

# Charakteristiky laseru vytvářejícího světelné impulsy o délce několika pikosekund

H. Picmausová, J. Povolný, T. Pokorný  
Gymnázium, Česká Lípa, Žitavská 2969; Gymnázium, Brno, tř. Kpt. Jaroše 14;  
Gymnázium, Brno, tř. Kpt. Jaroše 14  
helenapicmausova@seznam.cz, jan.povolny@gmail.com, xtompok@gmail.com

## Abstrakt

Náplní projektu bylo proměření charakteristik laseru s ultrakrátkými pulzy, který má v současné době širokou škálu využití. Dále jsme se seznamovali se základními principy pevnolátkových laserů. Změřili jsme vlnovou délku, frekvenci, závislost výkonu na procházejícím proudu a časový průběh generovaného pulsu.

## 1 Teorie

### 1.1 Lasery

Laser byl v šedesátých letech, době svého vzniku, označen za „Řešení čekající na problém.“ Od té doby se stal prakticky nepostradatelným a nachází uplatnění v tisících odlišných aplikacích. Mezi ně patří chirurgie, zubní medicína, či oční operace; v průmyslu pak řezání, bezkontaktní měření, zápis a čtení optických disků, tisk laserovými tiskárnami, výroba ukazovátek a značkování; ve vědě laserová interferometrie, spektroskopie nebo fluorescenční mikroskopie.

Jedná se o zařízení emitující, pomocí stimulované emise fotonů, koherentní světelný svazek. Koherence světla spočívá ve shodné vlnové délce a fázi paprsků vycházejících z bodového zdroje. Při stimulované emisi ozařujeme aktivní prostředí, čímž způsobíme přechod elektronů v aktivním prostředí do vyšších energetických hladin. Dříve se k ozařování používaly výbojky, dnes se aktivní prostředí ozařuje výkonnými diodami. Při následném přechodu elektronů do nižších energetických hladin dochází k emisím fotonů, s vlnovou délkou větší než jakou mělo budící záření (vyplývá ze zákona zachování energie). Vzniklý foton při průletu aktivním prostředím strhává další fotony a vzniká koherentní záření. Světelný svazek je dále zesílen soustavou dvou zrcadel, z nichž je jedno polopropustné. Díky zrcadlům zde dochází k lavinovému efektu a vzniku pronikavého svazku.

### 1.2 Generování pikosekundových pulsů

Lasery s ultrakrátkými pulsy, laditelné do blízké infračervené oblasti spektra, jsou stále častěji využívány v celé řadě vědeckých a technologických aplikací a systémech. Ke generaci ultrakrátkých pulsů slouží satureovatelný absorbér, který je použit místo polopropustného zrcadla. Propustnost absorbéru je závislá na intenzitě dopadajícího záření – pro

nízké intenzity se většina záření odrazí, pro vysoké intenzity většina záření projde. Tímto způsobem je zajištěno, že v aparatuře obíhá jeden ultrakrátký světelný puls, jehož část vždy po dopadu na absorbér projde ven.

V našem měření byl použit izotropní krystal Yttrium Aluminium Granátu ( $Y_3Al_5O_{12}$ ) dopovaný ionty neodymu ( $Nd_{3+}$ ) - Nd:YAG.

