

Měření parametrů mikročipového laseru a nelineární transmise saturovatelných absorbérů

Úvod:

Lasery umožňují doručit na přesně vymezené místo přesnou dávku energie. Charakter interakce, tj. zda dosáhneme ohřátí, roztavení, nebo odpaření materiálu, závisí na okamžité hustotě výkonu dopadajícího laserového záření. Hustotu výkonu lze zvýšit fokusací laserového svazku. Okamžitý výkon záření lze mnohonásobně zvýšit použitím krátkých pulzů. Jedna z metod generace krátkých pulzů (pasivní Q-spínání a pasivní modová synchronizace) je používání saturovatelných absorbérů v rezonátoru laseru, což bylo studováno v úloze č. 1 v případě Nd:YAG laseru s pulzním výbojovým buzením, kde byla opakovací frekvence výstupních impulsů dána frekvencí buzení. Pasivní Q-spínání lze aplikovat i v případě kontinuálního buzení.

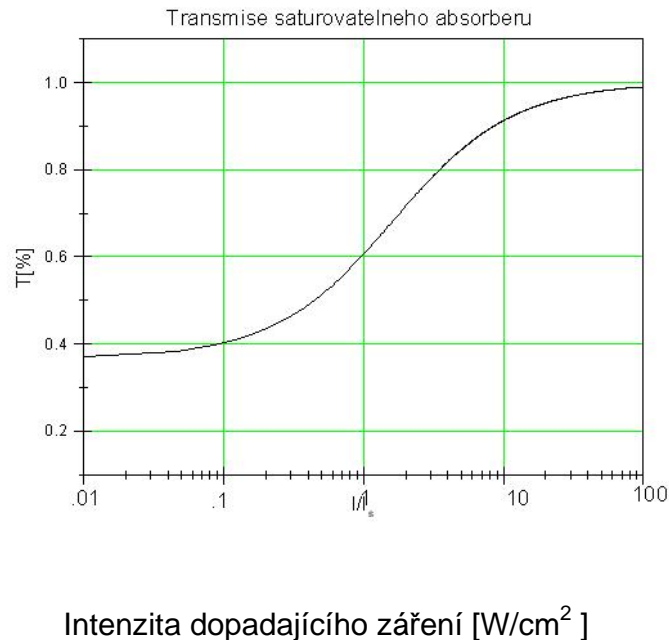
Mikročipové lasery - Velmi zajímavým typem takového laseru jsou diodově buzené mikročipové lasery, kde jsou aktivní prostředí, pevnolátkový saturovatelný absorbér a zrcadla rezonátoru integrována do jediného elementu o tloušce pouze několika milimetrů. Takto krátký rezonátor má za důsledek extrémně malou délku generovaných gigantických impulsů, která může být kratší než 1 ns. Přesto, že je střední výkon takovýchto laserů podstatně menší než 1 W, pulzní režim generace znamená výkon v pulzu v oblasti desítek KW. Pokud je svazek dále fokusován, hustota výkonu může v ohnisku dosahovat až desítek MW/cm² a takovéto intenzity jsou již dostatečné k vyvolání nelineárně optických jevů, jako je např. generace druhé harmonické frekvence. Příkladem takového mikrolaseru je laser **Nanolase model NP-02012-100**, používající jako aktivní prostředí krystal Nd:YAG a saturovatelný absorbér krystal Cr:YAG.

Saturovatelný absorbér (SA) – látka vykazující silnou nelinearitu transmitance v závislosti na intenzitě dopadajícího záření. Transmitance je výkonově závislá tak, že daná látka tlumí vysokovýkonové signály méně než nízkovýkonové, t.j. materiál se stává s růstem intenzity dopadajícího světelného záření propustnějším. Vzrůst propustnosti s.a. se často nazývá vybělení nebo prosvětlení dané látky. Pokles součinitele absorpce při osvětlení intenzivním světelným zářením je dán vztahem

$$\alpha = \frac{\alpha_0}{1 + I / I_s}$$

kde α_0 je součinitel absorpce při malé intenzitě dopadajícího záření a I_s je saturační intenzita, definovaná jako intenzita dopadajícího záření, při níž součinitel absorpce klesne na polovinu své maximální hodnoty.

Závislost transmise saturovatelného absorbéru na intenzitě dopadajícího záření je znázorněna na následujícím obrázku č. 1.

