

# Oponentský posudek

disertační práce na téma

## Ultrarychlé vysoce nelineární procesy v diamantu

Vypracoval: **Mgr. Miroslav Kloz, PhD**

Předložená disertační práce Martina Zuckersteina se zabývá důkladnou analýzou základních nelineárních procesů při interakci femtosekundových pulsů se strukturou diamantu. Experimentální výsledky jsou opřeny o důslednou teoretickou analýzu. Doslova všechny pozorované jevy a měřené signály jsou komentovány a hypotézy o jejich příčinách jsou formulovány. V tomto smyslu práce vytváří velmi vyčerpávající pojednání o chování diamantu při interakci s ultrakrátkými pulzy v oblasti s centrální vlnovou délkou okolo 800 nm (Titan safírový laser). Vědecká relevance předložených výsledků je již sama o sobě verifikována úspěšnou publikací v impaktovaných vědeckých časopisech. Na práci především oceňuji vysokou míru ucelenosti, která z ní činí téměř ideální studijní materiál a referenci pro jakoukoli práci na materiálech na diamantové bázi.

Po formální stránce lze práci velmi málo vytknout. Přejde mi trochu zbytečné vůbec zmiňovat v úvodu CEP stabilizaci, když práce nakonec s daným fenoménem vůbec nepojednává ani teoreticky ani prakticky nicméně je zřejmé, že to je jedním z dlouhodobých cílů daného výzkumného záměru.

Po obsahové stránce bych rád okomentoval několik bodů:

Na straně 19 je uvedeno, že stříbrná zrcadla mají v celém spektrálním rozsahu odrazivost 99%. Tento výrok podle mého názoru není korektní. Metalická zrcadla nikdy nepřesahují odrazivost 96%. Je možné, že šlo o metalická zrcadla s dielektrickým posílením odrazivosti. Zrcadla s odrazivostí nad 99% s kvalitní korekcí GVD v oblasti 650-950 existují, ale vždy jde o dielektrická, nebo kombinovaná.

Na straně 21 je zmiňováno, že se pulz na vzduchu roztáhne ze 7fs na 11fs, nicméně tento výrok vyžaduje udání vzdálenosti, jakou pulz na vzduchu cestuje.

Na straně 31 je zmiňováno, že Stimulovaný Ramanovský rozptyl je v citované práci uváděn jako hlavní příčina rozšiřování spektra a to je spojeno s předpokladem srovnatelné délky pulzu s periodou vibrace. Podle mého názoru kratší pulzy jsou vždy účinnější v generaci stimulovaného Ramanovského rozptylu. Není nutné, aby byla délka srovnatelná, naopak, čím je pulz kratší než vibrace, tím je impulzivní Ramanovská interakce silnější. Nicméně souhlasím, že SRS není hlavním procesem roztažení spektra při generaci superkontinua.

Na straně 44 je zmiňováno, že je pětifotonová absorpce závislá na polarizaci, což odporuje optické isotropii diamantu. Je zmiňována možná změna odrazivosti zrcadla pro různé polarizace. Nejsem odborník na diamanty, ale u celé řady materiálů je známo, že v nelineárním režimu začínají být neizotropní. Některé izotropní materiály jsou pro multifotonové absorpce dvojlomné. Například při generaci superkontinua je orientace krystalu téměř vždy relevantní.

Zajímalo by mě, proč jsou na obrázku 21 na straně 59 vynechány nižší frekvence pod 15 THz. Při experimentech v časové doméně jsou vysoké frekvence limitované minimální délkou pulzu, ale nižší frekvence pouze délkou časového skenovaného okna.

Podobně by mě zajímalo, proč je na straně 60 uvedeno, že byl signál fitován dohasínající oscilací. V jiných částech práce se signál analyzuje přímo Fourierovou analýzou. Z mého pohledu jde v podstatě o to samé. Dozajista existují situace, kdy je fitování oscilující funkcí vhodnější než přímá Fourierova transformace, například, pokud se fáze či amplituda oscilace v čase komplikovaným způsobem vyvíjí, ale měly by tedy tyto důvody být čtenáři objasněny.

Na straně 62 jsou zmiňovány postranní frekvence, které mají lineární závislost na intenzitě, což činí jejich původ z pohledu autora velmi nejasný. Zajímalo by mě, zda nejde o Ramanovské kaskádové signály, jaké jsou rozebírány například v článku: Mehlenbacher R. et al., J. Chem. Phys. **131**, 244512 (2009). Tyto kaskády výrazně omezují možnost pozorování anharmonických coupling vibrací pomocí Ramanovské spektroskopie.

Na straně 67 je uvedeno, že Ramanovská spektroskopie používá kontinuální laser a nelze s ní získat informace o dynamice fononů. Tento výrok bych označil za nepřesný. Existují femtosekundové techniky jako například FSRS, které jsou stále formálně chápány jako Ramanovské spektroskopie. Nicméně chápu, že to je poněkud terminologická otázka. V každém případě pozorování koherentních oscilací fononů v časové doméně není jediný způsob, jak studovat dynamiku fononů. Ale souhlasím, že jde vždy ultrarychlé spektroskopie.

Mimo tyto drobné připomínky a dotazy je práce jak rozsahem, tak obsahem a formou prezentace na vysoké úrovni. Disertační práce dle mého názoru splňuje všechny požadavky kladené na práce tohoto druhu a ukazuje schopnost autora provádět samostatnou vědeckou práci; proto ji doporučuji k obhajobě.

V Praze dne 4. 9. 2020

Mgr. Miroslav Kloz, PhD  
Fyzikální ústav AVČR  
Na Slovance 2  
182 21 Praha 8