

Postavte si Nd:YAG laser

Adam Jiránek, Sebastian Golat

adam.jiraneke@icloud.com ; sebastian.golat@mensa.cz

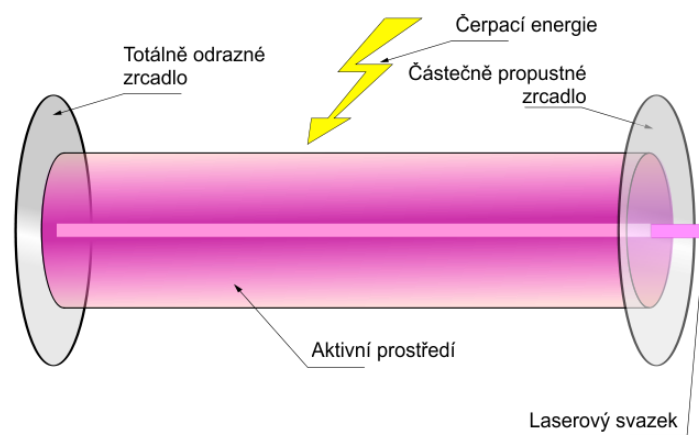
Abstrakt:

Nd:YAG je jeden z nejpoužívanějších pevnolátkových laserů na světě. V tomto miniprojektu jsme se seznámili s konstrukcí tohoto laseru, principem jeho fungování a možnými režimy provozu. Sestavili jsme jej ve 3 režimech – volné generaci, Q-spínání a synchronizace módů. V režimu Q-spínání se nám podařilo dosáhnout špičkové intenzity záření $8,18 \text{ MW/cm}^2$.

1 Úvod

Laser je zdroj elektromagnetického záření („světla“), které je zesilováno tzv. stimulovanou emisí.

Laser se obecně skládá ze 3 částí: aktivního prostředí, rezonátoru a čerpání energie.



Čerpání aktivního prostředí způsobuje inverzi populace v aktivním prostředí. Díky inverzi populace dochází ke stimulované emisii, což je zesilování záření. Rezonátor definuje směr, ve kterém se záření zesiluje.

V našem experimentu bylo cílem postavit Nd:YAG laser. Laser generuje infračervené záření o vlnové délce 1064 nm. Aktivní prostředí bylo čerpáno výbojkou v pulsním režimu o délce výboje 40 mikrosekund.

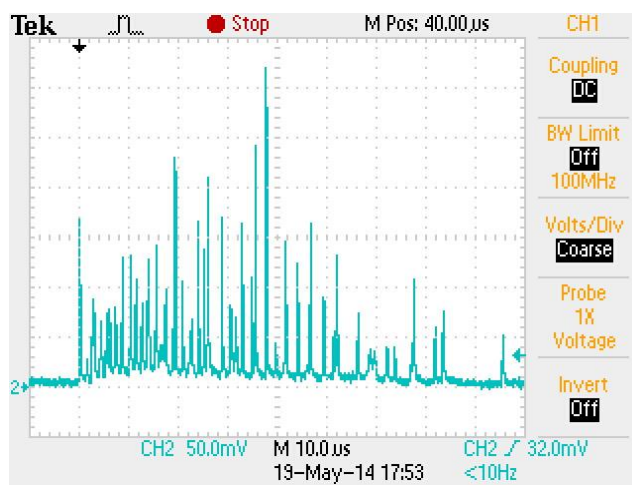
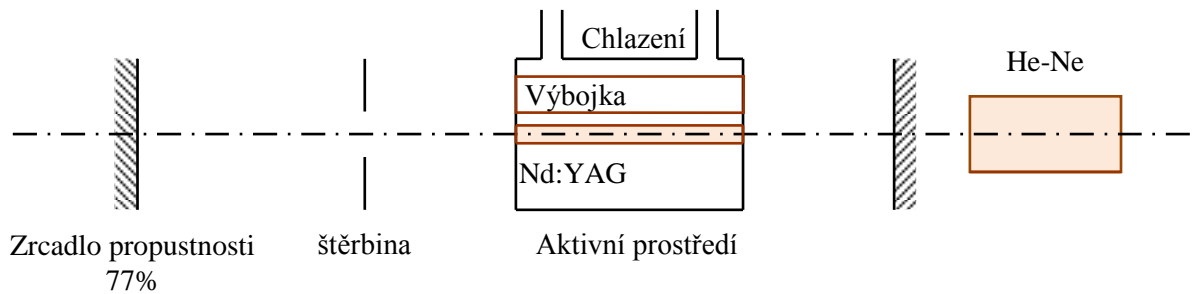
Cílem bylo zkusit si postavit Nd:YAG laser celkem ve 3 režimech.

