

Kvazi-kontinuální laserová dioda o výkonu 200 W pro stranové čerpání Nd:YAG laseru

Úloha 4. pro pokročilé praktikum z LT na KFE, FJFI, ČVUT Praha

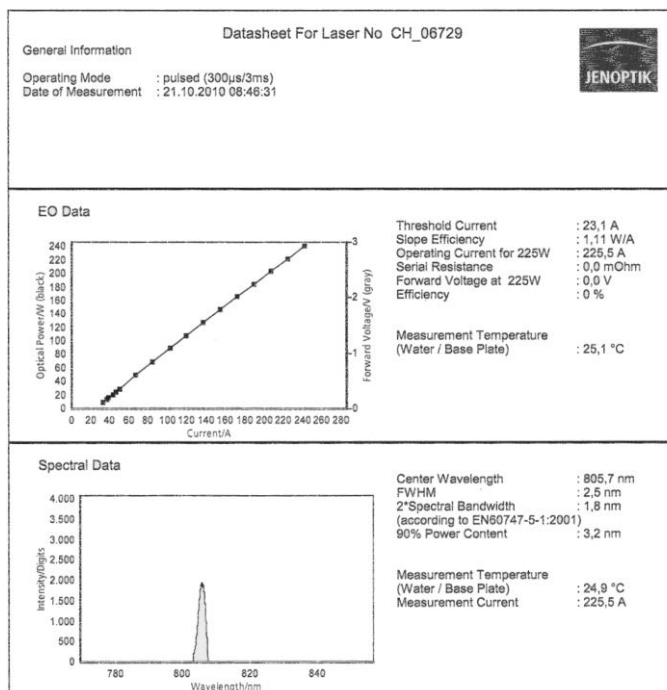
Instruktor: Ing. M. Jelínek, Prof. V. Kubeček,
Pracoviště: Lab TN245

Cíl: Seznámení se s vysoko-výkonovou pulzní (kvazi-kontinuální) laserovou diodou určenou pro čerpání neodymových laserů, principem a konstrukcí stranově buzeného Nd:YAG laseru

