

Postavte si Nd:YAG laser

M. Bambuch, Masarykovo gymnázium Vsetín,
michal.bambuch@gmail.com

D. Holub, Gymnázium Slovanské náměstí, Brno
holubdavid@gmail.com

M. Olšovský, Gymnázium Litoměřické, Praha 9
molsovsky@centrum.cz

Abstrakt:

Laser je speciální zařízení mající v dnešní době široké využití. V tomto miniprojektu jsme se seznámili s jeho problematikou a vyzkoušeli jsme si sestavení vlastního Nd:YAG laseru. Laser jsme provozovali v různých režimech, například Q-spínání nebo mode-lockingu.

1 Úvod

Teoretické základy laseru popsal už v roce 1917 Albert Einstein v jeho článku Zur Quantentheorie der Strahlung [1], avšak k sestavení prvního funkčního zařízení došlo až roku 1960 Theodorem H. Maimanem. Název laser vychází z anglického Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation.

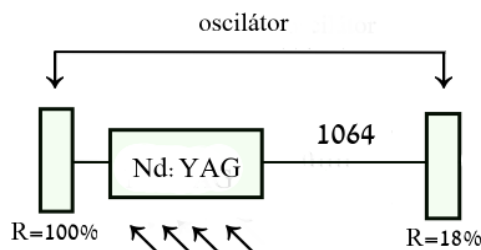
Laser se skládá z aktivního prostředí, rezonátoru a čerpání [2]. Čerpání v aktivním prostředí způsobí stav inverze populace – na vyšší energetické hladině je více elektronů než na základní. Tento stav umožňuje stimulovanou emisi záření, jehož směrovost je zajištěna přítomností rezonátoru.

2 Experimentální uspořádání

Cílem našich experimentů bylo postupné sestavení několika modifikací laseru s aktivním prostředím Nd:YAG.

Režim volné generace

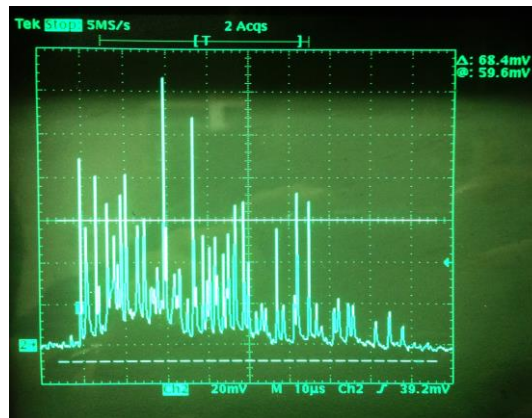
Jako první jsme sestavili laser v režimu volné generace, při kterém laser svítí po celou dobu čerpání. Laser svítí na vlnové délce 1064 nm. Schéma je na obrázku Obr. 1.



Obr. 1: základní schéma

Laser se skládá z aktivního prostředí Nd:YAG čerpaného výbojkou a dvou zrcadel tvořících rezonátor, první má téměř 100 % odrazivost, druhé má odrazivost zhruba 18 %.

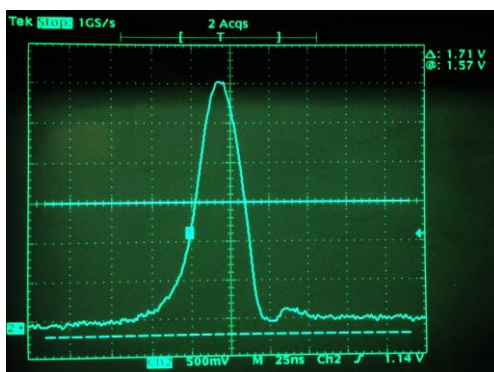
Pečlivě jsme nastavili zrcadla oscilátoru, abychom docílili co nejúčinnější generace laserového záření. Na obrázku Obr. 2 je zobrazen časový průběh záření v režimu volné generace.



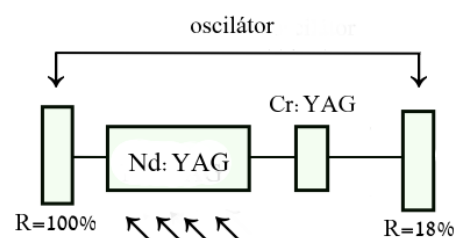
Obr. 2: časový průběh režimu volné generace

Režim Q-spínání

Jako druhý v řadě jsme sestavili laser v režimu Q-spínání [3], který umožňuje generovat pulsy o velmi vysokém výkonu v řádu několika MW. Jako základ jsme použili náš první laser a doplnili jej o saturovatelný absorbér (Cr:YAG), jehož absorpce klesá s intenzitou světla. To znamená, že dojde k nahromadění energie v aktivním prostředí Nd:YAG a jejímu následnému vypuštění během několika nanosekund. Na obrázku Obr. 3 je zobrazen časový průběh záření v režimu Q-spínání. Naměřená doba pulsu byla přibližně 30 ns.



