

Postavte si laserový zaměřovač

Matyáš Bartaloš¹, Jiří Bierski², Jan Mašek³, Sebastián Olšavský⁴

¹Křesťanské gymnázium, *matyas.bartalos@gmail.com*

²Biskupské gymnázium v Ostravě, *jirkabierski@gmail.com*

³Gymnázium Jateční, *masek.j@gymjat.cz*

⁴Gymnázium Terézie Vansovej, *whatade@gmail.com*

20. 6. 2023

Abstrakt

Cílem experimentu bylo sestavit laser s aktivním prostředím Er:Sklo a změřit jeho výstupní vlastnosti - emisní výkon, vlnovou délku, délku impulsu a profil svazku. Také byla ověřena bezpečnost laseru pro lidské oko.

1 Úvod

V dnešnej dobe, lasery majú pomerne široké využitie, či už je to v ukazovatkách, radaroch na merenie rýchlosti alebo CD, DVD ba dokonca aj na liečenie pacientov. Tak tiež nám lasery dokážu pomôcť pri detekcií plynov v atmosfére, na sledovanie porastov v lesoch ktoré sú pre nás nedostupné a v neposlednom rade, lasery sú široko využívané v armáde, pri označovaní, sledovaní a rozpoznání nepriateľských cieľov. V roku 1960 Theodor H. Maiman skonštruoval prvý funkčný jednolátkový laser, kde ako aktívne miesto použil kryštál rubínu. Jeho objav dopomohol ľudstvu zas a znova posunúť sa vpred.

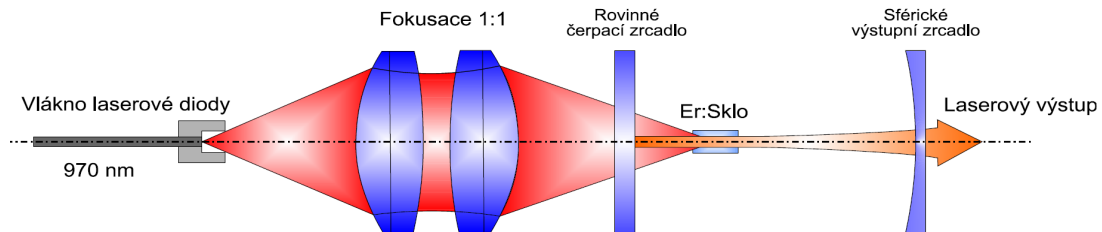
2 Postup měření, použité měřicí přístroje a experimentální uspořádání

2.1 Použité měřicí přístroje

Cílem našeho experimentu bylo sestavit oku bezpečný" Er:sklo laser a prověřit jeho výstupní charakteristiky. Čerpání aktivního prostředí zajišťovala laserová dioda LIMO970 se zdrojem LDC 1000. Dioda generovala záření v pulzní režimu o vlnové délce 966 nm s délkou pulsu 4 ms a opakovací frekvencí 10 Hz. Maximální výstupní výkon diody byl 705 mW. K nastavení optických prvků rezonátoru jsme využili odrazy červeného (633 nm) He-Ne laseru na clonku. Časový průběh čerpacího a generovaného záření byl měřen pomocí fotodiody PIN FGA10 a snímán na osciloskopu Siglent SDS1202X-E. Spektrum čerpacího záření bylo snímáno a přivedeno optickým vláknem do spektrometru StellarNet BlueWave (spektrální rozsah 200-1150 nm). Spektrum generovaného záření pak bylo stejným způsobem dovedeno do spektrometru StellarNet RedWave (1000-1700 nm). Prostorová struktura generovaného svazku byla zaznamenána pomocí pyrokamery PYROCAM IV (1-3000 μm).

