

Základní experimenty s lasery

Dan Jurda, Jan Povolný, Petr Zakopal

Gymnázium Velké Meziříčí, Gymnázium Brno, tř. Kpt. Jaroše 14

hmmmmm24@gmail.com, jan.povolny@gmail.com,

asterix2v@seznam.cz

Abstrakt:

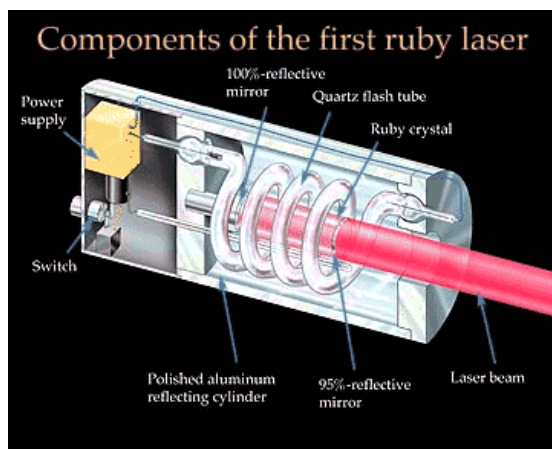
Naším cílem bylo seznámení se se základním fungováním laseru, experimenty s ním a jejich praktické využití. Měřili jsme divergenci laboratorního He-Ne laseru a běžného ukazovátka, která je využitelná na měření vzdáleností. Dále jsme zkoumali difrakci laseru na štěrbině a na optické mřížce. Pozorovali jsme lom světla ve vodě a hranolu a zkoumali lom v závislosti na vlnové délce laseru. Nakonec jsme se seznámili s Michelsonovým interferometrem.

1 Úvod

LASER = Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation

Český překlad je zesilování světla stimulovanou emisí záření. Je to zdroj optického záření.

Činnost laserů je založena na existenci absorpce a stimulované emise. Většina laserů funguje na principu 3 a 4 hladinových systémů.



Laser se skládá ze tří základních částí. Z aktivního prostředí (pevnolátkové, polovodičové, plynné, plazmatické), které umožňuje absorpci a emisi záření, zrcadel (první je polopropustné a druhé je 100% odrazné) a zdroje buzení, které je optické, elektrické, chemické, atd.

Obr. 1: Rubínový laser

Současné využití laserů je velmi široké. Ve zdravotnictví se využívají k očním operacím, chirurgii, stomatologii. Ve výrobě se pomocí laseru řeže, spojuje, vrtá, dají se zjišťovat vlastnosti a vady materiálů. V geodézii se s nimi měří vzdálenosti. Dnešní optické disky (CD, DVD, Blue-Ray) používají laser ke čtení a zapisování dat. V armádě se s lasery sestřelují rakety a používají se k zaměřování cílů.



