

CO₂ laser v kufříku

V. Fišer, Gymnázium E. Krásnohorské Praha, tydlitele@gmail.com

J. Kolovecký, Gymnázium Kolín, kulatak111@seznam.cz

B. Kocián, Gymnázium Vašavká cesta 1 Žilina, boriskocian@gmail.com

J. Sýkora, Gymnázium Christiana Dopplera Praha, josef.sykora@email.cz

16. 6. 2015

Abstrakt

Lasery sú vďaka svojim vlastnostiam často využívané nástroje. Táto práca v úvode predstavuje princíp CO₂ laserov, ďalej popisuje experimenty vykonávané pomocou približne dvadsať wattového infračerveného laseru. Bolo vykonané meranie výkonu a vlnovej dĺžky zväzku. Ďalej bola skúmaná transmisia a absorpcia rôznych materiálov. Na záver bola overená možnosť vytvárať predmety zatavovaním práškov.

1 Úvod

1.1 Stimulovaná emise a princíp laseru

Kvantová optika popisuje dosť komplexne chovanie svetla; je obecnější, než vlnová optika. Popisuje tri možné interakce fotonu a atomu.

K absorpcii dojde, když foton dopadne na atom a pohltí se. Na atomu se to projeví excitací na vyšší energii. Opačný děj je spontánní emise. Ta nastává náhodně. Projeví se sestupem elektronu na nižší energetickou hladinu a vyzářením fotonu o energii úměrné rozdílu energií hladin elektronu.

Pro lasery je fundamentální třetí interakce - stimulovaná emise. Ta nastává, když kolem excitovaného atomu proletí foton. Vyzářený foton bude mít stejné vlastnosti, jako proletující (budou mít stejnou frekvenci / vlnovou délku, budou ve fázi a poletí vedle sebe).

Slovo laser je zkratka (z Angl. Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation). Lasery aplikují principy kvantové mechaniky a optiky. Ač bylo takové zařízení popsáno již v roce 1917 A. Einsteinem, poprvé bylo sestrojeno v roce 1960.

Laser se většinou skládá z aktivního prostředí a dvou zrcadel (jednoho trochu propustného). Aktivní prostředí je takové prostředí, ve kterém jsou excitované atomy a kde tedy dochází ke stimulované emisi. Dohromady tvoří laserový rezonátor. Jeho frekvence (podle módu, musí se vlna vejít celočíselněkrát do rezonátoru) pak určuje frekvenci fotonů, které se doplní.

Světlo získané touto metodou má několik specifických vlastností:

- směrovost
- úzké nebo diskrétní frekvenční spektrum

- velký výkon
- fázová koherence

Jelikož použité prostředí a jeho vlastnosti (rezonanční frekvence) zásadně ovlivňují vlastnosti laseru (hlavně vlnovou délku), dají se lasery dělit podle použitého aktivního prostředí. Běžně dosažitelné vlnové délky se pohybují od desetin μm (UV světlo) po desítky μm .

Tabulka příkladů typů laserů.

Typ	rezonanční prostředí	vlnová délka
Nd:YAG	elektrony v atomech neodymu	1,06 μm
EDFA	elektrony v atomech erbia	1.55 μm
He:Ne	elektrony v atomech neonu	0.633 μm
diodový	Polovodičové přechody	0.4 μm
CO ₂	vibrace atomů uhlíku	10.6 μm

1.2 CO₂ lasery

V CO₂ laseru jsou základním principem rezonance vibračních popř. rotačních stavů molekul. Frekvence, na kterých oscilují molekuly jsou podstatně nižší, než frekvence, na kterých by oscilovaly elektrony (jako u většiny typů laserů), proto svítí na delších vlnových délkách. Výrobce našeho laseru uvádí frekvenci 28.3 THz (vlnová délka je tedy přibližně 10,6 μm).

Takové světo je poměrně vzdálené od viditelného spektra. Kvůli svému relativně velkému výkonu nachází takové lasery uplatnění hlavně v průmyslu.

2 Praktická část

Pracovali jsme s Ing. F. Domincem sestaveným přístrojem sestávajícím se z CO₂ laserové trubice SHTLKJ, regulovatelného zdroje a chladícího systému. Stanovili jsme si za cíl:

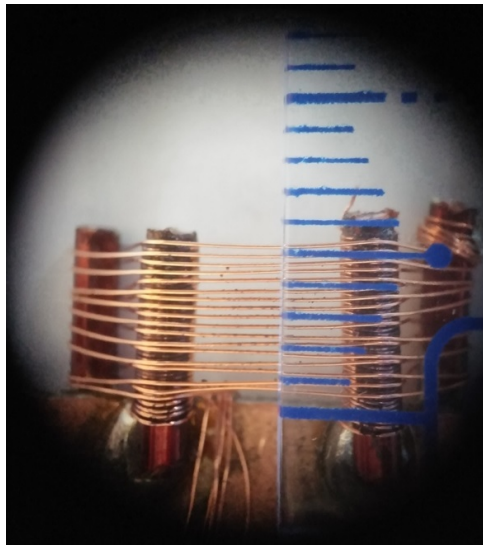
- stanovit vlnovou délku měřením difrakčních úhlů na známé mřížce
- ovlivnit laserový svazek čočkou
- pro vybrané materiály popsat chování při osvětlení laserem
- změřit výkon laseru
- vytvořit předmět spékáním kovových prášků

2.1 Určení vlnové délky

Difrakce je jev vlnové optiky, který nastává, když světlo dopadá na předměty velikostí srovnatelné s jeho vlnovou délkou. Pro náš IR laser jsme si vyrobili difrakční mřížky sami. Používali jsme měděný cívkový drát navinutý na rámečku.

