

# Narušování symetrie v laserovém rezonátoru

František Helebrand  
Gymnázium Benešov, Husova 470  
fhelebrand@gmail.com

## Abstrakt:

V tomto miniprojektu mi byl poskytnut pevnolátkový laser. Díky manipulacím s polopropustným zrcadlem jsem byl schopen rozladovat rezonátor. Poté jsem dokázal určit jednotlivé módy, vypočítat jejich rozbíhavost a následně vše zaznamenat do grafu.

## 1 Úvod

V rámci miniprojektu jsem pracoval s pevnolátkovým laserem, který se skládá ze tří hlavních částí: rezonátor, aktivní prostředí a čerpání. V mé práci jsem se zaměřil na manipulaci s polopropustným zrcadlem a díky tomu jsem mohl vytvářet vyšší stupně tzv. módů (příčné rozložení intenzity elektromagnetického pole, které se po obou odrazech promítne samo na sebe). Na základě těchto poznatků jsem vypočítal rozbíhavost paprsku a závislost úhlu náklonu na stupni výsledného módu.

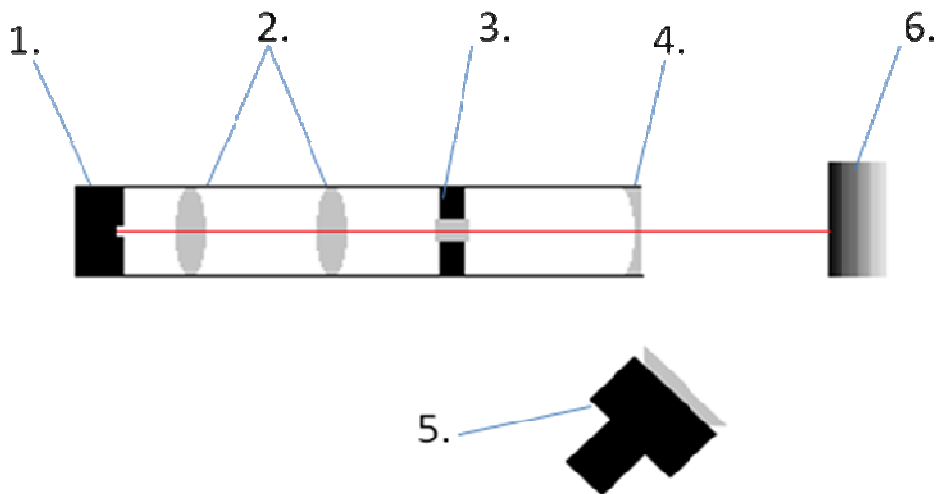
## 2 Měření

### Aparatura

Na tento experiment jsem měl možnost pracovat s aparaturou laseru Nd:YAG (neodym v matrici yttrium-hlinitý granát), která se skládá z:

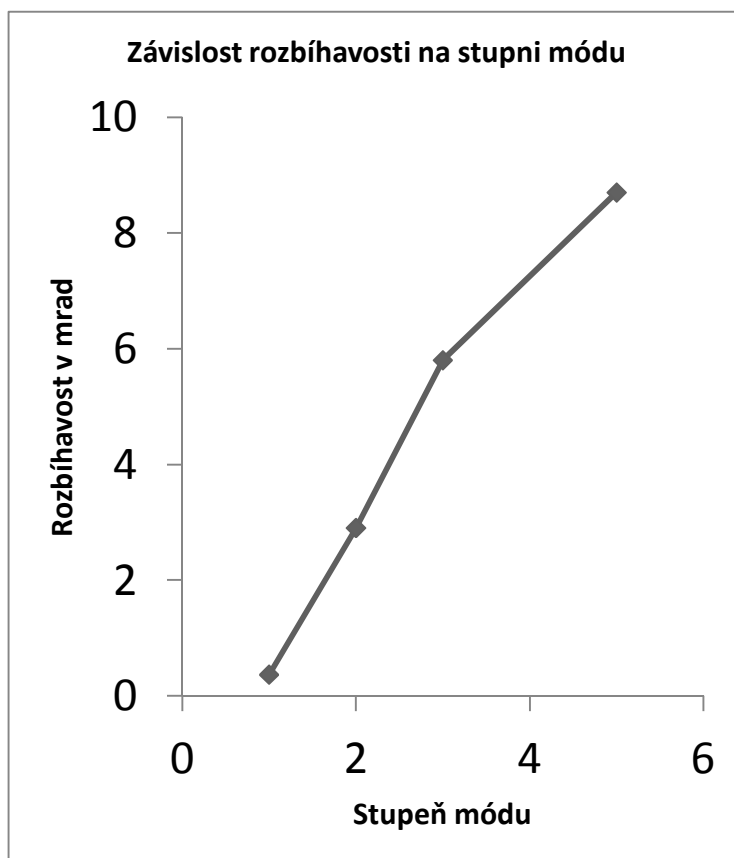
1. Laserová dioda  
Jako zdroj budícího záření jsem použil konstantně svítící laserovou diodu o vlnové délce  $\lambda = 804\text{nm}$ , která byla po celou dobu chlazena vodou na  $12^\circ\text{C}$ .
2. Čočky  
K nasměrování paprsku generovaného z laserové diody na krystal byla použita dvojice čoček s ohniskovými vzdálenostmi  $f_1 = 6\text{mm}$ ,  $f_2 = 60\text{mm}$ .
3. Aktivní prostředí  
Bylo vytvořeno z Nd:YAG krystalu, kde poměr neodymu k yttriu-hlinitému granátu je asi 1:1000. Krystal je vytvarován do válečku, jeho zadní (na obrázku vlevo) podstava je zcela propustná pro budící záření, ale zcela odrazná pro generované záření, jehož vlnová délka je  $\lambda = 1064\text{nm}$

