

Postavte si laserový zaměřovač

M. Slovák¹, M. Dostál¹, V. Bartáková², V. Dvořák³

¹ Masarykovo gymnázium Příbor

² Slovanské gymnázium Olomouc

³ Gymnázium a Obchodní akademie Pelhřimov

marek.slovak@gypri.cz

21. 6. 2022

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

Laser (zkratka z anglického Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation) je zařízení vyzařující monochromatické koherentní záření s malou divergencí (rozbíhavostí), tedy proud identických fotonů (se stejnou frekvencí, směrem pohybu). Různé lasery fungují v různých spektrálních oblastech, od rentgenového až po terahertzové záření. Dělí se podle různých kritérií, např. podle typu aktivního prostředí nebo způsobu čerpání. Jako aktivní prostředí se dají použít všechna skupenství, nejčastěji se využívají pevné nebo plynné látky. V našem experimentu jsme použili pevnolátkový iontový laser s aktivním prostředím ze skla s příměsí erbitých iontů. [1]

Hlavními částmi pevnolátkového laseru jsou buzení a rezonátor. Rezonátor se dále skládá ze dvou nebo více zrcadel a samotného aktivního prostředí. Buzení umožňuje vyzařování

fotonů z aktivního prostředí, v případě pevnolátkových laserů se využívá laserová dioda nebo výbojka. V našem experimentu jsme využili diodu s podélným čerpáním, tzn. čerpání probíhalo ve směru vyzařovaného paprsku. [2]

Jak vlastně laser funguje? Z části laseru odpovědné za buzení přichází do aktivního prostředí proud fotonů, které jsou pohlceny a předají svou energii aktivnímu prostředí. V tomto stavu však vybuzené ionty aktivního prostředí nejsou stabilní, proto dojde k opětovanému vyzařování fotonů, tentokrát s jinou vlnovou délkou. Odrazem od zrcadel dojde k zesílení paprsku, který částečně propustným zrcadlem vychází ven. [1]

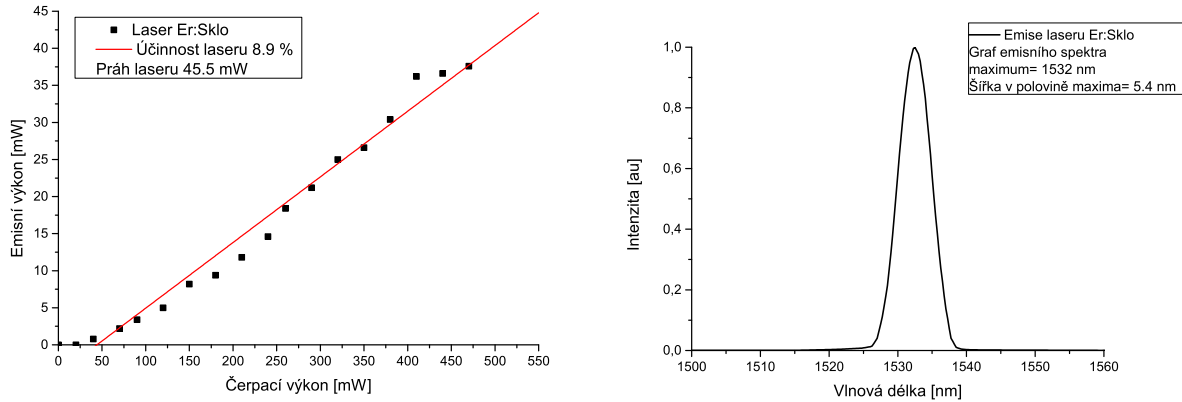
2 Postup měření

Cílem experimentu bylo sestavit oku bezpečný laser a změřit jeho vlastnosti. K jeho sestavení jsme využili laserovou diodu LIMO970 se zdrojem LDD50, aktivní prostředí Er:Sklo (válec o průměru 5 mm a výšce 2,5 mm), dvě zrcadla rezonátoru (totálně odrazné rovinné a kulové s propustností 3,2 %). Dioda generovala pulsy délky 2 ms s frekvencí 10 Hz, její maximální výkon byl 470 mW a vlnová délka záření 960 nm. K vyrovnání optických prvků jsme použili He-Ne laser a clonku. Samotné měření probíhalo pomocí osciloskopu Tektronix TDS3052B, fotodiody PIN FGA10, wattmetru Thorlabs PM100A, výkonové sondy Thorlabs S401 a 425L vláknového spektrometru StellarNet RedDwarf (1000 - 1700 nm), CCD kamery a termokamery Flir.