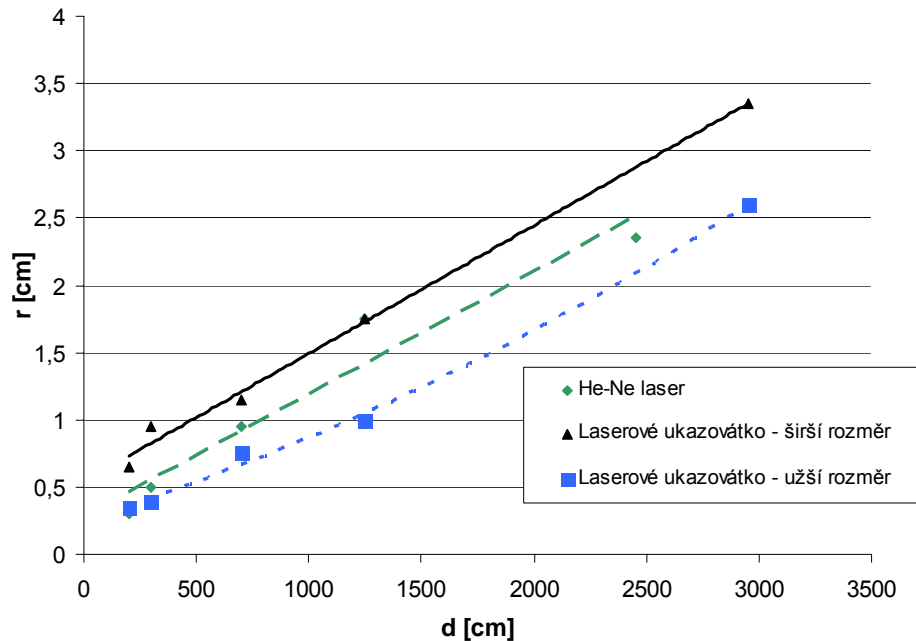
Obr. 2: Řezání laserem

2 Měření

Věnovali jsme se několika základním experimentům, na kterých jsme si demonstrovali využití laseru v praxi.

A. Divergence laserového svazku

Laser má malou rozbíhavost, proto je vhodný například k měření vzdáleností. Měřili jsme průměr svazku při různých vzdálenostech a pro různé lasery.



Graf 1: Divergence laserového ukazovátka a He-Ne laseru.

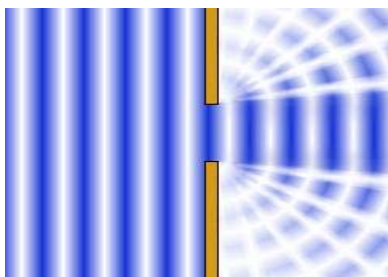
Z naměřených hodnot jsme vypočítali divergenční úhly laserů.

$$\alpha = \arctg\left(\frac{r}{d}\right)$$

r = poloměr svazku; d = vzdálenost od zdroje záření

Laser	α
He-Ne	0,079
ukazovátka - širší rozměr	0,121
ukazovátka - užší rozměr	0,067

B. Difrakce laserového svazku na štěrbině



Difrakce vlnění označuje jevy, které vznikají při průchodu vlnění otvorem nebo kolem překážky. Při průchodu vlnění štěrbinou o průměru srovnatelném s vlnovou délkou vlnění, pak vlnění proniká i za okraje překážky do tzv. geometrického stínu a vzniká tak ohybový jev (viz obr. 3). Když se 2 fotony setkají v opačných maximech intenzity, tak se vyruší (bílé místa v obr. 3), když se setkají ve stejných maximech intenzity tak za štěrbinou vniká výrazný bod.

Obr. 3: Difrakce na štěrbině

Proto je maximální intenzita ve směru vlnění a do krajů postupně slábne.

Pracovali jsme s He-Ne laserem o vlnové délce $\lambda = 594 \text{ nm}$, ten nám začal difraktovat při průchodu štěrbinou o průměru 685nm.

C. Difrakce laserového svazku na štěrbině

Dále jsme pracovali s tímž laserem a difrakční mřížkou. Naměřili jsme vzdálenost prvních 2 maxim od sebe, ve vzdálenosti 14cm od štěrbinu. Z toho jsme vypočítali α (úhel paprsku k ose mřížky).

$$\alpha = \arctg\left(\frac{a}{b}\right)$$

a = vzdálenost maxim; b = vzdálenost mřížky od stínítka

Dále jsme vypočítali d (vzdálenost vrypů na mřížce)

$$d = \frac{k \cdot \lambda}{\sin \alpha}$$

k = pořadí maxima od středu; λ = vlnová délka laseru

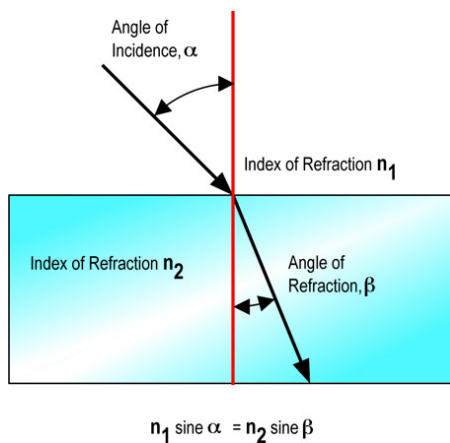
d nám vyšlo 1750 nm, což představuje 571 vrypů na 1 milimetr.

