

1 Pevnolátkový Nd:YAG laser v režimu volné generace a v režimu Q-spínání; Zesilování laserového záření a generace druhé harmonické

3. března 2011

Základní praktikum laserové techniky	
Zpracoval: Vojtěch Horný	Datum měření: 24. února 2011
Pracovní skupina: 1	Ročník: 3.
Naměřil: Vojtěch Horný	Hodnocení:

1 Pracovní úkoly

1.1 Cíl úlohy

1. Nastavit a provozovat Nd:YAG laser v režimech volné generace a Q-spínání. Provést pozorování, měření a porovnání energetických, časových a prostorových charakteristik generovaného záření v obou režimech.
2. Měření zesílení optických impulsů generovaných ve volném režimu a v režimu s Q-spínáním.
3. Nastavení synchronismu KDP krystalu a měření účinnosti generace druhé harmonické v režimech volné generace a Q-spínání

1.2 Požadované výsledky

1. Výsledky měření parametrů – E , E_b , účinnosti $\eta = E/E_b$ a doby generace τ při
 - prahové energii buzení
 - v polovině intervalu energie buzení
 - pro maximální energii buzenípro oba režimy generace seřadit a porovnat do tabulky.
2. Nakreslit závislosti: $E = E(E_b)$ pro oba režimy generace (stejně parametry vždy do jednoho srovnávacího grafu).
3. Nakreslit do stejného grafu závislosti $G = G(E_{in})$ pro oba režimy generace
4. Hodnota úhlu rozladění ve stupních.
5. Vynést do grafu závislost energie druhé harmonické a účinnosti převodu v závislosti na změně budící energie

2 Pracovní postup a experimentální výsledky

V první části měření jsme zkontrolovali, že aparatura odpovídá schématu uvedeném v návodu [1]. Nastavili jsme střed krystalu laserové dutiny ve svazku He-Ne laseru. Metodou spřažení jsme nastavili laserový rezonátor. Spustili jsme laser a pomocí jemného ladění zrcadel jsme donastavili laser na maximální výstupní energii. Pozorovali jsme profil svazku na fotopapíru a vzájemným laděním polohy zrcadel rezonátoru a clonky jsme jej měnili tak, aby byl co možná nejkulatější.

Pro převod napětí na energii uloženou v kondenzátoru, která reprezentuje energii buzení, jsme použili známý vztah

$$E_b = \frac{1}{2}CU^2. \quad (1)$$

Kapacita kondenzátoru byla $100 \mu\text{F}$. Energii generace jsme měřili měřičem energie. Na oscilátoru jsme odečítali napětí, na energii jsme jej přepočítali pomocí vztahu

