated **E**mission of **R**adiation). [2, 3] Je to zařízení které generuje monochromatické, koherentní záření s velkým jasem a malou divergencí, přičemž se jedná o frekvenční rozsahy  $10^{11}$  -  $10^{17}$  Hz. [4] Laser je zařízení fungující na principech kvantové mechaniky, které popsal roku 1916 Albert Einstein. Zjednodušeně by se dalo říct, že pevnolátkový diodově čerpaný laser je zařízení využívající procesů absorpce, spontánní a stimulované emise fotonů. Kdy je nejprve absorbován čerpací foton, který excituje kvantové soustavy (atomy, molekuly a ionty) na vyšší energetické hladiny. Při sestupu této kvantové soustavy na nižší energetickou hladinu dochází ke spontánnímu vyzáření fotonu. Pokud je tato kvantová soustava při přechodu stimulována dopadajícím fotonem s vhodnými parametry dojde ke stimulované emisi, tedy vyzáření fotonů. Optický rezonátor laseru pak zesiluje stimulované záření a po překročení prahu generace laseru, dojde ke generaci laserového záření. [2, 3]

## 2 Postup měření

Nejprve bylo potřeba sestavit laserový rezonátor a vyrovnat do jedné osy jeho jednotlivé prvky. Pro vycentrování laserového systému do jedné roviny jsme použili He–Ne laser a zpětné odrazy od jednotlivých prvků laserového systému (rovinné čerpací zrcadlo, sférické výstupní zrcadlo a aktivní prostředí). Systém jsme ladili do té doby, než se naváděcí svazek He–Ne laseru překrýval s jednotlivými odrazy od prvků laserového rezonátoru. Na obrázku 1 je vidět schéma laserového rezonátoru. Dále jsme za výstupní zrcadlo umístili fotodiodu PIN FGA10 (materiál čipu – InGaAs) s filtrem FEL1400, která byla připojena k osciloskopu Tektronix TDS3052B. Pomocí ladění výstupního zrcadla jsme dosáhli laserové akce, kterou jsme mohli sledovat na displeji osciloskopu. Po dosažení laserování jsme se snažili za pomoci ladění všech prvků laserového rezonátoru docílit co největšího výstupního výkonu.



Obrázek 1: Schéma laserového rezonátoru s aktivním prostředím Er:Sklo

Následně jsme za výstupní zrcadlo umístili částečně propustné zrcadlo, které odráželo 99 % dopadajícího laserového záření, toto záření směřovalo do výkonové sondy Coherent PS19Q. Ta byla zapojena do wattmetru Molectron EMP2000. Zbylé průchozí 1 % směřovalo na fotodiodu PIN FGA10 zapojené do osciloskopu. Od sklíčka výkonové sondy zbytek rozptýleného záření dopadal na optické vlákno, jež bylo připojeno ke spektrometru OceanOptics NIR512, kterým bylo měřeno spektrum laserového záření.

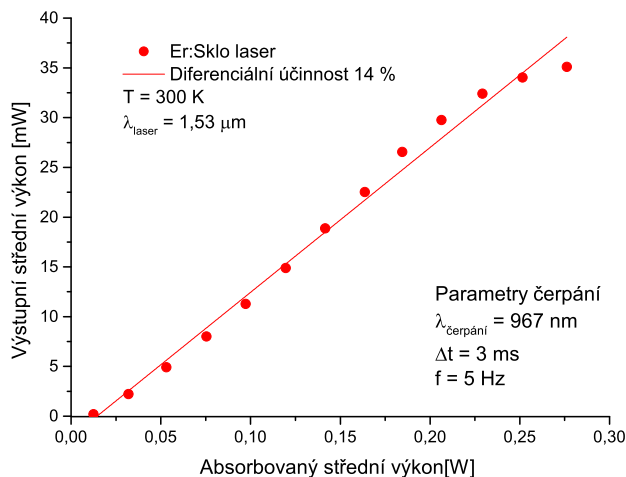
Za zvyšování čerpacího výkonu jsme měřili výstupní výkon záření zkonstruovaného erbiového laseru. Čerpacím zdrojem byla laserová dioda LIMO970, která emitovala záření o vlnové délce 967 nm. To bylo vedeno vlákem do fokusující optiky, ze které bylo směřováno do aktivního prostředí laseru, jak je vidět z obrázku 1. Po naměření výstupních charakteristik laserového systému bylo potřeba zjistit absorbovaný výkon v Er:Skle. Ten jsme získali z rozdílu výkonů naměřených před a za aktivním prostředím. Při těchto měřeních byla využita sonda Coherent PM3.

Abychom potvrdili, zda záření o vlnové délce  $1,53 \mu\text{m}$  může projít lidským okem (které je převážně tvořeno z vody) až na sítnici, umístili jsme za výstupní zrcadlo postupně několik květ různých tloušťek (0,5; 1; 2 cm) naplněných vodou.