### 1.3 Osciloskop

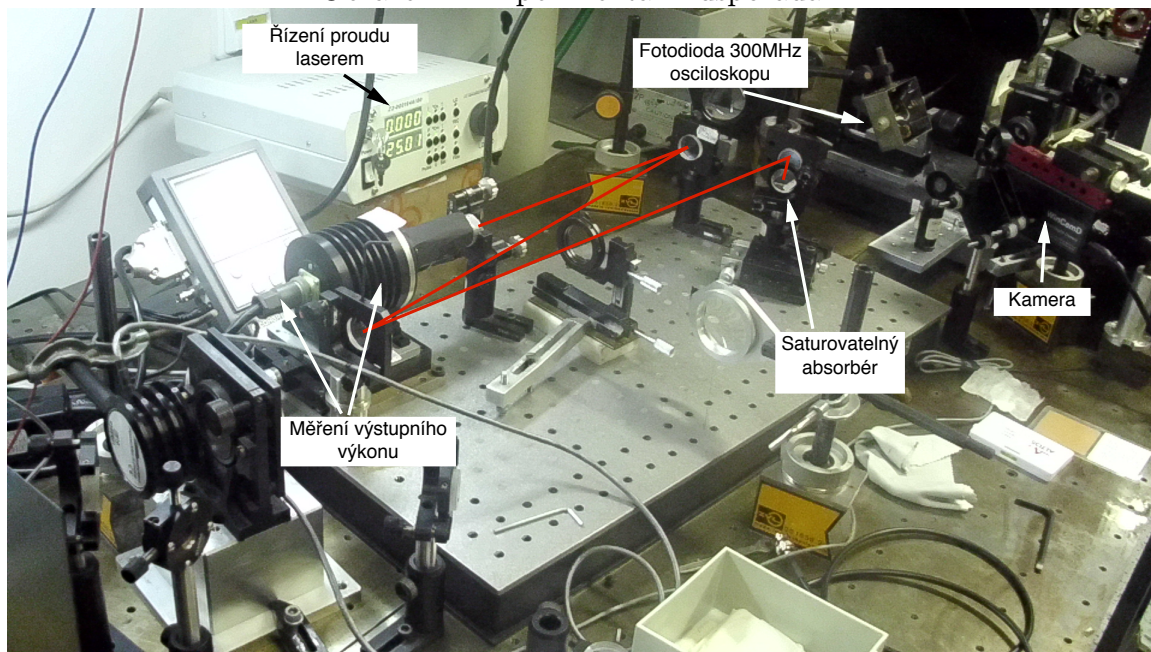
Osciloskop je elektronický testovací přístroj, umožňující pozorování neustále se měnícího napětí vstupního signálu, obvykle jako dvojrozměrný graf tvořený z jednoho či více potenciálových rozdílů. Přestože je na svislé ose zobrazeno napětí, lze měřit i jakékoliv jiné hodnoty, které lze na napětí převést. Běžně se používají k pozorování přesného tvaru vlny daného signálu. Osciloskop zobrazuje kromě amplitudy signálu i zkreslení, čas mezi dvěma událostmi (jako je šířka pulzu, perioda nebo doba růstu) a relativní načasování dvou souvisejících signálů.

## 2 Experiment

### 2.1 Experimentální uspořádání

Zkoumaný laser byl složená ze zdroje s regulovatelným proudem, laserové diody pro buzení aktivního prostředí - Nd:YAG. Paprsek z tohoto prostředí je infračervený, takže není za normálních podmínek vidět. Dále zde byla soustava 3 zrcadel, přístroj pro měření výkonu (pracuje na principu absorpce záření, a následného změření vzrůstu teploty), saturovatelný absorbér, 2 fotodiody, kamera a 2 osciloskopy - jeden 300 MHz a druhý 9 GHz. Vzhledem k malé frekvenci zaznamenávání osciloskopů není měření příliš přesné.

Obrázek 1: Experimentální uspořádání



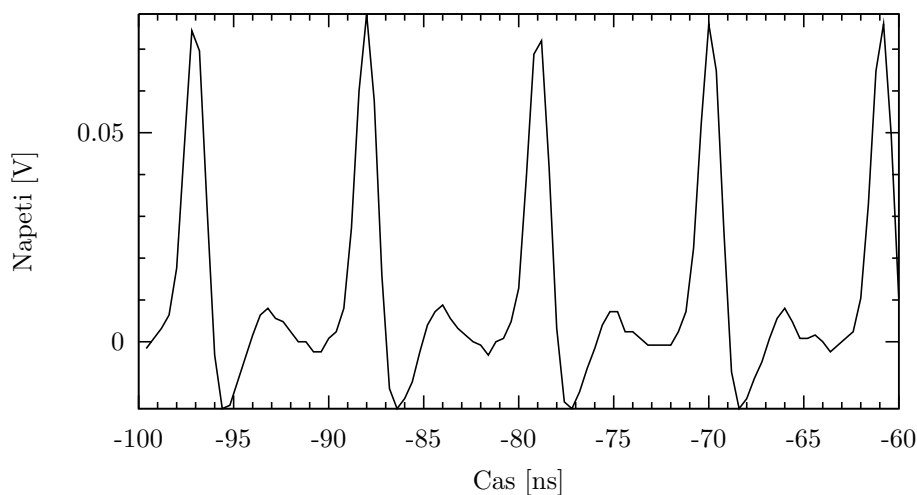
## 2.2 Měření dráhy paprsku

Na osciloskopu jsme změřili frekvenci pulsů  $f = 110,5$  MHz. Celková dráha paprsku byla nejdříve stanovena pomocí vzorce:  $L = \frac{c}{2f}$ , poté i manuálně změřena. Následně byla oba způsoby srovnány: měření i výpočet vyšly velmi podobně, dráha byla spočtena na 1,36 m a změřena na 1,35 m.