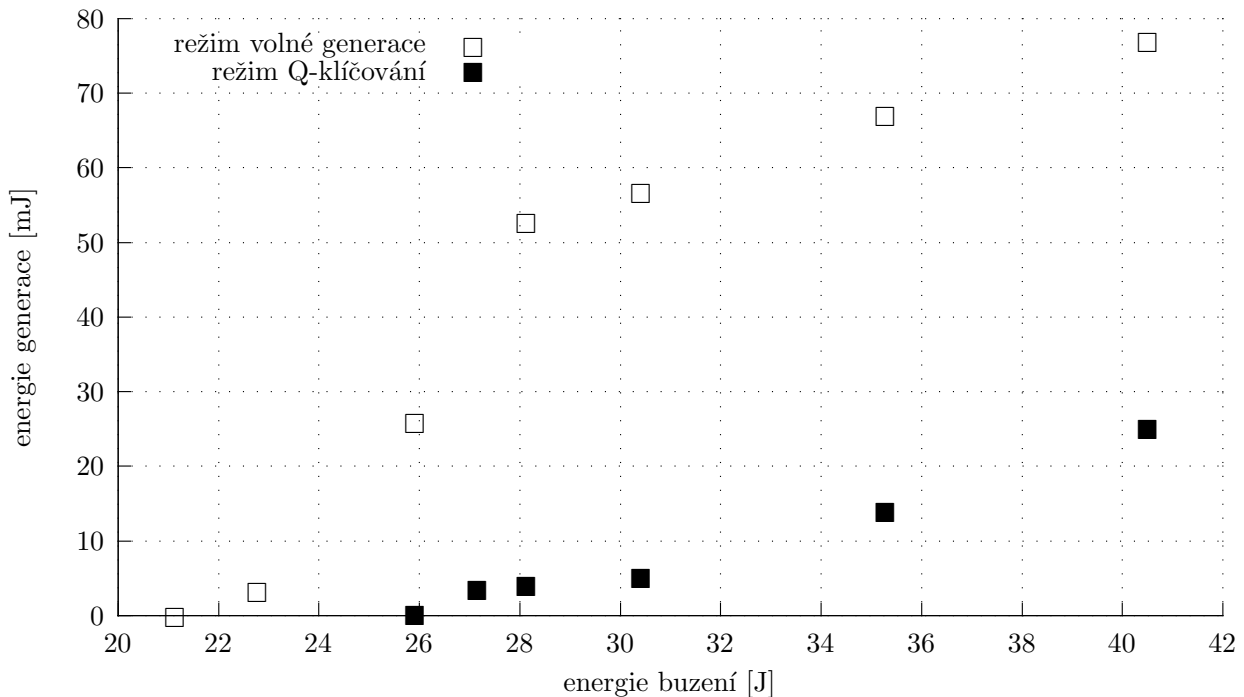
$$E_g = \frac{U}{sTR}, \quad (2)$$

kde $s=15,8 \text{ J/V}$ je citlivost měřiče energie, $T=0,62$ je prostupnost clonky měřiče a $R=0,04$ je odrazivost odrazného hranolu.

Tabulka 1 nabízí výsledky měření prahové energie buzení, energie generace a účinnosti v závislosti na energii buzení pro režim volné generace i pro režim Q-spínání. Graficky je znázorněna závislost $E_g = E_g(E_b)$ v grafu 1.

Tabulka 1: Prahová energie buzení, energie generace a účinnost v závislosti na energii buzení pro režim volné generace a režim Q-spínání .

režim volné generace			režim Q-spínání		
prahová energie [J]	$22,0 \pm 0,5$		prahová energie [J]	$26,1 \pm 0,5$	
energie buzení [J]	energie generace [mJ]	účinnost [%]	energie buzení [J]	energie generace [mJ]	účinnost [%]
22,8	3,4	0,015	40,5	25,0	0,062
25,9	26,0	0,100	35,3	13,8	0,039
28,1	52,8	0,188	32,1	9,3	0,022
30,4	56,9	0,187	30,4	4,9	0,016
35,3	67,1	0,190	28,1	3,9	0,014
40,5	77,1	0,190	27,2	3,4	0,012



Graf 1: Závislost energie generace na energii buzení pro oba režimy.

Prahová energie buzení laseru v režimu volné generace je menší než v režimu Q-spínání. Z grafu 1 je vidět, že energie generace je větší u volného režimu generace, než u Q-spínání. Stejná vlastnost platí i u účinnosti.

Tabulka 2 ukazuje závislost doby generace na budící energii. Při Q-spínání je doba generace přibližně o tři řády menší.

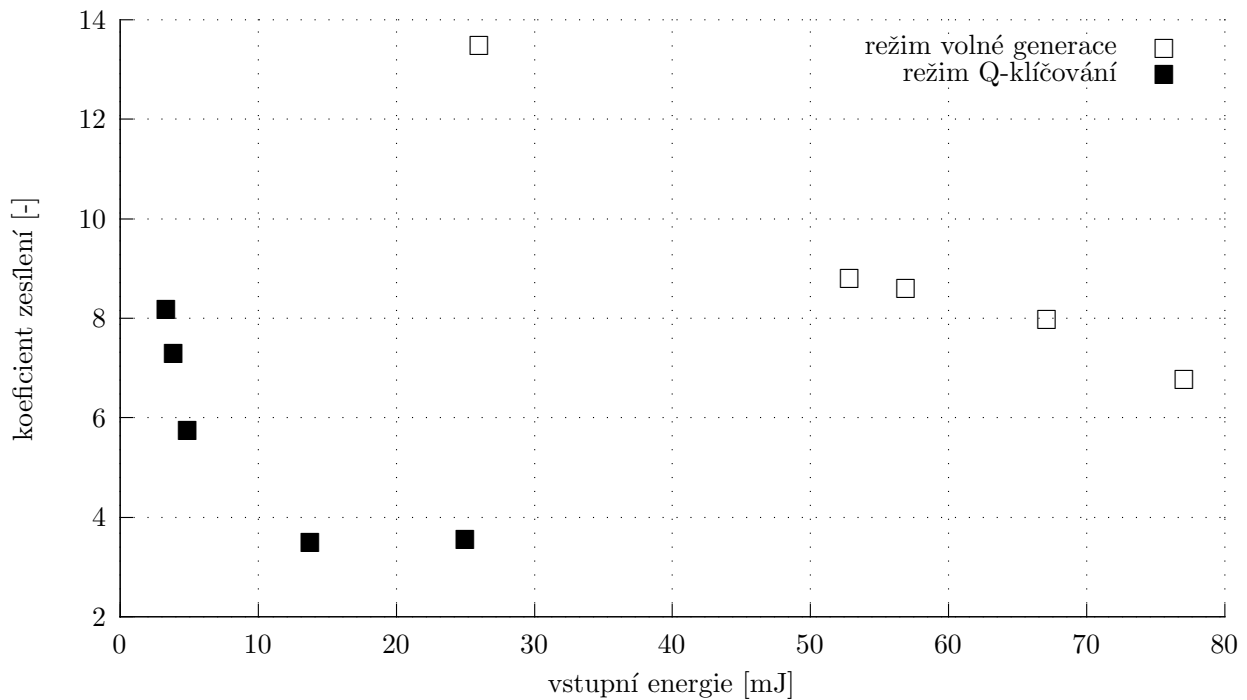
V druhé části měření jsme se věnovali zesilování laserového záření a generací druhé harmonické frekvence. Jelikož původní vlna Nd:YAG laseru má vlnovou délku 1064 nm , druhá harmonická má vlnovou délku 532 nm . Tato vlnová délka je ve viditelné části spektra. Skutečně se nám povedlo zelený paprsek spatřit.