Obr. 3: časový průběh v režimu Q-spínání

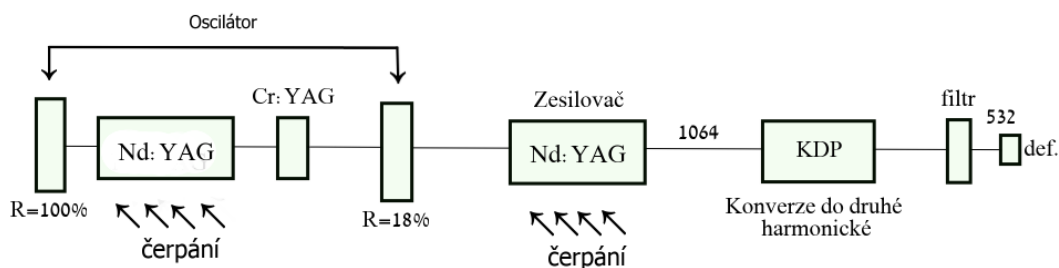


Obr. 4: schéma při Q-spínání

Režim Q-spínání s generací druhé harmonické

V dalším experimentu jsme zkonvertovali zesílené záření do druhé harmonické v zelené oblasti spektra; frekvence se zdvojnásobila (vlnová délka se zkrátila na polovinu: 1064 nm → 532 nm).

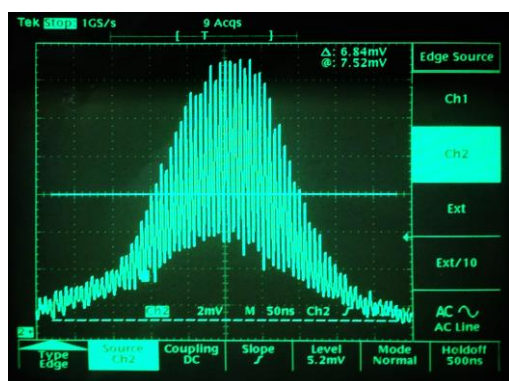
Generace druhé harmonické je proces z nelineární optiky [4], při němž záření interaguje s materiálem skrz nelinearitu druhého řádu. Pro účinnou generaci je navíc třeba splnit podmínku fázové synchronizace, v našem případě použitím anizotropním krystalu KDP.



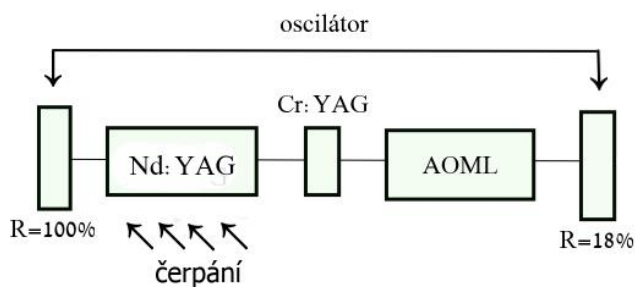
Obr. 5: schéma při generaci druhé harmonické

Režim synchronizace módů (mode-locking)

Na závěr jsme vyzkoušeli generaci ultra krátkých pulsů za pomoci synchronizace módů [5]. Do rezonátoru jsme přidali akusto-optický modulátor (Obr. 7). V něm vzniká a zaniká difrakční mřížka s frekvencí 150 MHz, která způsobuje proměnlivé difrakční ztráty a tím dochází k preferenčnímu zesílení synchronizovaných módů, což má za následek generaci sledu ultra krátkých pulsů. Na obrázku Obr. 6 je zobrazen časový průběh záření v režimu synchronizace módů.



Obr. 6: časový průběh režimu mode-lockingu



Obr. 7: schéma při mode-lockingu

3 Výsledky

Výsledky měření jsou shrnuty v tabulce Tab. 1. Při režimu volné generace mělo záření největší energii, ale nejmenší výkon. Největšího výkonu 3,6 MW jsme dosáhli při využití Q-spínání a zesilovače.

	Volná generace	Q-spínání	Q-spínání + zesilovač
energie [J]	0,1529	0,0310	0,1099
delka pulsu [ns]	0,0001	30,6400	30,6400
výkon [kW]	1,5288	1012,1625	3585,9471

Tab. 1: výsledky měření

4 Shrnutí

V miniprojektu jsme sestavili vlastní laser v několika modifikacích – režimu volné generace, Q-spínání, převedli jsme paprsek laseru na druhou harmonickou frekvenci a nakonec jsme

vyzkoušeli režim synchronizace módu. Se zapojeným zesilovačem a použitým Q-spínáním jsme dosáhli výkonu až 3,6 MW.

Poděkování

Děkujeme našemu supervisorovi Ing. Františku Batystovi za uvedení do problematiky laseru a pomoc při jeho výstavbě. Dále bychom chtěli poděkovat Ing. Vojtěchu Svobodovi CSc. a ostatním organizátorům za uspořádání Týdne vědy na Jaderce 2015.

Reference:

- [1] Einstein, Albert. "Zur quantentheorie der strahlung." *Physikalische Gesellschaft Zürich* 18 (1916): 47-62.
- [2] VRBOVÁ, Miroslava. *Lasery a moderní optika*. Praha: Prometheus, 1994. 474 s. ISBN 80-85849-56-9.
- [3] Q Switching. *RP Photonics Encyclopedia*[online]. Dostupné z http://www.rp-photonics.com/q_switching.html
- [4] Frequency Doubling. *RP Photonics Encyclopedia*[online]. Dostupné z http://www.rp-photonics.com/frequency_doubling.html
- [5] Mode Locking. *RP Photonics Encyclopedia*[online]. Dostupné z http://www.rp-photonics.com/mode_locking.html