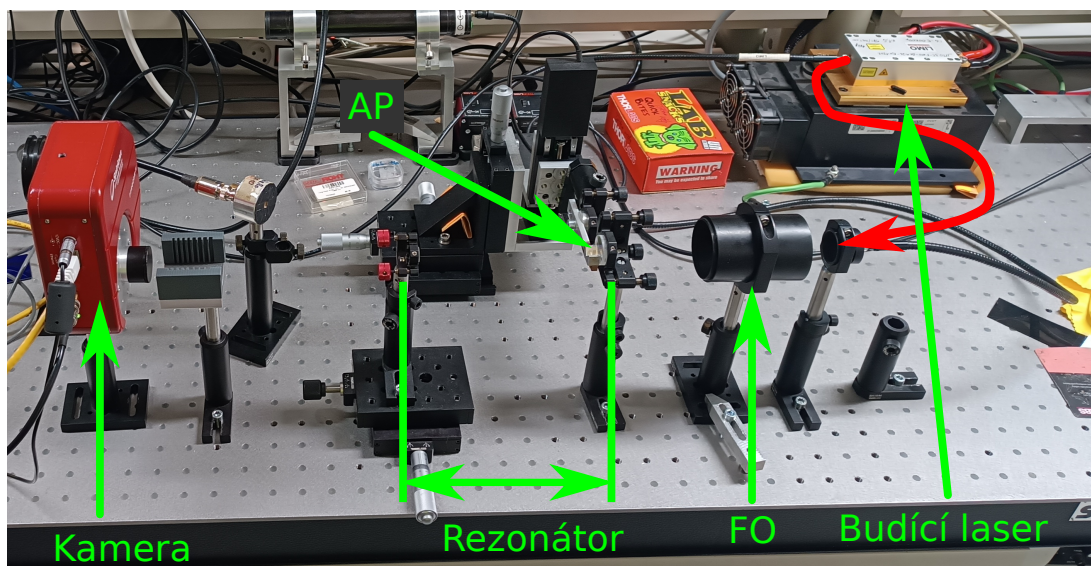
2.2 Parametry laserového rezonátoru a experimentální schéma

Aktivní prostředí bylo tvořeno erbovými ionty Er^{3+} dopovaným sklem (válec o průměru 5 mm a délce 2,5 mm). Optický rezonátor byl tvořen dvojicí zrcadel – rovinné zrcadlo totálně odrazné ve spektrální oblasti generované vlnové délky 1.5–1.6 μm a kulové konkávní výstupní zrcadlo s transmitancí $T \approx 3\%$ (poloměr křivosti $r = -150\text{ mm}$). Zjednodušené schéma čerpání aktivního prostředí pomocí fokusační optiky je zobrazeno na Obr. 1.



Obrázek 1: Zjednodušené schéma experimentální sestavy. [1]

Fotografie sestaveného experimentálního uspořádání je uvedena na Obr. 2.