Svazek jsme po průchodu mřížkou nechali dopadnout na stínítko z thermopapíru. Po přibližně 1 sekundě svícení se objevily difrakční řády na papíře. Z vypočteného difrakčního úhlu jsme stanovili naměřenou vlnovou délku na 6.4 μm . Odchylka od hodnoty udávané výrobcem je značná. Přisuzujeme ji nepřesné difrakční mřížce a spíše se kloníme k hodnotě udávané výrobcem.

Obrázek 1: Difrakční mřížka, v popředí pravítko



Obrázek 2: stopy po laseru na thermopapíru



2.2 Měření výkonu

Výkon laseru jsme měřili kalorimetrickou metodou. Použili jsme hliníkový kvádřík. Začali jsme stanovením jeho tepelné kapacity. Po této kalibraci známým tepelným zdrojem jsme směřovali laserový paprsek ve snaze nechat ho absorbovat kvádříkem. Prováděli jsme měření rozdílu teplot pro různé doby osvětlení. Náš laser vykazoval výkon přibližně 20,2 W.

2.3 Zkoumání reakcí různých materiálů na svazek

Prostupnost materiálů pro světlo se silně závislá na vlnových délkách. Ověřovali jsme proto, nakolik budou různé látky propouštět, odrážet či pohlcovat záření. Bohužel jsme neměli k dispozici přístroje pro přesné měření množství energie a proto jsme to množství spíše odhadovali. Naše měření tedy mají spíše orientační smysl.

Výsledky jsme zapisovali do následující tabulky

Obrázek 3: Výsledky pozorování materiálů pod laserem

Látka	Chování
uhlí	záření pohlcuje, ohřívá se a prská
stříbrné zrcadlo (cca 100nm Ag @ sklo)	odráží
sklo	dobře pohlcuje, taví se a prská
0,5mm křemík	přibližně polovinu propouští a polovinu odráží
0,5mm křemík pozlacené	odráží
síra	pohlcuje, okamžitě se taví
suchý led	velmi dobře propouští
sůl kamenná	dobře propouští, po chvíli prská

Obrázek 4: Banán přeríznutý laserem

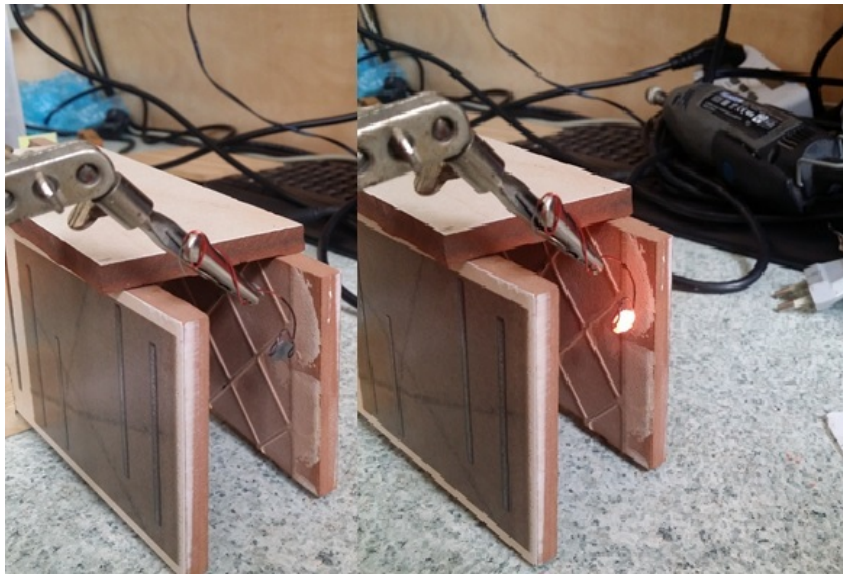


2.4 Ovlivňování svazku čočkou

U čočky pro takovéto světlo je stěžejní volba materiálu. Běžné skleněné čočky použít nelze, neboť jimi světlo neprochází. Nakonec jsme zvolili křemík jako materiál pro výrobu. Z 0,25 mm tlustého kusu křemíku jsme postupným broušením na brusném papíře vyrobili spojku.

Experimenty s ní ukázaly, že křemík nemá dobré optické vlastnosti. Takto malý kousek se rychle zahřál a klesala jeho transmise. Po několika sekundách se čočka vždy rozžhavila.

Obrázek 5: čočka za studena a po pár sekundách běhu



2.5 Tavení práškových materiálů

Na závěr jsme ověřovali možnost tavení práškových materiálů takovýmto laserem. Tento princip se již v průmyslu používá při 3D tisku. Z práškových materiálů jsme zkusili cukr, hliník a železo. Kvůli špinavosti materiálů a nedostatečně fokusovanému svazku se nám výroba předmětů příliš nepovedla.

3 Shrnutí

Seznámili jsme se s funkčním modelem výkonného IR CO₂ laseru. Prováděli jsme různá měření: ověřili jsme základní parametry laseru a zkoumali jsme reakce různých látek na silný laserový svazek. Přínos této práce spočívá hlavně v popsání chování některých látek (např. suchý led).

Poděkování

Chtěli bychom poděkovat fakultě jaderné a fyzikálně inženýrské a jmenovitě Ing. V. Svobodovi za organizaci TV@FJFI a za poskytnutí prostor. Dále v neposlední řadě Ing. F. Domincovi, našemu supervizorovi za poskytnutí cenných informací a zkušeností, zasvěcení do problematiky a zapůjčení laseru.