

Postavte si laserový zaměřovač

K. Lojdová¹, O. Novák², T. Reichl³

¹Gymnázium Brno, Slovanské náměstí,

²Gymnázium a Obchodní akademie Mariánské Lázně,

³Gymnázium Voděradská

reichl@gymvod.cz

18.6.2019

Abstrakt

Cílem tohoto miniprojektu bylo sestavit pevnolátkový laser emitující záření o vlnové délce $1,53 \mu\text{m}$ bezpečné pro lidské oko a bezpečnost experimentálně ověřit. Dalším cílem bylo otestovat praktické využití laseru, a sice pro měření délky optického vlákna.

1 Úvod

Jedním z účelů této práce bylo sestavit pevnolátkový laser. Slovo laser je zkratkou složenou z anglických slov **L**ight **A**mplification by **S**timulated **E**mission of **R**adiation. Jedná se o zařízení generující monochromatické a koherentní záření s velkým jasnem a malou divergencí ve frekvenčním rozsahu $10^{11} - 10^{17} \text{ Hz}$ [1]. Lasery je možno rozdělit dle typu aktivního prostředí na pevnolátkové, kapalinové, plynové a plazmatické. Předmětem našeho zájmu byl pevnolátkový laser využívající jako aktivní prostředí sklo dopované ionty erbia. Pro buzení aktivního prostředí jsme využili vysokovýkonný diodový laser o vlnové délce 975 nm . Vlnová délka záření emitovaného námi postaveným laserem byla $1,53 \mu\text{m}$, což je označováno jako oku bezpečné záření. Tato bezpečnost je dána nulovou transmisí daného záření ve vodě, která je primární složkou sklivce. Lasery jsou v dnešní době hojně využívány například v medicíně, vojenství, nebo průmyslu. Konkrétně lze laser využít například k měření vzdálenosti. [2]

2 Postup měření

Naše měření se sestávalo ze tří hlavních částí. Nejprve jsme sestavili laserový rezonátor, skládající se z rovinného čerpacího, sférického výstupního zrcadla a aktivního prostředí ve formě skla s příměsí erbia. Veškeré optické prvky jsme rovnali do jedné osy pomocí helium-neonového laseru, jehož záření o vlnové délce 632 nm jsme využili jako trasovací svazek. Poté jsme za rezonátor umístili fotodiodu (Thorlabs PDA20H-EC, rozsah 1-2,9 μm) připojenou k osciloskopu (Tektronix TDS3052B, 500 MHz) a jemnou manipulací s otočnými prvky jsme doladili výstupní zrcadlo, abychom na osciloskopu viděli signál indikující funkčnost laseru. Následně jsme fotodiodu nahradili wattmetrem a nadále ladili optické prvky rezonátoru za účelem dosažení co nejvyššího výstupního výkonu.

Po naladění laseru na maximální výstupní výkon jsme za výstup rezonátoru přidali fotodiodu a natočili wattmetr, aby část záření odrážel na fotodiodu. Poté jsme začali s měřením výstupního výkonu a délky pulzu laseru v závislosti na proudu protékajícím laserovou diodou. Po dokončení jsme za výstup umístili kameru a spektrometr za účelem určení profilu svazku a výstupní vlnové délky.

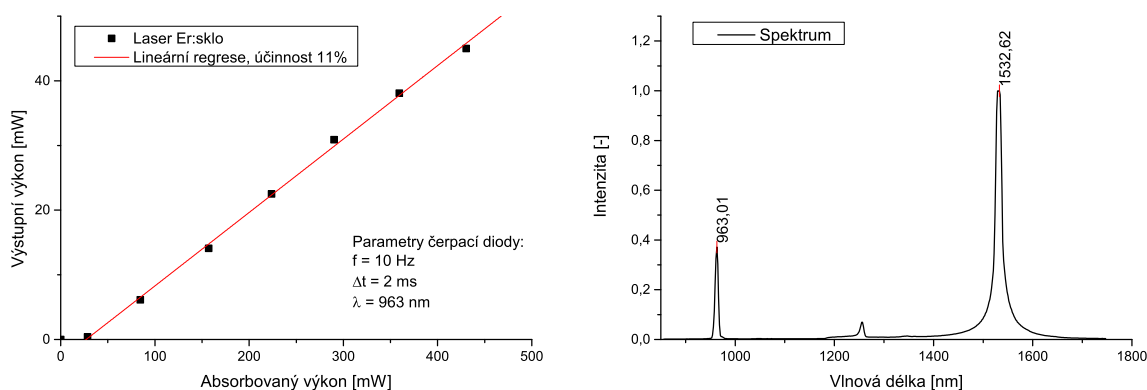
Druhou částí měření bylo určit míru pohlcení záření při průchodu vodou. Za výstupní zrcadlo rezonátoru jsme postupně umísťovali kyvety s různou tloušťkou vodního sloupce. Veškerý výkon byl pohlcen již nejtenčí kyvetou (tloušťka 5 mm) a z toho důvodu jsme wattmetr dále nevyužívali. Jelikož byla fotodioda velmi citlivá, bylo možné pozorovat signál na osciloskopu i za kyvetou s největší tloušťkou.

