

CO₂ laser v kufříku

Garant: Filip Dominec

Studenti:

O. Hladík

ondra550@gmail.com - Gymnázium Dr. Emila Holuba v Holicích

M. Vondrák

vondrak.m@gymjat.org - Gymnázium Jateční 22 v Ústí nad Labem

M. Werner

wernermich@gmail.com - Gymnázium Elišky Krásnohorské, Praha

J. Šafran

jindrasafran@gmail.com - RG a ZŠ města Prostějova

P. Souček

pa.soucek@seznam.cz - Gymnázium Nymburk

Laboratoř fyzikálních praktik FJFI, Břehová 7, Praha

Abstrakt:

Na miniprojektu „CO₂ laser v kufříku“ jsme se seznámili se základními teoretickými principy laseru. Také jsme prováděli řadu experimentů s CO₂ laserem, jehož parametry jsme důkladně proměřili. Poté jsme prováděli experimenty s infračerveným zářením emitovaným tímto laserem a jeho interakcemi s různými materiály.



Obrázek 1- fotografie použitého CO₂ laseru

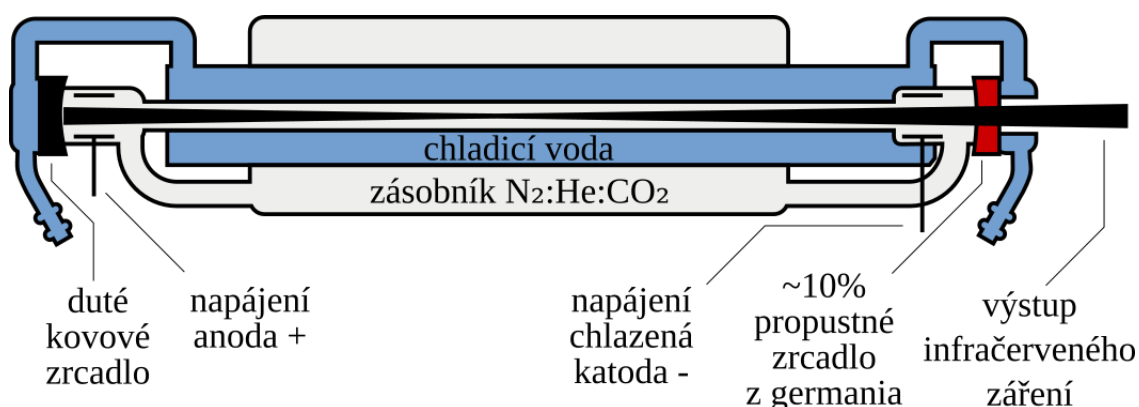
1. Teorie

Elektromagnetické záření

Elektromagnetické záření je všudypřítomné. Jakýkoliv elektrický náboj pohybující se s nenulovým zrychlením vyzařuje elektromagnetické vlnění. Toto vlnění lze charakterizovat pomocí frekvence, fáze a směru. My jsme se zabývali koherentním svazkem infračerveného záření z výkonného CO₂ laseru.

Princip laseru

Termín laser pochází z anglického **L**ight **A**mplification by **S**timulated **E**mission of **R**adiation. Mezi dvěma elektrodami necháme probíhat nízkotlaký výboj, který v aktivním prostředí excituje atomy a molekuly přejít do vyšší energetické hladiny. Ty pak při přechodu do základního stavu pak vyzáří foton. V laseru k tomuto dochází prostřednictvím stimulované emise při interakci s elektromagnetickým zářením, tak vyzářený foton přijme vlastnosti tohoto záření, tedy bude mít stejnou frekvenci, fázi i směr. Toto záření se pak odráží od zrcadel na obou koncích, z nichž jedno je polopropustné. Lasery jsou používány kvůli některým svým vlastnostem, ty jsou například směrovost, monochromaticnost a vysoká hustota výkonu. Mezi obvyklé druhy laserů patří například He-Ne laser, diodový laser, CO₂ laser atd.



Obrázek 2 - schéma CO₂ laseru

CO₂ laser

V případě CO₂ laserů je aktivním prostředím nejenom oxid uhličitý, ale také dusík a helium. Pro stimulovanou emisi se pak používá přechod mezi vibračními stavy atomů uhlíku v molekule CO₂. Jedná se o jeden z nejstarších druhů laseru. Záření, které je jím generováno, se svojí vlnovou délkou řadí mezi infračervené záření. Nejčastěji bývají udávány vlnové délky 9,4 μm a 10,6 μm.