Sestavení laseru probíhalo následovně: do ohniska fokusační optiky bylo vloženo aktivní prostředí, okolo byla přidána zrcadla a pomocí He-Ne laseru se vyrovnaly optické prvky. Přesné doostření bylo provedeno pomocí fotodiody a osciloskopu, přičemž mírným nakláněním zrcadel jsme se snažili dosáhnout co nejvýraznějších pulsů.

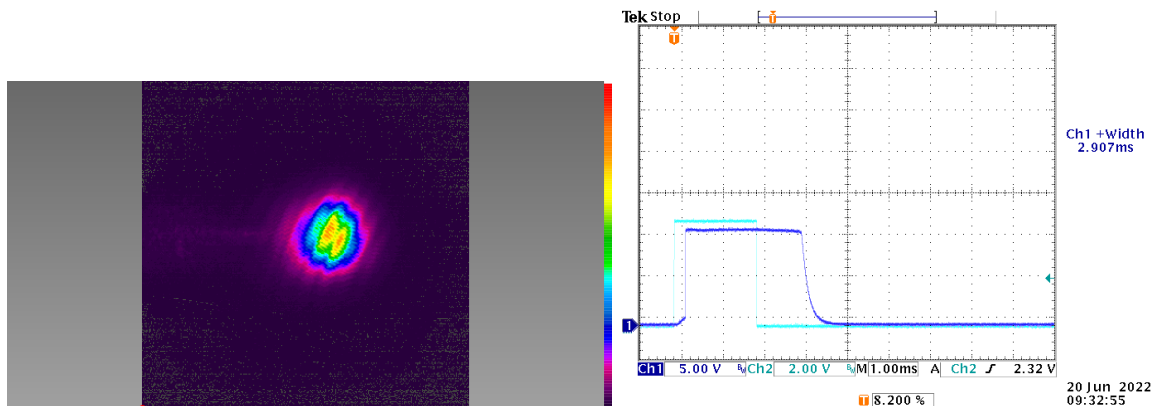
3 Výsledky a diskuze

Po seřízení a vycentrování laserové optiky byly změřeny výstupní charakteristiky paprsku. Změřen byl výstupní výkon v závislosti na čerpacím výkonu a emitující vlnová délka, viz Obr. 1. Maximální výkon laseru byl 40 mW, záření mělo vlnovou délku 1532 nm.



Obr. 1: Výkon laseru a spektrum záření

Sledováním pulsů pomocí fotodiody na osciloskopu byly určeny délky jednotlivých pulsů v závislosti na čerpacím výkonu, nejdelší pulsy měly délku 2,93 ms. Pomocí CCD kamery byl zobrazen profil svazku. Největší energii má svazek ve svém středu, viz Obr. 2.



Obr. 2: Profil svazku laseru a zobrazení impulsu na osciloskopu

Na závěr jsme zjišťovali bezpečnost laseru pro lidské oko. Oko se skládá převážně z vody, nahradili jsme ho proto modelem kyvety naplněné vodou. Použili jsme 3 kyvety s šířkami 5 mm, 10 mm a 20 mm, svazek laseru procházel skrz kyvety a pomocí wattmetru se měřil výkon, který prošel skrz vodu. Za nejtenčí kyvetou byl změřen výkon menší než 0,5 % celkového výkonu laseru, širší typy absorbovaly veškeré záření. Laserové záření o vlnové délce 1532 nm je tedy pro lidské oko bezpečné, protože voda obsažená ve sklivci záření pohltí dřív, než stihne poškodit sítnici.

4 Závěr

Sestrojili jsme laser s aktivním prostředím Er:Sklo. Jeho maximální výstupní výkon byl 40 mW a emitovaná vlnová délka 1532 nm. Délka pulsu při nejvyšším dopadajícím výkonu byla 2,93 ms. Bezpečnost laseru pro lidské oko jsme ověřili pomocí kyvet naplněných vodou, které záření zcela pohltily.

Poděkování

Chtěli bychom poděkovat Richardu Švejkarovi za vedení miniprojektu a TV@J za možnost vyzkoušet si práci v laserové laboratoři.

Reference

- [1] R. Paschotta, *Encyclopedia of Laser Physics and Technology*, Wiley-VCH, 2008, ISBN 978-3-527-40828-3.
- [2] R. Svejkar, *Návod k miniprojektu - Postavte si laserový zaměřovač* [online]. [cit.2022-21-06]. odkaz: https://richardsvejkar.cz/assets/tyden_vedy_2022_navod.pdf