

Oponentský posudek disertační práce RNDr. Martina Kozáka

„Studium optických nelinearit v polovodičích a polovodičových nanostrukturách“

Předložená disertační práce se zabývá výzkumem tří různých typů polovodičových materiálů metodami femtosekundové laserové spektroskopie: monokrystalického diamantu, nanokrystalických diamantových membrán a supermřížek nanokrystalů křemíku v SiO_2 . Zvolené téma dobře reflektuje současný celosvětový zájem o diamant i nanokrystalické formy polovodičů, který je motivován jednak jejich potenciálním uplatněním v optoelektronických aplikacích, ale i snahou o detailní pochopení fyzikálních procesů probíhajících v těchto materiálech.

Práce, psaná česky výstižným, ale čtivým stylem s minimálním množstvím chyb a překlepů, je rozdělena do tří kapitol. Úvodní teoretická kapitola je velmi stručná, na pouhých šesti stránkách shrnuje základní principy použitých experimentálních technik a specifikuje použité laserové a detekční systémy. Stručnost v tomto případě však není dle mého názoru na závadu, neboť autor pak na příslušných místech experimentální části poměrně detailně vysvětluje specifika jednotlivých experimentů.

Těžiště práce spočívá v rozsáhlé kapitole 2, zaměřené na monokrystalický diamant. Ke studiu dynamiky excitonů a elektron-děrové kapaliny doktorand využívá dlouhou řadu experimentálních technik ultrarychlé optické spektroskopie, např. časově rozlišenou fotoluminiscenci, vícefotonové buzení, z-sken indukovanou mřížku, metodu excitace a sondování. Autor získává množství dobře podložených kvantitativních výsledků, navrhuje dva nové typy experimentů pro charakterizaci difúze a povrchové rekombinace excitonů a rozvíjí problematiku již dříve pozorované elektron-děrové kapaliny v diamantu o studium dynamiky její kondenzace a vypařování elektron-děrové kapaliny pomocí třetího pulsu.

Třetí kapitola pak shrnuje výsledky měření na dvou nanokrystalických materiálech: generaci druhé a třetí harmonické frekvence na nanokrystalických diamantových membránách a nelineární jevy spojené s přechodnou absorpcí a difúzí nosičů v supermřížkách křemíku v SiO_2 .

V rámci práce doktorand provedl řadu originálních pozorování a dosáhl množství původních kvalitativních i kvantitativních výsledků. Získané výsledky autor velmi podrobně a s porozuměním diskutuje a interpretuje, přičemž pro hledání vhodných modelů podporujících svá tvrzení i dostupných hodnot měřených veličin na vynikající úrovni využívá dostupnou literaturu.

K práci mám jen několik málo připomínek a dotazů:

1. Ze spektra třífotonového absorpčního koeficientu v diamantu získaného metodou z-scan (obr. 2.10) je vyvozeno, že se ve skutečnosti pravděpodobně nejedná o třífotonový proces, nýbrž o nepřímou dvoufotonovou absorpci s účastí fononu. V dalším textu i v závěru kapitoly je však pro daný proces nadále užíván pojem třífotonová absorpce. Je zde takto nazýván obecně děj, u něhož platí kubická závislost na intenzitě buzení nebo se tedy jedná o kombinaci třífotonového a nepřímého dvoufotonového procesu?

2. Kapitole 2.6, ve které se stanovuje difúzní koeficient a doby života dvěma novými metodami a metodou indukované mřížky, by prospěla závěrečná tabulka porovnávající naměřené hodnoty jednotlivými metodami a krátký komentář shrnující citlivost a podmínky a limity použití nových metod.
3. Jak je stabilní pasivace křemíkových nanokrystalů vodíkem v supermřížkách? Bylo pozorováno stárnutí vzorků?

Závěrem mohu konstatovat, že předložená práce je na výborné vědecké úrovni, jak dokazuje i množství autorových publikací v recenzovaných časopisech a prezentací na mezinárodních konferencích; v sedmi z devíti prací je navíc pan Kozák uveden jako první autor. Z celé práce je velmi dobře patrné doktorandovo velké zaujetí pro experiment i snaha o precizní interpretaci výsledků podloženou mnoha doplňujícími měřeními i dostupnými modely z literatury. Předložená disertace podle mého názoru bohatě splňuje požadavky kladené na tento typ práce a jednoznačně prokazuje předpoklady autora k samostatné vědecké práci, proto ji doporučuji k obhajobě.

V Praze dne 22.8.2013

RNDr. Kateřina Herynková, Ph.D.

Fyzikální ústav AV ČR