Po dokončení druhé části jsme se vrátili k části první, a to konkrétně v měření absorbovaného výkonu. Pro změření tohoto výkonu bylo třeba odstranit výstupní zrcadlo a změřit výkon za aktivním prostředím v závislosti na proudu procházejícím laserovou diodou. Poté jsme odstranili aktivní prostředí a provedli znovu stejné měření. Z rozdílu těchto dvou hodnot výkonů jsme určili výkon absorbovaný v aktivním prostředí.

Třetí část našeho měření spočívala ve využití komerčně dostupného laseru o stejné vlnové délce k určení délky cívky optického vlákna. Námi sestavený laser nebyl využit kvůli tomu, že nebyl schopen generovat dostatečně krátké pulzy. Svazek laseru byl rozdělen mezi fotodiodu a optické vlákno, na jehož konci byla umístěna druhá fotodioda. Na osciloskopu jsme následně změřili zpoždění signálu obou fotodiod.

3 Výsledky a diskuze

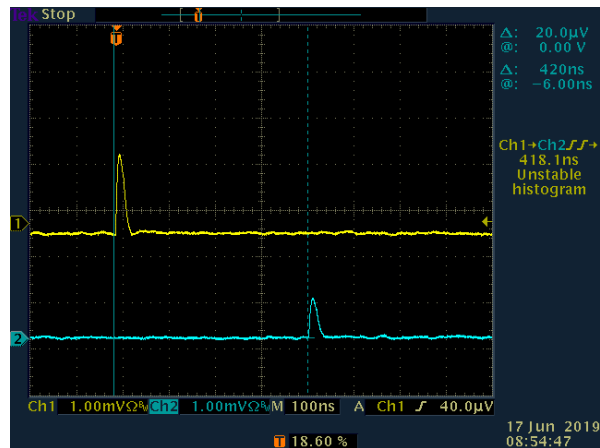
Výsledek prvního měření můžete vidět na Obr. 1. Z grafu vyplývá, že výstupní výkon je lineárně závislý na výkonu absorbovaném v Er:skle. Maximální výstupní výkon laseru byl 45 mW při absorbovaném výkonu 450 mW. Účinnost laseru byla 11 % z maximální teoretické hodnoty 63 %. Z naměřeného spektra zobrazeného v Obr. 1 lze vidět, že emitovaná vlnová délka námi zkonstruovaného laseru je 1533 nm. Druhé maximum nacházející se na vlnové délce 963 nm je zbytkové záření pocházející z čerpací diody.



Obr. 1: Výstupní charakteristiky laseru; vlevo – závislost výstupního na absorbovaném výkonu, vpravo – emisní spektrum laserové diody a zkonstruovaného laseru.

V druhém úkolu za použití kyvet, které simulovaly lidské oko, byl výstupní výkon neměřitelný již u kyvety s nejmenší tloušťkou, což je důkaz bezpečnosti použitého laseru pro lidské oko. Z toho důvodu jsou tyto lasery využívány v běžné praxi například pro měření vzdáleností.

Posledním úkolem bylo zjistit délku optického vlákna o indexu lomu 1,4 za využití laseru. Časový rozdíl mezi vysláním pulzu a jeho detekcí na konci vlákna byl 418 ns, viz Obr. 2. Výpočtem jsme zjistili, že vlákno měřilo 90 metrů.



Obr. 2: Měření délky optického vlákna; žlutá (horní) – signál před optickým vláknem, modrá (spodní) – signál za optickým vláknem.

4 Závěr

Podařilo se nám sestrojít pevnolátkový diodově čerpaný laser využívající aktivního prostředí Er:Sklo. Ověřili jsme, že tímto laserem emitovaná vlnová délka $1,53 \mu\text{m}$ je oku bezpečná, neboť je pohlcena vodou v předních částech oka, a tedy nepronikne k sítnici a nepoškodí ji. Vyzkoušeli jsme si jedno z praktických využití tohoto typu laseru, a to měření vzdálenosti (délky optického vlákna).

Poděkování

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

Reference

- [1] W. Koechner, *Solid-State Laser Engineering*, Springer Science+Business Media, 2006, ISBN 0-387-29338-8.
- [2] R. Paschotta, *Encyclopedia of Laser Physics and Technology*, Wiley-VCH, 2008, ISBN 978-3-527-40828-3.