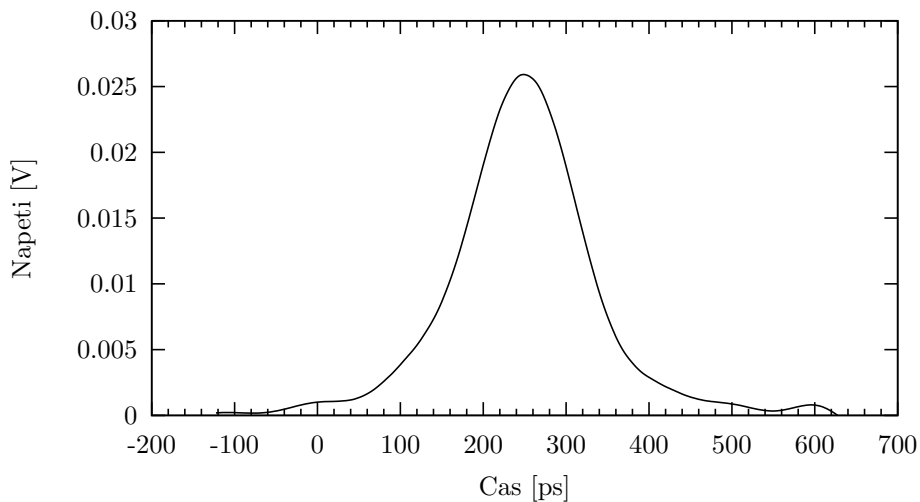
## 2.3 Měření délky pulsu

Na osciloskopech byl výstup z fotodiody, která byla vložena za saturovatelným absorberem, takže jsme viděli časové průběhy pulsů a z osciloskopu jsme odečetli jejich délku. Na pomalejším jsme naměřili délku 1230 ps, zatímco na rychlejším 140 ± 16 ps.

Obrázek 2: Průběh pulsu na 300MHz osciloskopu  
Časový průběh pulzu



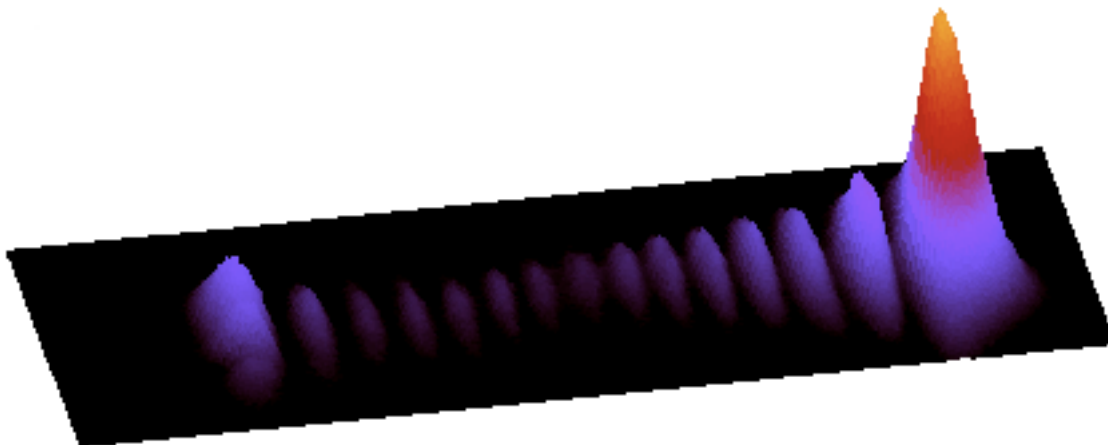
Obrázek 3: Průběh pulsu na 9GHz osciloskopu  
Časový průběh pulzu