2. Praktická část

Použitý laser

Námi použitý CO₂ laser měl jmenovitý výkon 40 W. Laser byl celý chlazen vodou, včetně obou zrcadel. Polopropustné zrcadlo bylo vyrobeno z germania.

Měření výkonu

Pro určení výkonu jsme použili hliníkový kalorimetr. Nejprve jsme u něj provedli několik měření s normovaným zdrojem tepla. Tím jsme změřili tepelnou kapacitu kalorimetru. Následně jsme kalorimetr ohřívali pomocí laseru. Výkon laseru se dle těchto měření pohybuje okolo 20 W. Přesnost měření je sporná, protože kalorimetr nebyl dobře tepelně izolován od okolí. I přes to má toto měření jistou vypovídací hodnotu. Důvodem nižšího výkonu, než je jmenovitý výkon, může být nízký výkon zdroje.

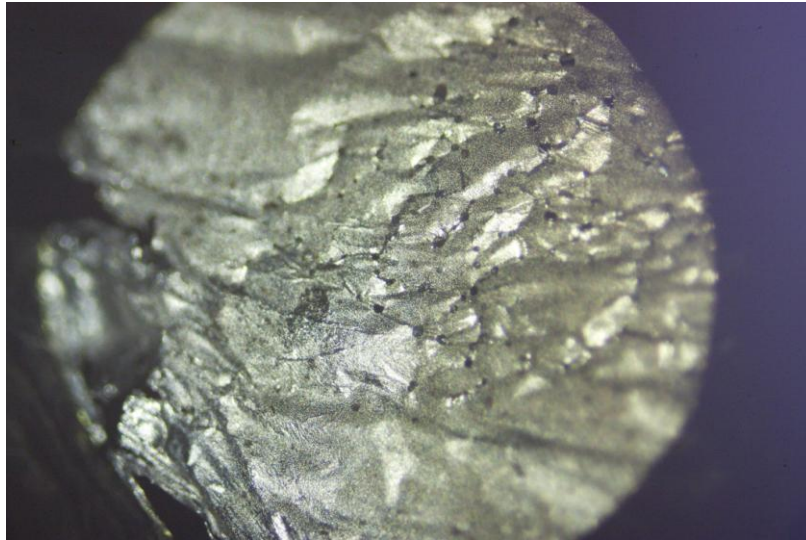
Měření vlnové délky

Vlnová délka byla měřena na difrakčních mřížkách vlastní výroby. Mřížky byly zhotoveny z tenkého lakovaného drátku. Z experimentů nám vyšla vlnová délka 8,8 μm, což se od výrobce udávaných 10,6 μm zaokrouhleně liší o 17%. Tato odchylka může být dána jak nepřesností měření, tak tím, že laser emituje jinou frekvenci, než udává výrobce.

Interakce infračerveného záření s materiály

Díky odlišné vlnové délce záření generovaného našim laserem může docházet k nečekaným interakcím. Materiály běžně průhledná mohou být pro infračervené záření naprosto neprostupné, zatímco některé neprůhledné materiály, třeba křemík nebo germanium, jsou za určitých podmínek prostupné tímto zářením.

Kovové předměty většinou odolaly. Jediným čistě kovovým předmětem, který se propálil, byl alobal. Domníváme se, že to bylo z toho důvodu, že se v něm vytvořily povrchové proudy při odrazu, a ty způsobili ohřev alobalu. Ten pak rychle zoxidoval, čímž vznikl korund.



Obrázek 3 - alobal po sežehnutí laserem

Polovodiče měnili své vlastnosti v závislosti na teplotě. Za studena byly velmi dobře propustné, avšak po zahřátí začaly ovšem laser odrážet.

Sklo se při ozáření laserem začalo tavit a vypařovat. Dalším důsledkem zvýšení teploty byla expanze skla, která postupně zvyšovala vnitřní napětí. Po dosažení určité úrovně došlo k explozi skla. Obdobně na tom byli i další běžně průhledné materiály, které se ukázali být nepřekonatelnou překážkou pro infračervené záření.



Obrázek 4 - praskliny ve skleněném vzorku a usazeniny vypařeného skla na povrchu

Závěr

Prohloubili jsme své znalosti v oboru laserové technologie a vlnové optiky. Provedli jsme řadu zajímavých experimentů, které nám poskytly hlubší vhled do fyzikálních principů, které obestírají tuto problematiku. Zjistili jsme chování některých materiálů vystavených infračervenému záření, pozorovali jsme jeho difrakci a proměřili jsme jeho parametry.