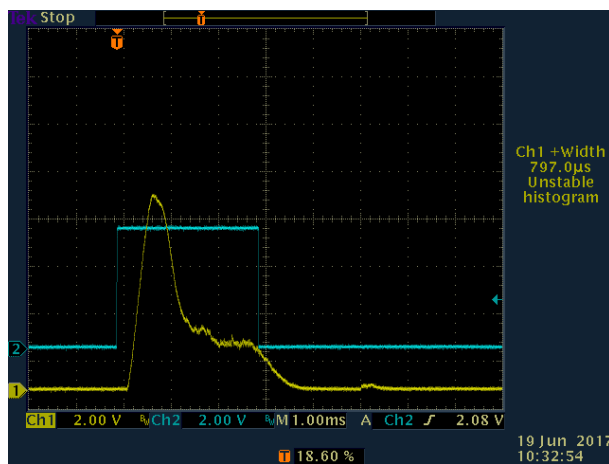
## 3 Výsledky a diskuze

Prvním úkolem našeho projektu bylo změřit výkonovou charakteristiku laserového systému, jejíž graf je vidět na obrázku 2. Ze získaných dat vyplývá, že diferenciální účinnost laseru je 14 % a maximální dosažený výstupní střední výkon byl 35,1 mW. Při měření délky pulsu byla zjištěna maximální délka laserového pulsu 2,89 ms viz obrázek 3. Dalším úkolem bylo změřit čerpací a výstupní vlnovou délku laserového záření, která je znázorněna na obrázku 4.

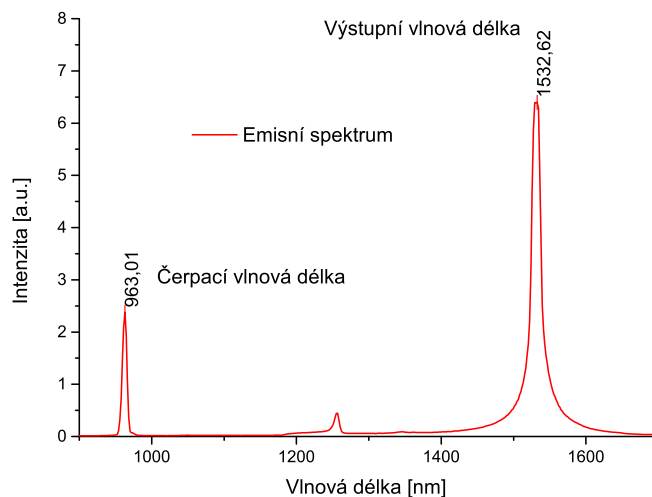
Finální částí našeho měření bylo otestovat absorpci laserového záření o vlnové délce  $1,53 \mu\text{m}$  ve vodě. K simulaci lidského oka nám sloužily tři kyvety o různých tloušťkách. Z našeho měření bylo zjištěno, že skoro veškeré záření je pohlceno již při tloušťce kyvety odpovídající přibližně polovině tloušťky ( $1 \text{ cm}$ ) lidského oka a jeho výkon je už neměřitelný.



Obrázek 2: Závislost výstupního na absorbovaném středním výkonu;  $T$  – teplota prostředí,  $\lambda_{laser}$  – vlnová délka zkonstruovaného laseru,  $f$  – opakovací frekvence čerpacího pulsu,  $\Delta t$  – délka čerpacího pulsu,  $\lambda_{čerpání}$  – čerpací vlnová délka



Obrázek 3: Časový průběh laserového pulsu – žlutá



Obrázek 4: Emisní spektrum čerpacího a výstupního záření

## 4 Závěr

Podařilo se nám sestavit laserový systém generující vlnovou délku  $1,53 \mu\text{m}$  a změřit jeho výstupní charakteristiky prezentované výše. Na základě těchto měření jsme zjistili, že laser má relativně malou účinnost – 14 % s maximálním výstupním výkonem 35 mW. Za pomoci květ naplněných vodou jsme potvrdili, že záření o vlnové délce  $1,53 \mu\text{m}$  nepronikne na sítnici lidského oka. Tudíž komerčně prodávané laserové dálkoměry využívající tuto vlnovou délku jsou bezpečné pro lidské oko.

## Poděkování

Chtěli bychom poděkovat TV@J za možnost vyzkoušet si práci v laserové laboratoři.

## Reference

- [1] B. Denker and E. Shklovsky, ed.: *Handbook of solid-state lasers*, Woodhead Publishing Limited, 80 High Street, Sawston, Cambridge CB22 3HJ, UK, 2013, ISBN 978-0-85709-750-7.
- [2] W. Koechner, *Solid-State Laser Engineering*, Springer Science+Business Media, 2006, ISBN 0-387-29338-8.
- [3] R. Paschotta, *Encyclopedia of Laser Physics and Technology*, Wiley-VCH, 2008, ISBN 978-3-527-40828-3.
- [4] C. M. Teich and B.E.A. Saleh, *Základy fotoniky*, Wiley-interscience Publication, 1991, ISBN 0-471-83965-5.