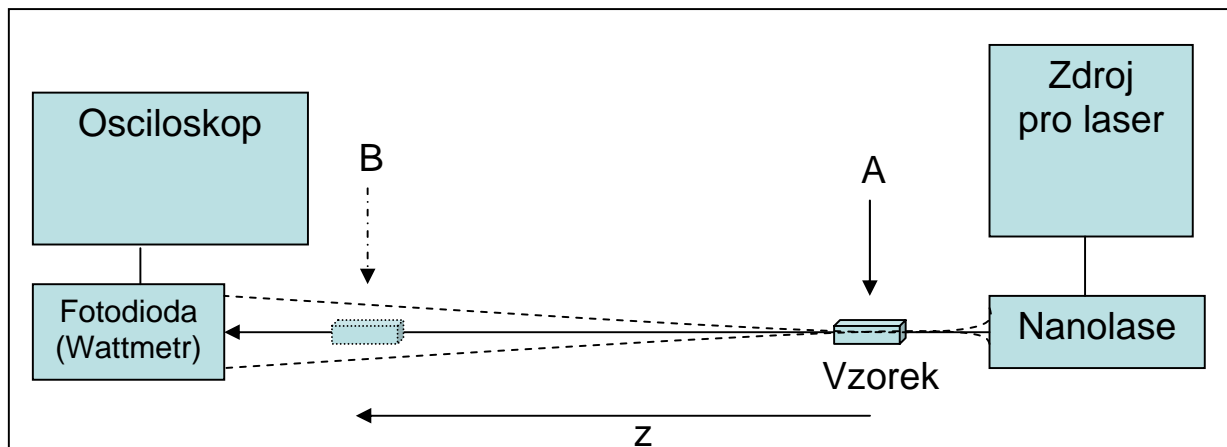


Obr.1. Nelineární transmise v závislosti na dopadající intenzitě záření normalizované k saturační intenzitě (I/I_s)

Pro použití saturovatelného absorbéru pro generaci krátkých pulzů je nutné zvolit takou konfiguraci rezonátoru, aby intenzita záření v místě, kde je umístěný absorbér byla srovnatelná se saturační intenzitou a tak docházelo k jeho prosvětlení, které znamená modulaci činitele jakosti Q . Prvními saturovatelnými absorbéry byla roztoky látek, v současnosti se z důvodů delší životnosti, a snadnější manipulovatelnosti používají pevné látky, jako jsou např. krystaly Cr:YAG (Nanolase), LiF s barevnými centry F^{2-} (používaný v Nd:YAG laseru v úlohách 1 a 2).

Měření výstupních parametrů mikročipového laseru Nanolase a nelinearity transmise absorbéru LiF: F^{2-} je předmětem dané úlohy.

Principiální schéma uspořádání měření je na obr. 2.



Obr. 2 Principiální schéma uspořádání měření.

Princip měření nelineární transmise: Pro měření nelineární transmise používáme pulzního laseru jehož špičková hustota výkonu ve svazku je dostatečná pro saturaci absorberu. Různých hodnot hustoty výkonu dopadajících na vzorek lze dosáhnout

- útlumem dostatečně intenzivního dopadajícího záření pomocí filtrů,
- fokusací dopadajícího záření,
- umístováním vzorku do míst s různou velikostí stopy. V této úloze použijeme třetí způsob přičemž využijeme divergenci laserového paprsku. Předpokládáme že výstupní záření z laseru Nanolase má tvar základního příčného módu TEM₀₀ (Gaussovský svazek).

Úkoly a postup :

Měření parametrů laseru

- Pomocí wattmetru změřte střední výkon laseru P_{str} .
- Pomocí fotodiody a osciloskopu změřte tvar, délku T_p a opakovací frekvenci f výstupních pulsů
- Z naměřených hodnot vypočítejte energii jednoho impulsu E_p a špičkový výkon v impulsu P_p za předpokladu jeho délky rovné 810 ps uvedené v technické dokumentaci.
- Porovnejte s naměřené hodnoty s technickou specifikací laseru. Proč neodpovídá vámi naměřená délka této kraší hodnotě uvedené v technické dokumentaci mikrolaseru?