- Režim volné generace (dlouhé pulsy)
- Režim Q-spínání (generace gigantických pulsů)
- Režim generace sledu ultrakrátkých pulsů (synchronizace módů)

2 Experiment

V našem experimentu jsme vyzkoušeli všechny 3 režimy (volná generace, Q-spínání, synchronizace módů). Aktivním materiálem našeho laseru je izotropní krystal Yttrium Aluminium Granátu ($Y_3Al_5O_{12}$) dopovaný ionty neodymu (Nd^{3+}). Výbojka, která slouží k dosažení inverze populace, je spolu s aktivním prostředím umístěna mezi 2 zrcadla. Jedno zrcadlo je 100% odrazné, výstupní zrcadlo má propustnost 77% na vlnové délce 1064 nm.

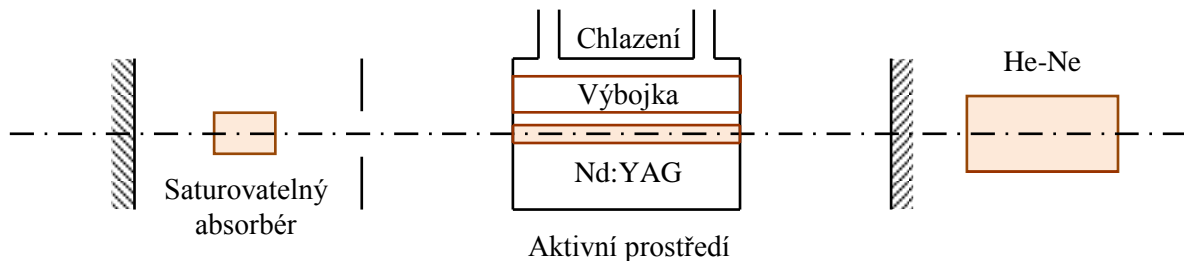
2.1 Režim volné generace

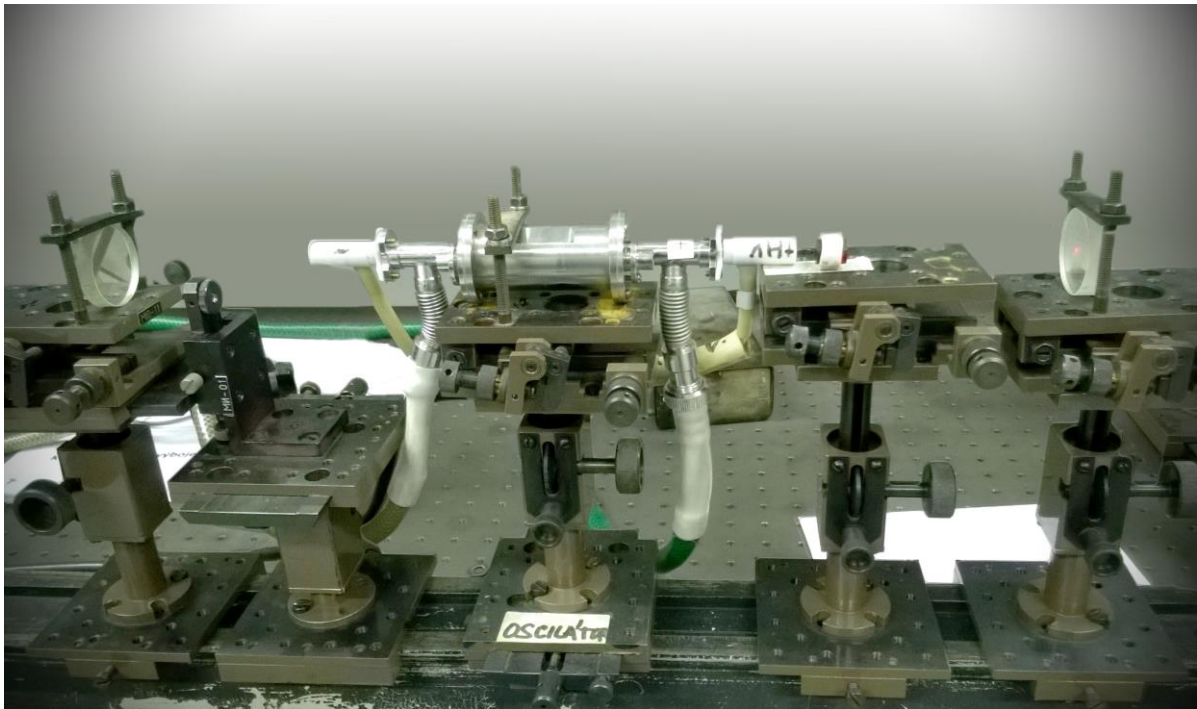