4. Polopropustné zrcadlo  
Pro vytvoření stabilního rezonátoru laseru jsem použil konvexní polopropustné zrcadlo s poloměrem křivosti  $r=100\text{mm}$ . Odrazivost zrcadla byla  $R>99,98\%$ .
5. CCD kamera  
K zaznamenávání infračerveného záření jsem použil křemíkovou kameru. Objektiv měl zvětšení 50. Kamera byla po celou dobu měření nechlazená a byl na ni pomocí vosku přidán filtr RG-1000, který propouštěl jen vlny o vlnové délce  $\lambda>1000\text{nm}$ . Rozlišení bylo  $720\times 576\text{px}$ .
6. Stínítko  
Stínítko, na které byl promítán laserový svazek, bylo vyrobeno z normálního kancelářského papíru a bylo umístěno ve vzdálenosti 1m.



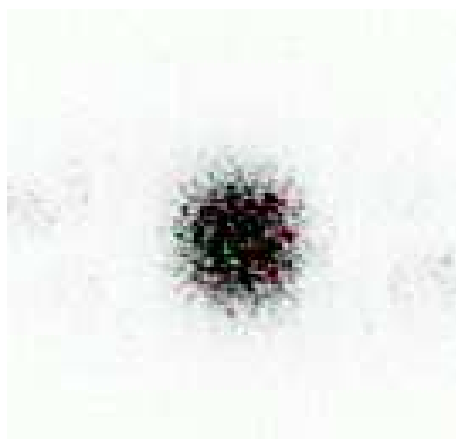
### **Závislost rozbíhavosti na stupni módu**

V měření jsem počítal rozptýlení paprsku laseru při módech 1, 2, 3, 5. Měřil jsem příčné rozložení intenzity elektromagnetického pole, které se po obou odrazech promítne samo na sebe nejdříve ze vzdálenosti 1m a poté ze vzdálenosti 0,5m. Z grafu plyne, že čím je stupeň módu vyšší tím se zvětšuje i rozbíhavost laserového svazku, trend závislosti je přibližně logaritmický.

