

# K čemu vede rozladění laserového rezonátoru

J. Janota, D. Kalasová, J. Táborský  
SPŠ Elektrotechnická České Budějovice, Gymnázium Boskovice,  
Gymnázium Mladá Boleslav

boromyr@seznam.cz, dominika.kalasova@seznam.cz, jiri1.taborsky@email.cz

15.6.2010

## Abstrakt

V rámci tohoto miniprojektu jsme se seznámili s principy, fungováním, historií a aplikací laserů. S využitím Nd:YAG laseru pracujícím na vlnové délce 1064nm a CMOS kamery jsme zkoumali různé příčné profily intenzit výstupního laserového svazku. Tyto profily jsme ovlivňovali mechanickým rozladěním rezonátoru.

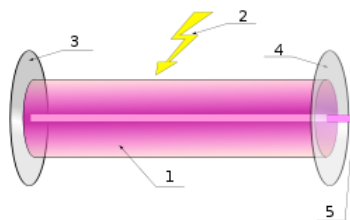
## 1 Úvod

V šedesátých letech minulého století byl sestaven maser, který pracuje na stejném principu jako laser, ale s mikrovlnným zářením. Letos je to padesát let, co Američan Theodore Mainman předvedl první funkční laser, kde používal krystal rubínu.

Cílem tohoto projektu bylo seznámení se fyzikálním principem laserů, jejich historií, různými druhy a jejich aplikací. Zkoumali jsme, co se děje s příčným profilem laserového svazku, měníme-li nastavení rezonátoru laseru.

## 2 Popis experimentu

### 2.1 Princip laseru



Obrázek 1: Princip laseru

Princip laseru si vysvětlíme na obr.č. 1. Laser je tvořen aktivním prostředím (1) - tím může být plyn, kapalina, polovodič, sklo, plasma, v našem případě budeme používat laser s monokrystalem Nd:YAG.

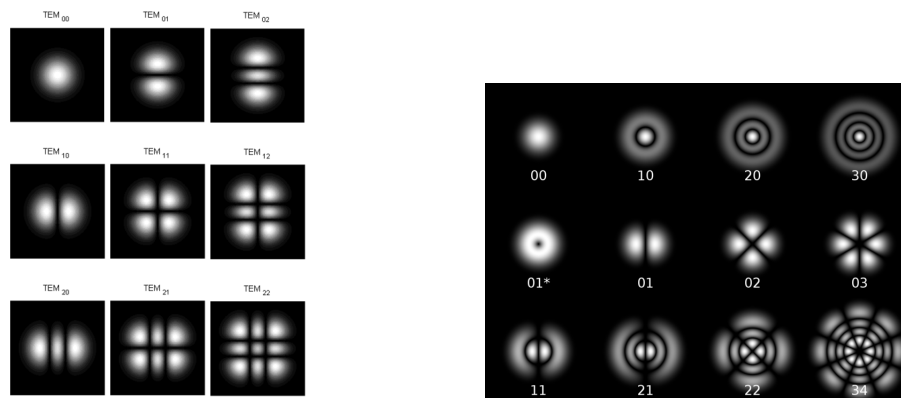
Do aktivního prostředí musíme dodat energii (2). Touto energií může být elektický výboj, optické záření, chemická reakce, injektování nosičů náboje; v našem případě jsme používali záření laserové diody o vlnové délce 808,4 nm.

Tato energie vybudí elektrony aktivního prostředí ze základní energetické hladiny do vyšší energetické hladiny, dojde k tzv. excitaci. Takto je do vyšších energetických stavů vybudena většina elektronů aktivního prostředí a vzniká tzv. inverze populace. Při opětovném přestupu elektronu na nižší energetickou hladinu dojde spontánnímu k vyzáření energie ve formě fotonů. Takto vyzářený foton při svém průletu v blízkosti jiného excitovaného elektronu může způsobit stimulovanou emisi fotonů ve stejném kvantovém stavu.

Aby došlo ke zesílení paprsku, je kolem prostředí umístěn rezonátor ((3), (4)), který odraží vzniklé fotony zpět do aktivního prostředí, tím je umožněno mnohonásobné opakování jevu stimulované emise.

### 2.1.1 Příčné módy

Příčný profil intenzity laserového svazku má v ideálním případě tvar Gaussovské křivky. Paraxiální Helmholtzova rovnice popisuje pomalu se měnící komplexní amplitudu elektromagnetické vlny. Taková řešení, která se sama mohou beze změny odrazet od zrcadel, nazýváme příčné módy rezonátoru. Kromě nejjednoduššího případu, tedy Gaussova svazku, se mohou vytvářet Hermiteovské-Gaussovské módy (obr.č.2) v případě symetrie v kartézské soustavě souřadnic, nebo Laguerreovské-Gaussovské módy (obr.č. 3) v případě osové symetrie ve válcových souřadnicích.