Nejprve jsme provozovali laser v režimu volné generace. Schéma experimentu je složeno pouze z aktivního prostředí s výbojkou, zdroje energie a zrcadel rezonátoru. Štěrbina v rezonátoru zlepšovala příčný profil svazku. Laserové záření vycházelo volně během čerpání výbojkou. Časový průběh je vidět na obrázku 1. Během tohoto režimu dochází ke generaci sledu náhodně generovaných záblesků o stejné vlnové délce. Délka impulsu byla přibližně 80 μ s. Energie impulsu byla 104.5 mJ.

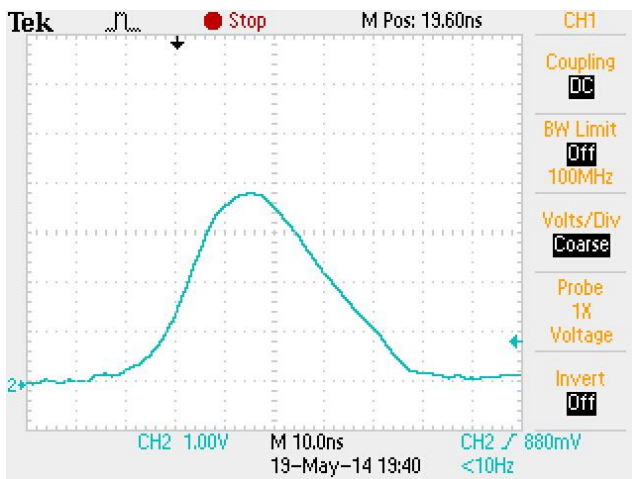
Obrázek 1: Graf časového průběhu impulsu

2.2 Režim Q-spínání





Obrázek 2: Fotografie z experimentu.

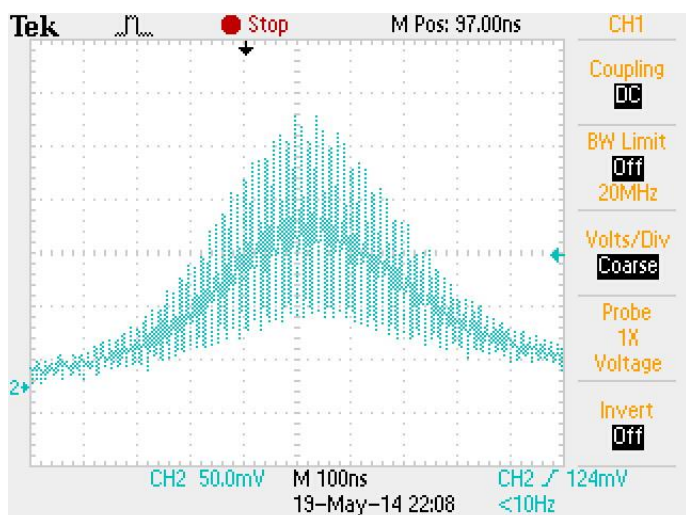


Obrázek 3: Časový průběh v režimu Q-spínání.