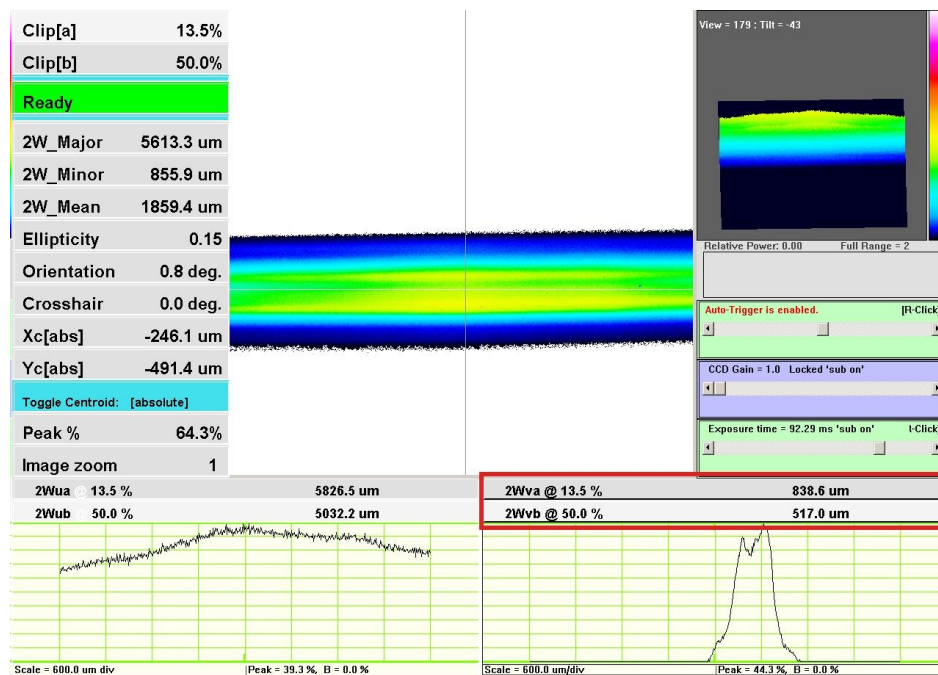
Čerpací laserová dioda

Specifikace laserové diody Jenoptik JOLD-200-QPNN-1L je uvedena v tabulce níže, datasheet konkrétní použité diody s označením CH_06729 je uveden na obr. 1. Na obr. 2 je znázorněna prostorová struktura výstupního záření, která byla změřena CCD kamerou (DataRay WinCamD) ve vzdálenosti cca 9 cm od laserové diody. Je patrné, že laserová dioda generuje záření, jehož prostorový profil je přibližně obdélníkový, přičemž ve vertikální ose je jeho průměr 838 μm (na 13,5%), jak je vyznačeno na obrázku. Záření je ve vertikální ose kolimováno cylindrickou mikročočkou a rozměr svazku se ve vertikální ose nemění až do vzdálenosti více než 15 cm. V horizontální ose je velikost svazku na výstupu 1 cm a v této ose je záření značně divergentní.

Operation qcw	
Maximum Pulse Length /	Duty Cycle $\leq 0.3 \text{ ms} / \leq 10 \%$
Maximum Optical Output Power	225 W
Center Wavelength at 25 °C	808 nm
Center Wavelength Variation at 25°C	5 nm
Typical Spectral Bandwidth (FWHM)	3 nm
Maximum Spectral Bandwidth (FWHM)	5 nm
Typical Operation Current	180 A
Maximum Operation Current	240 A
Typical Threshold Current	15 A
Maximum Operating Voltage	2.2 V
Typical Fast Axis Divergence FWHM	37°
Typical Fast Axis Divergence 95 %	63°
Typical Slow Axis Divergence FWHM	9°
Expected Lifetime under qualification	> 1 Gshot
Operation Temperature	15...30°C
Options on request:	15500524;
fast axis collimation with 180 W	
qcw within 0.5° (design 15507126); fast axis (0.5°) and slow axis (4°)	



Obr. 1. Specifikace použité laserové diody.



Obr. 2. Prostorová struktura záření generovaného laserovou diodou.

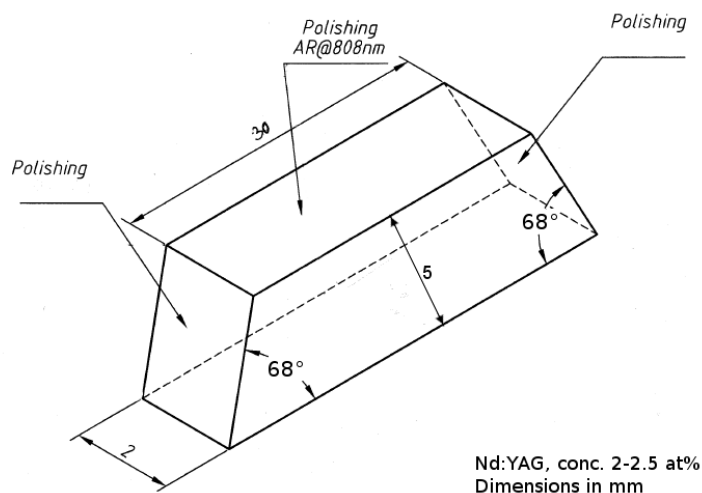
Zdroj proudu pro laserovou diodu

Laserová dioda je napájena proudovým zdrojem Ostech, který poskytuje budící proudový impuls s následujícími parametry: frekvence 10 Hz, délka impulsu 100 až 300 μ s, proud max. 150 A.

Aktivní krystal Nd:YAG

Laserovou diodu s výše uvedeným profilem výstupního záření je vhodné využít ke stranovému čerpání aktivního krystalu ve tvaru kvádru (slab). Při využití aktivního krystalu s vysokým absorpčním koeficientem předpokládáme maximální načerpání krystalu u jeho hrany. Aby byl zajištěn co nejlepší překryv načerpané oblasti se základním módem rezonátoru, je vhodné sestavit uspořádání s tzv. klouzavým odpadem, kdy se mód rezonátoru odráží totálním vnitřním odrazem od načerpané hrany krystalu. Z tohoto důvodu je využíván krystal lichoběžníkového tvaru, jehož čela jsou zkosena pod úhlem 68° , což navíc umožňuje průchod záření v horizontální polarizaci pod Brewsterovým úhlem, a není zapotřebí provádět pokrytí čel krystalu antireflexní vrstvou. Krystal je schematicky znázorněn na obr. 3.