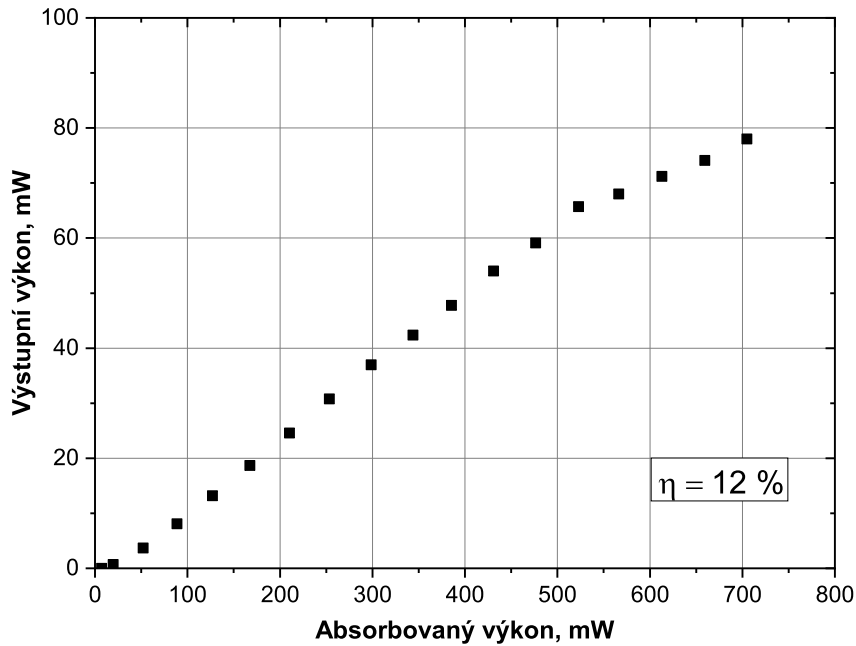


Obrázek 2: Fotografie experimentálního uspořádání. FO – fokusační optika, AP – aktivní prostředí. Červená šipka znázorňuje navedení záření budícího laseru optickým vláknem do fokusační optiky.

3 Naměřené výsledky a diskuze

3.1 Měření výstupního výkonu a účinnosti Er:sklo laseru

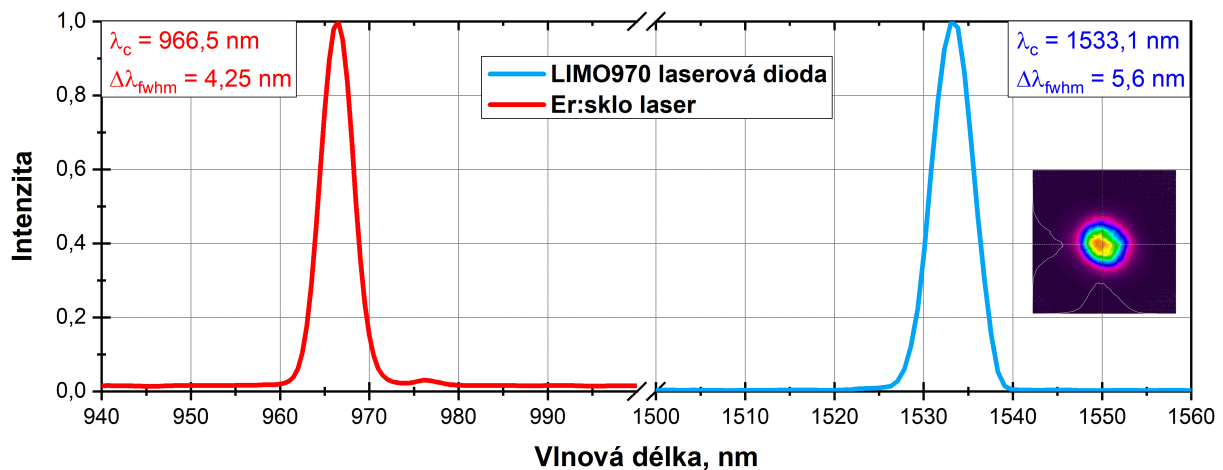
Nejprve jsme měřili výstupní výkon Er:sklo laseru, přičemž maximální naměřený výkon byl 78 mW. Následně jsme změřili výkon čerpacího laseru za vstupním zrcadlem a poté výkon čerpacího záření prošlého krystalem. Z toho jsme dopočítali výkon absorbovaný v aktivním prostředí. Závislost budícího výkonu na vypočítaném absorbovaném výstupním výkonu znázorňuje Obr. 3. Z tohoto grafu vyplývá účinnost Er:sklo laseru $\eta = 12\%$.



Obrázek 3: Graf závislosti výstupního výkonu Er:sklo laseru na výkonu absorbovaném v krystalu. Účinnost laseru: $\eta = 12\%$.