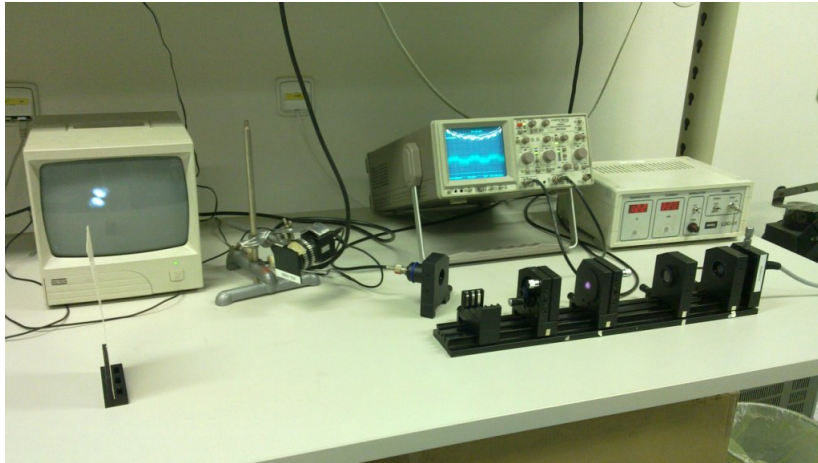


Obrázek 2: Počítačová simulace - Hermiteovské-Gaussovské módy - Obrázek 3: Počítačová simulace - Laguerreovské-Gaussovské módy

### 2.1.2 Popis aparatury

Používali jsme Nd:YAG laser, který byl buzen laserovou diodou o vlnové délce 808,4 nm. Aparaturu můžeme vidět na obr.č.4, používali jsme stavebnici MEOS 08. Obraz jsme zaznamenávali na kameru CMOS Mintron s televizním objektivem s ohniskovou vzdáleností 25 cm a blokovacím infračerveným filtr s RG 1000. Obraz z kamery jsme sledovali na monitoru a zaznamenávali pomocí grabovací karty.

Rozladění rezonátoru jsme prováděli pomocí šesti ladicích šroubů - čtyř pro nastavení polohy zrcadel a dvou pro samotnou diodu. Stavěcí šrouby zrcadel neumožňují náklon jen v kartézských souřadnicích, kombinace náklonů umožňuje dosáhnout i osově symetrických módů.



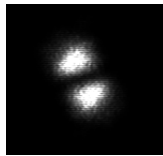
Obrázek 4: Aparatura

### 2.1.3 Výsledky

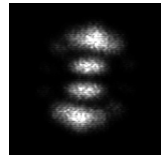
Naměřili jsme příčné profily základních módů (viz obrázky 5 - 11) a jejich superpozice (obr.č. 12 ).



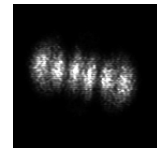
Obrázek 5: (0, 0)



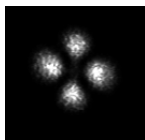
Obrázek 6: (0, 1)



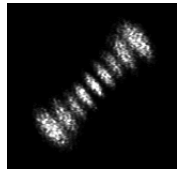
Obrázek 7: (0, 3)



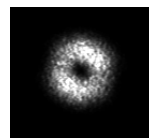
Obrázek 8: (0, 5)



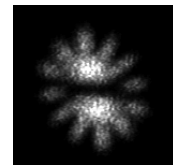
Obrázek 9:  
LG (0, 2), HG (1, 1)



Obrázek 10: (0, 8)



Obrázek 11: (1, 0)  
+ (0, 1)



Obrázek 12:  
Superpozice

## 3 Závěr

V tomto projektu jsme se seznámili s fyzikálním principem laserů, jejich různými typy, historií a aplikací.

Podařilo se nám rozladit rezonátor Nd:YAG laseru tak, abychom dostali jednotlivé Hermiteovské-Gaussovské a Laguerreovské-Gaussovské módy a jejich různé kombinace.

## Poděkování

Chtěli bychom poděkovat Fakultě jaderné a fyzikálně inženýrské ČVUT za zprostředkování miniprojektu a našemu supervizorovi Ing. Josefu Blažejovi, PH.D za pomoc s miniprojektem.

## Reference

Bahaa E. A. Saleh *Základy fotoniky - svazek 1*. matfyzpress, Praha 1994.