



UNIVERZITA KARLOVA
Matematicko-fyzikální
fakulta

Posudek doktorské disertační práce Ing. Milana Franka: *Generace ultrakrátkých laserových impulsů v blízké infračervené oblasti*

Disertační práce je zaměřena na výzkum a vývoj laserových zdrojů pikosekundových pulsů v blízké infračervené spektrální oblasti. Zmíněná spektrální oblast je velmi zajímavá z aplikačního hlediska, a proto vývoj zdrojů záření s rozmanitými výstupními parametry je stále předmětem výzkumné práce ve světovém měřítku. Práce je proto velmi aktuální. V posledním období se laditelnosti pulsů generovaných laserovými systémy dosahuje kombinací laserů se zařízeními založenými na nelineárních optických jevech, jako je například optická parametrická generace, generace rozdílových frekvencí, generace kontinua v dutých či fotonických optických vláknech, nebo stimulovaný Ramanův rozptyl. Tématem předložené disertační práce je vývoj a výzkum ramanovských laserů s externím rezonátorem, které jsou čerpány synchronně pulsním pikosekundovým laserovým systémem Nd:GdVO₄.

Práce má převážně experimentální charakter, ale zahrnuje též obsáhlou a důležitou část teoretického modelování dynamiky generace pulsů v ramanovském laseru. Je poměrně rozsáhlá (celkově 150 stran), je napsána velmi přehledně a její text je členěn do 9 kapitol. Po úvodu a vyjmenování cílů práce jsou v kapitole 3 (Současný stav problematiky) uvedeny základní relevantní pojmy a jevy. Podrobné údaje o laserech a ramanovských laserech a materiálech, jak byly získány jinými autory, jsou v práci velmi vhodně zařazeny do dalších kapitol, do míst, kde je možné je přímo srovnávat s výsledky disertace. V kapitole 4 je přehled metod a přístrojů použitých v experimentální práci. Hlavní výsledky práce jsou uvedeny v kapitolách 5 a 6. V páté kapitole je podrobně popsán postup optimalizace laserového systému (oscilátor a jednorůchodový zesilovač) s aktivním prostředím Nd:GdVO₄. Kapitola 6 obsahuje postup

experimentální práce a získané výsledky při vývoji a výzkumu ramanovských laserů. Práci uzavírají kapitoly 7 a 8 přinášející krátkou diskusi získaných výsledků a jejich přínos a aplikační využití. Práce obsahuje seznam použité literatury, který se mi zdá být na disertační práci poněkud rozsáhlý, uvádí se 541 odkazů.

Publikační činnost Ing. Franka je podle mého názoru možné považovat za velmi bohatou. S tématem disertace souvisí šest recenzovaných článků (např. v časopise Opt. Lett s impaktním faktorem 3.8), na kterých je uveden jako první autor, a dalších 13 konferenčních příspěvků. Jeho seznam publikací zahrnuje také další 3 recenzované publikace a 8 konferenčních příspěvků.

Autor v práci podrobně popisuje jednotlivé experimentální kroky, uvádí naměřená data a zdařile je interpretuje, často nabízí intuitivní vysvětlení pozorovaných závislostí. Z textu je zřejmé jeho mimořádné zaujetí, soustředěnost a pečlivý, systematický přístup k práci v laboratoři. V textu se však autor nevyhnul častému výskytu výrazů laboratorního slangu. Například, domnívám se, že v mnohokrát užívaném spojení „ramanovský laser“ by se mělo užívat malé „r“. Časté označení Stokesových komponent jen jménem, jako například „1. Stokes“ působí často překvapivě („první a kombinovaný Stokes“, „1. Stokes je silnější než 1.1. Stokes“). Text je jinak psán velmi pečlivě, všiml jsem si pouze zanedbatelného počtu překlepů či nedostatků (abych uvedl alespoň dva: na str. 43, obr. 5.15 je uvedena hodnota parametru delta 0,1 ale o řád menší chyba, v kapitole 5 se často používá pojmu „absorbovaný výkon“, nenalezl jsem ale přesnou definici). Grafická úprava celé práce je na vysoké úrovni.

S velkým zaujetím jsem četl kapitolu o jednotlivých krocích a dílčích měřeních směřujících k optimalizaci laseru a zesilovacího stupně pikosekundového laseru Nd:GdVO₄. Hlavní částí práce je však bezesporu kapitola 6, kde je podrobně rozebírán ramanovský laser se synchronním čerpáním. Velmi oceňuji zejména část, která se věnuje modelování dynamiky formování pulsů, srovnání s experimentálními daty a podrobné interpretaci výsledků, které autor vysvětluje i názorně. Velmi zajímavá je generace záření pomocí užití Ramanova rozptylu na dvou vibračních modech. Autor zde dále popisuje ramanovské lasery založené na řadě vybraných materiálů. V kapitole jsou uvedeny výsledky, které jsou zcela nové a původní, z hlediska jevového nebo z hlediska materiálového. Výsledky, které shrnul do přehledné tabulky 6.3, se stanou jistě součástí budoucích přehledů realizovaných ramanovských laserů.

Podstatná část výsledků práce byla publikována v čiáncích, které prošly recenzním řízením. Pro diskusi při obhajobě mám proto jen několik dotazů:

1. Jaká byla stabilita výstupu z ramanovských laserů pokud jde o střední výkon, délku pulsu a zaměření svazku? Jaká byla dlouhodobá stabilita ramanovských synchronně čerpaných laserů?
2. Pro krystaly používané jako prostředí pro stimulovaný Ramanův rozptyl jsou v práci uvedena klasická Ramanova spektra. Byly také měřeny jejich jiné optické parametry jako lineární optická absorpce nebo rozptyl (které by mohly vést k pasivním ztrátám)? Jsou známé parametry nelineárních optických jevů (autofokusace nebo vícefotonová absorpce), které by mohly ovlivňovat dynamiku ramanovského laseru?
3. Autor by možná mohl v diskusi vyzdvihnout přednosti vyvinutého systému ve srovnání s alternativními pulsními zdroji světla v dané spektrální oblasti.

Závěrem velmi rád konstatuji, že předložená disertační práce se podle mého názoru zabývá velmi aktuální problematikou, obsahuje řadu původních výsledků významných pro výzkum i pro aplikace zdrojů světla v blízké infračervené oblasti, a doporučuji ji proto k obhajobě. Ing. Milan Frank prokázal svou disertační prací i bohatou publikační činností schopnost samostatné vědecké práce a proto doporučuji, aby mu byl, po úspěšné obhajobě, udělen titul Ph.D.

V Praze dne 5. 11. 2020


prof. RNDr. Petr Malý, DrSc.

Prof. RNDr. Petr Malý, DrSc.

Katedra chemické fyziky a optiky
Ke Karlovu 3, 121 16 Praha 2
telefon: 22191 1260
fax: 22191 1249
e-mail: pmaly@karlov.mff.cuni.cz