Měření nelineární transmise krystalu LiF:F²⁻

1. Podle technické dokumentace laseru charakterizujte výstupní svazek (Polohu a velikost krčku od výstupní apertury laseru.).
2. Umístěte měřený vzorek na optickou lavici těsně k výstupní apertuře laseru a pomocí fotodiody a osciloskopu sledujte intenzitu na ni dopadajícího záření v závislosti na poloze vzorku od bodu A do bodu B,.
3. Experimentálně najděte polohu krčku svazku a změřte závislost transmise vzorku na zvětšující se vzdálenosti od výstupní apertury laseru do bodu B ve vzdálenosti 100 cm. V okolí krčku proveďte měření hustěji, v oblasti malých změn dále od sebe (jako detektoru použijte fotodiody a osciloskopu.
4. Opakujte měření z bodu 3 s tím rozdílem, že použijete jako detektoru wattmetr.
5. Spočítejte konfokální parametr svazku b (a Rayleighovu vzdálenost z_0) v oblasti krčku (předpokládáme poloměr svazku v krčku $w_0 = 85 \mu\text{m}$)
6. Spočítejte hustotu výkonu laserového záření v jednotlivých místech (viz bod 3)
7. Naměřené závislosti transmise na vzdálenosti a hustotě dopadajícího výkonu na vzorek vynesete do grafu a určete hodnotu saturační intenzity, za předpokladu, že maximální transmise je již dosažena. (proved'te pro každý z použitých detektorů)

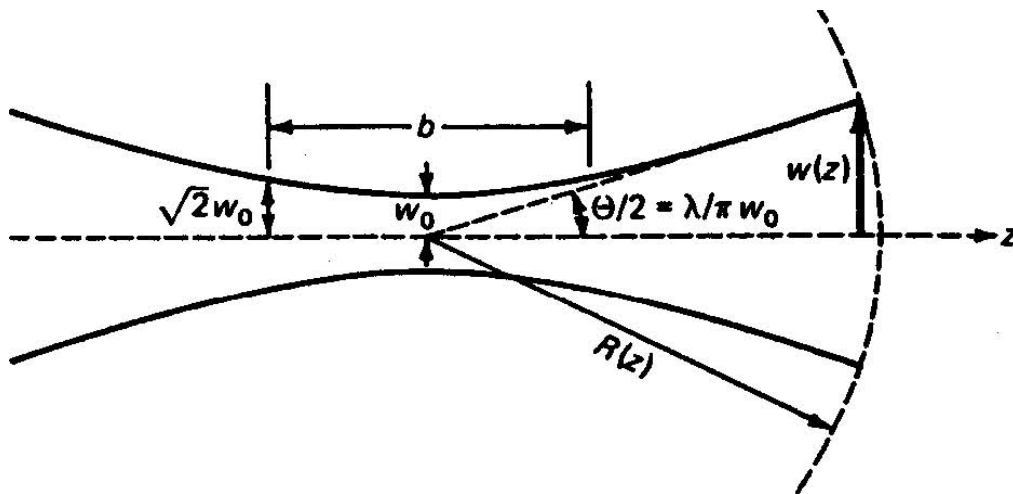
Požadované výsledky:

1. Schéma uspořádání rezonátoru mikročipového laseru Nanolase
2. Tabulka naměřených hodnot parametrů laseru Nanolase (E_p , P_p , P_{str} , f , T_p) a hodnot z technické specifikace
3. Tabulka naměřených hodnot transmise daných 2 vzorků
2. Grafy nelineární transmise daného vzorků pro oba detektory. Na ose x uveďte vzdálenost od výstupní apertury laseru a vypočtené hodnoty hustoty dopadajícího výkonu. .
3. Tabulka hodnot poloměru svazku a hustoty výkonu dopadajícího na vzorek v krčku, a ve vzdálenosti z_0 , 10cm, 50cm, a 100cm.

Bezpečnost práce s laserem:

1. Při práci používejte předepsané ochranné brýle.
2. Závěrku laseru otvírejte pouze na dobu měření.
3. Laserový svazek nesledujte pouhým okem, ale používejte vizualizačních destiček, IČ kamery nebo fotodetektorů.
4. Optická dráha laserového paprsku musí být ukončena černou deskou, anebo detektorem, má být přímá a co nejkratší.

Příloha: Parametry Gaussovského svazku



Obr. 3. Základní parametry Gaussovského svazku

Poloměr svazku

$$w(z) = w_0 \sqrt{1 + (z/z_0)^2}$$

Divergence svazku

$$\Theta = 2 \lambda / (\pi w_0)$$

Konfokální parametr svazku

$$b = 2 z_0 = 2 \pi w_0^2 / \lambda$$

Poloměr křivosti vlnoplochy

$$R(z) = z (1 + (z/z_0)^2)$$

kde λ vlnová délka, w_0 je poloměr svazku v krčku, a z_0 je Rayleighova vzdálenost.