3.2 Měření spekter čerpacího a generovaného záření Er:sklo laseru

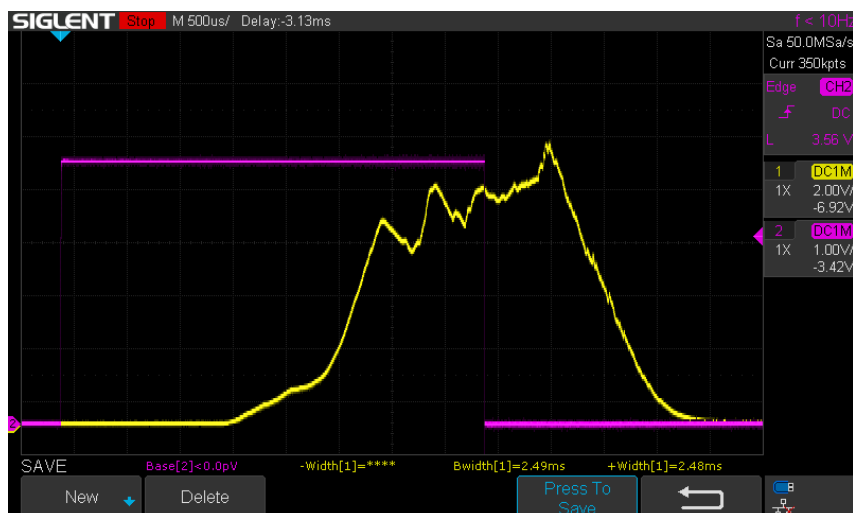
Pomocí vláknového spektrometru jsme změřili spektrum čerpacího a generovaného záření Er:sklo laseru. U čerpacího laseru jsme naměřili centrální vlnovou délku $\lambda_c = 966,5$ nm a u Er:sklo laseru $\lambda_c = 1533,1$ nm. Spektrální šířka na polovině maxima byla $\Delta\lambda_{fwhm} = 4,25$ nm u vstupního záření a $\Delta\lambda_{fwhm} = 5,6$ nm u generovaného záření. Dále jsme pyrokamerou zaznamenali prostorovou strukturu generovaného laserového svazku, která je společně se spektry na Obr. 4.



Obrázek 4: Spektrum čerpacího záření laserové diody LIMO970 (červeně) a generovaného laserového záření Er:sklo laseru (modře) s prostorovou strukturou generovaného svazku.

3.3 Časový průběh generovaného laserového záření

Fotodiodou a osciloskopem jsme měřili časový průběh generovaného záření. Záření bylo generováno se zpožděním 2,7 ms po náběžné hraně proudu budící diodou a délka pulzu generovaného záření naměřená na polovině maximální intenzity byla $\sim 2,4$ ms. Oscilogram průběhu Er:sklo laserového záření je uvedeno na Obr. 5.



Obrázek 5: Časový průběh generovaného laserové záření (žlutě) a proudu budící laserovou diodou (fialově).

4 Diskuze a závěr

Posledním meraním, ktoré sme uskutočnili, bolo pozorovanie veľkosti energie laseru po preniknutí cez kvety z vodou v rôznej hrúbke. Prvým, ktoré sme odmerali, bola 5 mm kveta, zistili sme, že celková energia laseru, ktorá prenikne cez vodné prostredie, klesne z 27 mW na 0,4 mW čo je približne 1%. Keďže, už pri kvete s 5 mm je energia žiarenia o 99% nižšia ako pôvodná. Vďaka tomuto zisteniu môžeme tvrdiť, že ľudské oko, ktoré je tvorené z 80% vody a má priemer približne 24 mm, by nemalo byť poškodené týmto laserom. Avšak pri dlhodobom ožiarení oka môžu nastať trvalé očné problémy (na rohovke a šošovke).

Poděkování

Tímto bychom chtěli poděkovat všem organizátorům Týdne vědy na Jaderce 2023 za možnost tvorby vlastního článku, za prostředky pro jeho vytvoření a také Adamu Říhovi za vedení miniprojektu a možnost vyzkoušet si práci v laserové laboratoři.

Literatura

- [1] R. Švejkar, *Návod k miniprojektu č. 5 – Postavte si laserový zaměřovač*, [online, cit. 2023-20-06], odkaz: https://richardsvejkar.cz/assets/tyden_vedy_2023_navod.pdf.