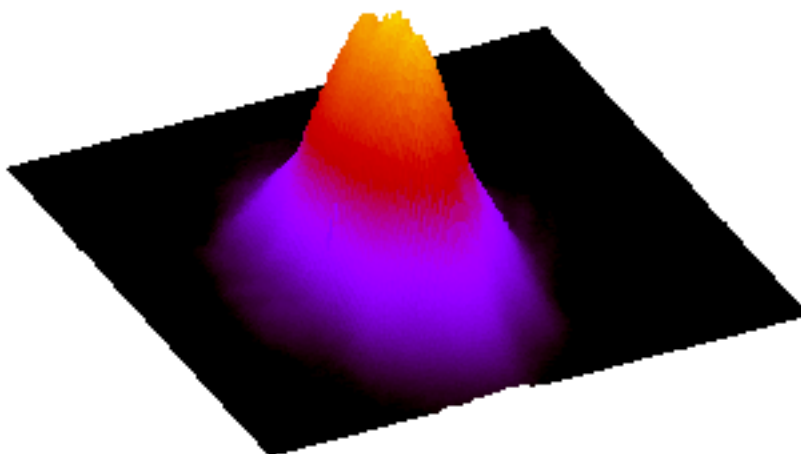
## 2.4 Měření profilu svazku

Svazek jsme pozorovali kamerou, jejíž výstup nám vykreslil rozložení v prostoru. Rozložení ideálního svazku se dá popsat Gaussovou křivkou, ale ve skutečnosti je svazek mírně rozostřený a vznikají další mody.

Obrázek 4: Rozostřený svazek



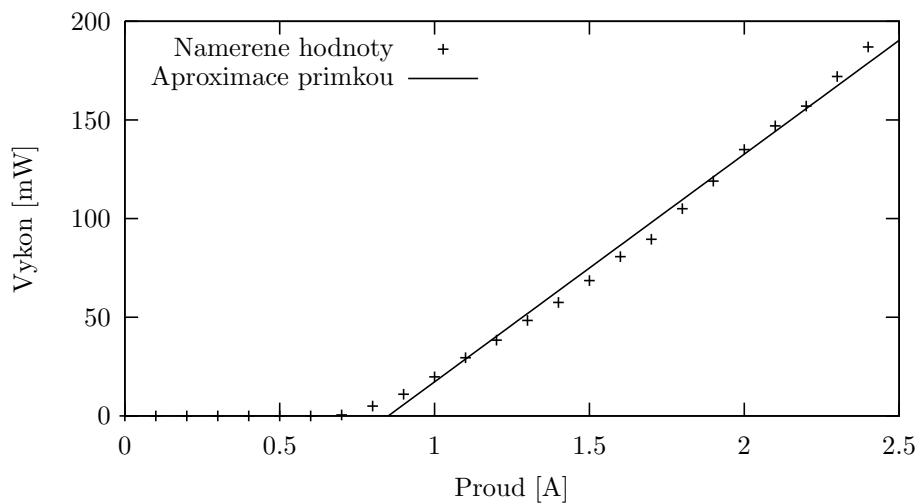
Obrázek 5: Seřazený svazek



## 2.5 Měření výkonu

Změřili jsme také výkon svazku v závislosti na proudu procházejícího budící diodou. Laser nám začal fungovat až při proudu 0,8 A. Při maximálním proudu (2,4 A) měl svazek výkon 187 mW. Závislost proudu jsme aproximovali nejdříve exponenciálou, a po té lineární funkcí, z grafu je zřejmé, že závislost výkonu na proudu je lineární.

Obrázek 6: Závislost výstupního výkonu na proudu  
Zavislost vystupniho vykonu na proudu



### 3 Závěr

Vlnová délka	$1062 \pm 2$ nm
Maximální výstupní výkon	187 mW
Frekvence opakování pulsu	110,5 MHz
Délka laserového rezonátoru	1,36 m
Délka pulsu	$140 \pm 16$ ps

### 4 Poděkování

Tímto bychom chtěli poděkovat Ing. Michalu Jelínkovi a jeho spolupracovníkům za zajímavý projekt a trpělivé zodpovídání našich dotazů. Obrovský dík také patří celé FJFI a zvláště pak organizačnímu výboru týdne vědy.

### Reference

- [1] Blum, *Roller Physics*. Holden-Day, San Francisco, Volume 2, 1982.
- [2] Vrbová M., Jelínková H., Gavrilov P., *Úvod do laserové techniky*. ČVUT, Praha, 1998.