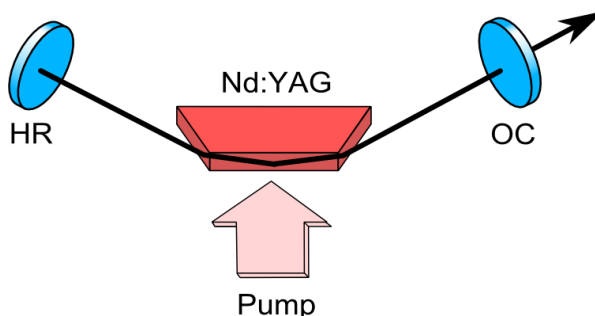
Konstrukce laserového rezonátoru s klouzavým dopadem vyžaduje aktivní materiál s co nejvyšším absorpčním koeficientem. Zajímavým materiálem je zkoumaný Nd:YAG s nadstandardně vysokou úrovní dopace okolo 2,5 at.% (běžná úroveň dopace je do 1 at.%).



Obr. 3. Schéma a rozměry vzorku Nd:YAG krystalu.

Laserový rezonátor

Schéma laserového rezonátoru je uvedeno na obr. 4. Rezonátor je tvořen totálně odrazným zrcadlem HR (*High Reflectivity*) a polopropustným zrcadlem OC (*Output Coupler*). Pokyny k návrhu jsou uvedeny níže.



Obr.4. Schéma Nd:YAG laseru stranově buzeného kvazi-kontinuální výkonovou diodou.

Pokyny

1. Prostřednictvím měřiče energie Molectron FieldMaxII proveďte charakterizaci výstupní energie diody v závislosti na budícím proudu.
2. Ze známé délky impulsu vypočtete maximální špičkový výkon a porovnejte naměřenou hodnotu s katalogovým listem.
3. Pomocí spektrometru Ocean Optics změřte závislost vlnové délky při maximálním buzení v závislosti na teplotě diody. Měření proveďte v okolí maximální absorpce Nd:YAG krystalu. Zdůvodněte změnu vlnové délky v závislosti na teplotě.
4. Porovnejte tvar proudového impulsu (měřeného proudovou sondou) a světelného výstupního impulsu (měřeného fotodiodou).
5. Nastavte optimální teplotu diody pro čerpání Nd:YAG krystalu.
6. Nd:YAG krystal umístěte vhodně vzhledem k výstupnímu svazku laserové diody.
7. Pomocí spektrometru Ocean Optics se pokuste naměřit maxima fluorescence v oblasti 900-1100nm.
8. Pomocí polovodičové fotodiody naměřte dobu dohasínání fluorescence vzorku krystalu Nd:YAG.
9. Porovnejte naměřenou relaxační dobu s relaxační dobou Nd:YAG krystalu se standardní úrovní dopace ~1 % a pokuste se zdůvodnit případný rozdíl.
10. Proveďte návrh laserového rezonátoru s využitím příslušného programu (např. ReZonator). Uvažujte rovinné výstupní zrcadlo a duté totálně odrazné zrcadlo, přičemž máte na výběr zrcadla o poloměrech křivosti 300, 500 a 1000 mm. Při návrhu a určení polohy Nd:YAG krystalu zohledněte prostorový profil čerpacího svazku z laserové diody, jehož velikost ve vertikální ose by měla odpovídat velikosti základního módu rezonátoru.
11. Proveďte konstrukci laserového oscilátoru a naměřte výstupní energii v závislosti na čerpání. Z grafu určete strmost výkonové charakteristiky (*slope efficiency*) a dále maximální konverzní účinnost laserového systému (*optical-to-optical efficiency*).
12. Změřte časový průběh výstupního laserového záření současně s průběhem budícího proudu.
13. Zpracujte výsledky do protokolu o rozsahu cca 5 stran, formát .doc nebo .pdf.

Doporučená literatura

- [1] www.jenoptik-dlg.com
- [2] D. Sauder, Opt. Express 14, 1079-1085, 2006-

POZOR:

Výkonová laserová dioda emituje na vlnové délce 808 nm a je z hlediska bezpečnosti laserem 4. třídy, tzn. že při jejím provozování je třeba nosit předepsané ochranné brýle a dodržovat bezpečnostní předpisy pro práci s lasery 4. třídy.