V režimu Q-spínání se do rezonátoru vložil saturevatelný absorbér, který zvyšuje svou propustnost s vyšší intenzitou světla. Díky tomu na výstupu z laseru vycházely krátké impulsy s velkou energií. Nastavili jsme napětí výbojky tak, aby byl na výstupu generován jediný Q-spínaný impuls. Energie impulsu byla 27,5 mJ, délka 28 ns, příslušný špičkový výkon byl 982 kW.

2.3 Režim synchronizace módů

V tomto režimu jsme do rezonátoru vložili akusto-optický modulátor (místo saturevatelného absorbéru). Ten je složen z taveného křemene, do něhož jsme přiváděli vysokofrekvenční akustický signál. Akustický signál vytvářel stojaté vlnění, které se projevovalo jako vznikající a zanikající difrakční mřížka. Mřížka způsobovala periodicky modulované ztráty. Laser mohl fungovat jen v době, kdy byly ztráty malé (mřížka



Obrázek 4: Časový průběh v režimu synchronizace módů.

tam zrovna nebyla). Akusto-optický modulátor kmital s pevně danou frekvencí 74,94 MHz. Proto bylo nutno naladit rezonátor tak, aby doba oběhu odpovídala frekvenci modulátoru. Museli jsme též brát v potaz optickou délku rezonátoru, která byla delší než reálná kvůli k indexu lomu materiálů.

V režimu synchronizace módů jsme dostali sled ultrakrátkých impulsů. Opakovací frekvence impulsů odpovídala délce oběhu světla rezonátorem. Skutečnou délku jednotlivých pulsů nelze změřit pomocí osciloskopu, protože jsou na něj příliš krátké.

2.4 Výsledky:

Režim volné generace se vyznačuje dlouhým pulsem, neuspořádaným časovým průběhem, výkon pulsu byl slabý v porovnání s dalšími režimy. Režim Q-spínání má výrazně vyšší výkon a uspořádanější časový průběh. Režim synchronizace módů je unikátní velmi krátkými impulsy a nemožností změření jeho ostatních veličin kvůli jeho délce. V případě dokonalého provedení mívá ještě vyšší špičkový výkon než režim Q-spínání.

V následující tabulce jsou zapsány výsledky měření v uvedených režimech.

	Volná generace	Q-spínání	Synchronizace módů
Energie [mJ]	104.5	27.5	N/A
Délka pulsu [ns]	80000	28	<3ns
Výkon [kW]	1.3	982	N/A
Intenzita [MW/cm ²]	0.011	8.18	N/A

3 Shrnutí

V našem projektu jsme se dozvěděli o základech činnosti laserů, naučili jsme se postavit Nd:YAG laser. Vyzkoušeli jsme jej ve 3 režimech – volné generace, Q-spínání a synchronizace módů. Během provozu laseru jsme pozorovali určitou nestabilitu energie výstupního záření. To bylo způsobeno nestabilitou čerpací výbojky.

Poděkování

Děkujeme našemu supervisorovi Františku Batystovi. Dále děkujeme organizátorům Týdne vědy, že jsme mohli provádět tyto experimenty.

Reference:

- [1] TATOUTE. *wikipedia.org* [online]. [cit. 20.5.2014]. Dostupný na WWW: <http://cs.wikipedia.org/wiki/Laser#mediaviewer/Soubor:Laser.svg>
- [2] Laser. In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001- [cit. 2014-05-20]. Dostupné z: <http://cs.wikipedia.org/wiki/Laser>