D. Lom světla

Lom světla je změna směru paprsků na rozhraní dvou optických prostředí. Experimentálně jsme si ověřili, že He-Ne laser s vlnovou délkou vyzařovaného svazku 543 nm (zelený) se ve vodním prostředí lámal méně než laser téhož typu s vlnovou délkou svazku 594 nm (oranžový).

lom ke kolmici

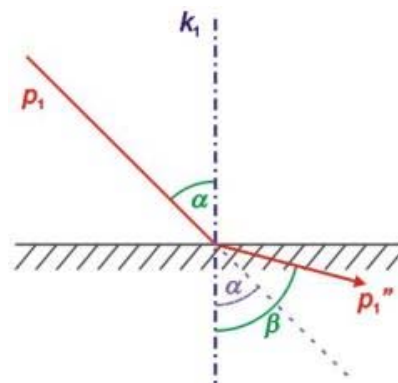
z opticky řidšího do opticky hustšího prostředí



Obr. 4: Lom ke kolmici

lom od kolmice

z opticky hustšího do opticky řidšího prostředí

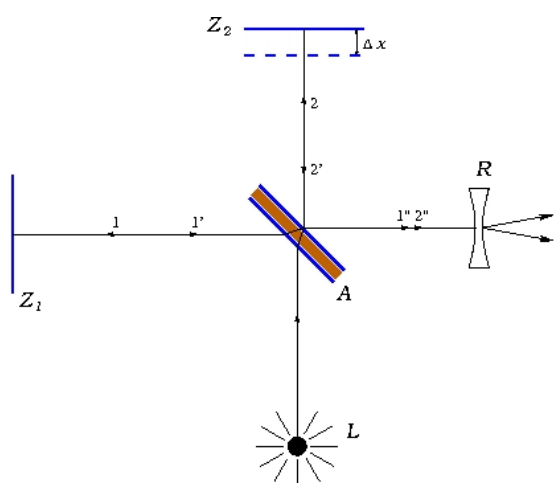


Obr. 5: Lom od kolmice

E. Michelsonův interferometr

První interferometr navrhl a sestavil Albert Abraham Michelson v roce 1881. Interferometry se používají na měření vlnových délek, rychlosti světla a její relativní změny.

Michelsonův interferometr se skládá ze zdroje světelných paprsků L , polopropustné skleněné destičky A , zrcadel Z_1, Z_2 , stínítka a rozptylky R . Světelný paprsek musí na polopropustnou skleněnou destičku dopadat přesně pod úhlem 45° .



Obr. 6: Konstrukce M. interferometru

neboť tato šířka je velmi blízká vlnové délce použitého laseru (594 nm).

Snažili jsme se určit mřížkovou konstantu předložené optické mřížky. Námi určená mřížková konstanta je $d = 1750$ nm, což představuje 571 vrypů na 1 milimetr. Tento údaj je v dobrém souladu s údajem uvedeným na mřížce (600 vrypů/mm).

Pomocí laserového svazku jsme pozorovali jev způsobený zákonem lomu. Zjistili jsme, že He-Ne laser s vlnovou délkou 543 nm (zelený) se ve vodním prostředí láme méně než laser s vlnovou délkou 594 nm (oranžový).

Sestavili jsme Michelsonův interferometr z He-Ne laseru, polopropustné skleněné destičky, stínítka, 2 zrcadel a rozptylné čočky. Na stínítku jsme pozorovali soustavu světlých proužků, které vznikaly v místech, kde se sčítala intenzita obou laserových svazků.

Poděkování

Děkujeme za podporu FJFI ČVUT a našim dvěma asistentům Šárce Vondrové a Liboru Škodovi.

Reference:

- [1] [HTTP://CS.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/DIFRAKCE](http://cs.wikipedia.org/wiki/Difrakce) 2010
- [2] [HTTP://CS.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/LASER](http://cs.wikipedia.org/wiki/Laser) 2010
- [3] [HTTP://CS.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/DIVERGENCE](http://cs.wikipedia.org/wiki/Divergence) 2010
- [4] [HTTP://IMAGES.GOOGLE.COM/](http://images.google.com/) 2010
- [5] VRBOVÁ, M. A SPOL.: ÚVOD DO LASEROVÉ TECHNIKY, ČVUT, PRAHA 1998