Po nastavení elementu laserového zesilovače do optické osy již nastaveného rezonátoru jsme měřili koeficient zesílení zesilovače. Na kondenzátoru jsme nastavovali hodnoty napětí tak, abychom dostali energii buzení,

Tabulka 2: Závislost doby generace na budící energii pro oba provozní.

režim volné generace		režim Q-spínání	
E_b [J]	τ [μ s]	E_b [J]	τ [ns]
23	12	40	32
26	52	35	35
40	71	27	40

kteří jsme měřili v první části úlohy. Znali jsme tedy energii na vstupu zesilovače. Měřili jsme tedy energii na výstupu zesilovače. Toto měření jsme prováděli pro oba provozní režimy. Závislost koeficientu zesílení na energii na vstupu zesilovače najdete v grafu 2. Koeficient zesílení je tedy v řádu jednotek. Je patrný prudší pokles koeficientu zesílení se vstupní energií pro režim Q-spínání než pro volnou generaci.



Graf 2: Závislost koeficientu zesílení na energii na vstupu zesilovače.

Poslední fází úlohy bylo měření s KDP krystalem. Našli jsme úhel rozladění v hodnotě $(9,2 \pm 0,5)^\circ$. Nastavili jsme znovu optimální úhel a měřili závislost energie druhé harmonické a účinnosti převodu na energii čerpacího záření. Jmenované závislosti naleznete v grafech 3 a 4.