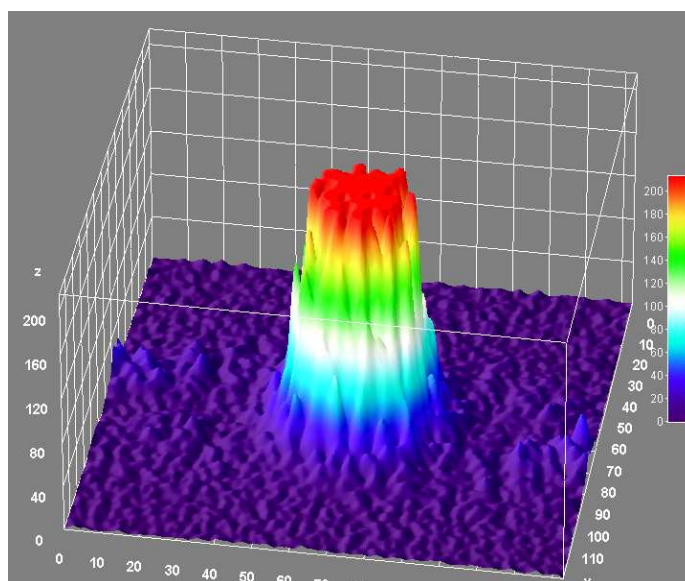


Stupeň módu	Rozbíhavost
1	0,363 mrad
2	2,9 mrad
3	5,8 mrad
5	8,7 mrad

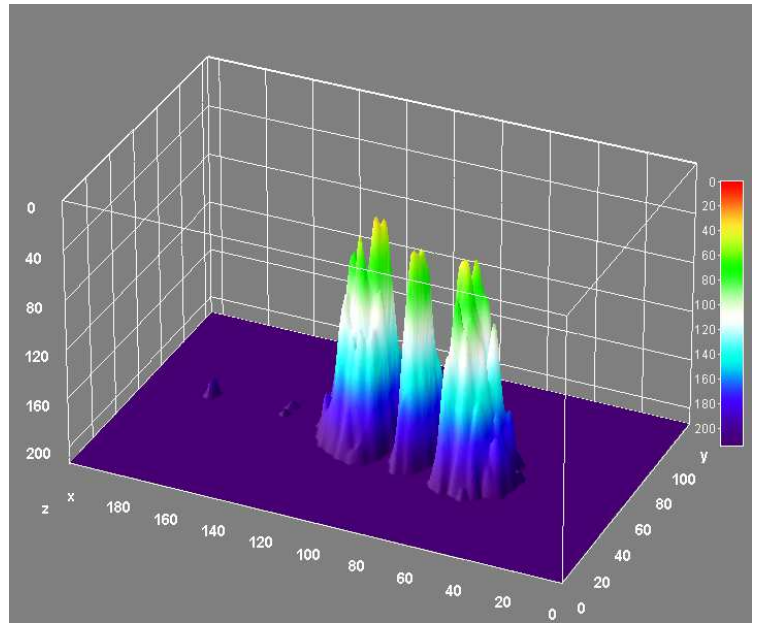
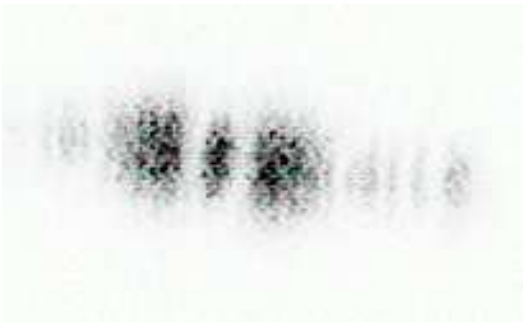
### Mod00 (1. Stupeň)



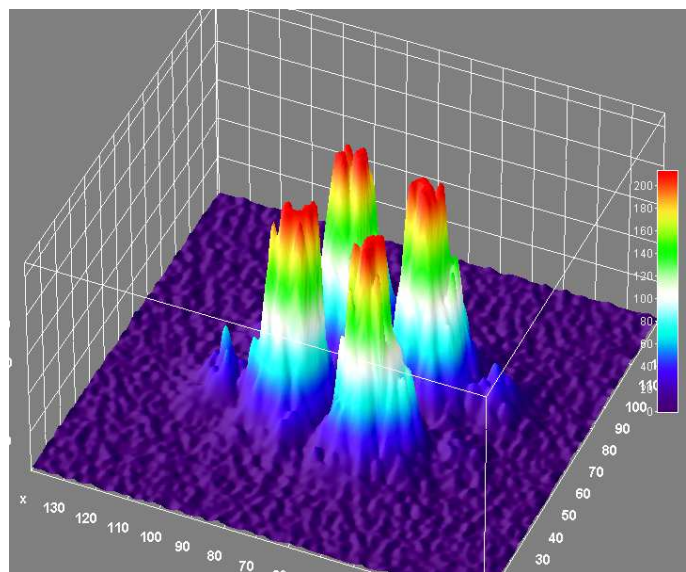
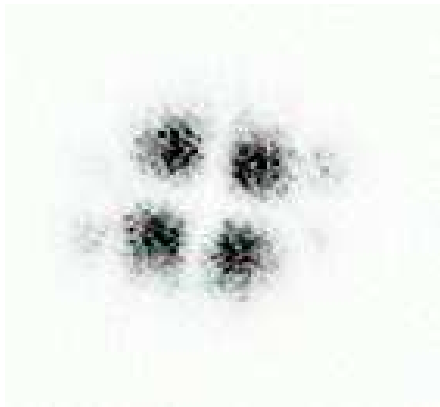
### 3D rozložení intenzity



## Mod3



## Mod22



**Všechny snímky módové struktury jsou ve stejném měřítku.**

### **3 Závěr**

Vyozoroval jsem, že rozbíhavost laserového paprsku závidí na stupni módu. Graf závislosti se podobá křivce logaritmu. Následně jsem mohl díky manipulaci s polopropustným zrcadlem vytvářet módy vyšších stupňů. Změřil jsem úhel naklonění výstupního zrcadla rezonátoru nutný pro rozladění ze základního stupně na první vyšší (2. mód), potřebný úhel byl 0,8 mrad. Seznámil jsem se s principem laserového rezonátoru, prakticky jsem si vyzkoušel jeho nastavování a zjistil jsem, že i malé naklonění může ve výsledku změnit svazek laseru.

### **Poděkování**

Na závěr bych rád poděkoval ing. Josefu Blažejovi, PhD. za jeho pomoc, trpělivost a soustavné vedení po dobu celého miniprojektu.

Také bych rád poděkoval organizátorům TV@J za prostředky a jedinečnou možnost zúčastnit se vědeckého bádání.

### **Reference:**

[1] SALEH, B. – TEICH, M.: *ZÁKLADY FOTONIKY I* matfyzpress 1994 pp. 110-114