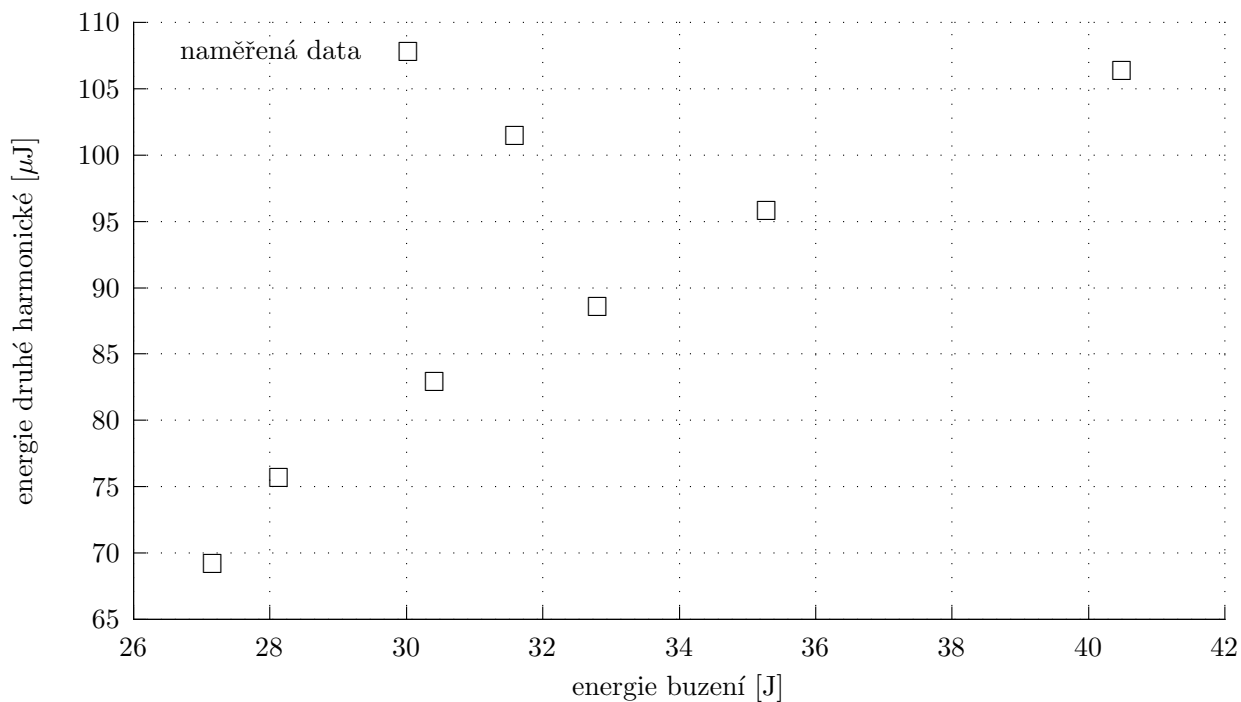
3 Závěr

Podařilo se nám nastavit a provozovat Nd:YAG laser v režimech volné generace a Q-spínání. Změřili jsme požadované energetické parametry a zesílení optických pulsů v obou režimech. Změřili účinnost generace druhé harmonické frekvence v režimu Q-spínání.

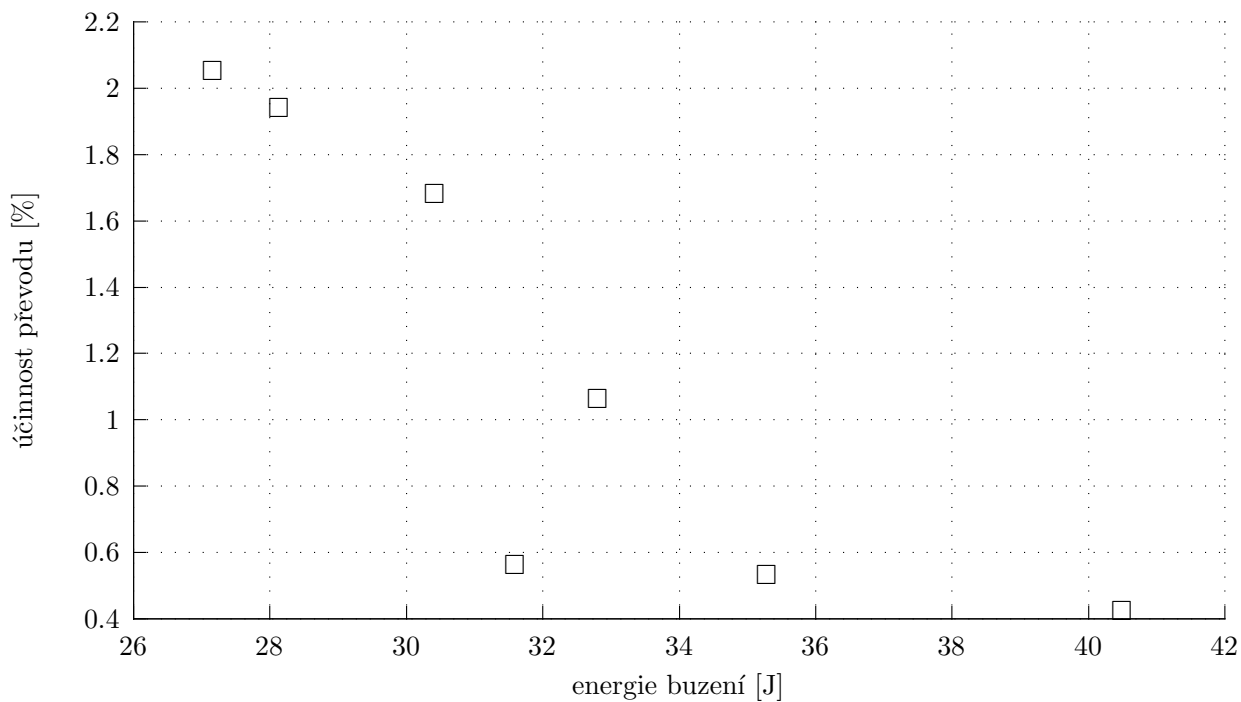
Všechny požadované úkoly byly splněny.

Reference

- [1] *Návod k úloze 1* [online],
[cit. 1. března 2011], <http://people.fjfi.cvut.cz/blazejos/public/ul1.pdf>



Graf 3: Závislost energie druhé harmonické na energii buzení



Graf 4: Závislost účinnosti převodu na energii buzení