

Posudek habilitační práce Dr. Pavla Galáře

Habilitační práce pana Dr. Pavla Galáře sleduje jeho vědeckou práci v průběhu posledních 11 let. Ústředním tématem jsou polovodičové nanostruktury: křemíkové kvantové tečky, halogenidové perovskity a nanokrystalický diamant. Práce má formu komentovaného souboru publikací v rozsahu 88 stran komentáře a 9 příložených publikací. Je členěna do pěti kapitol. První kapitola představuje úvod do problematiky spojený s rozsáhlým přehledem dostupných odborných prací.

Druhá a třetí kapitola se zaměřují na křemíkové nanostruktury (vývoj nových typů reaktorů pro přípravu křemíkových nanostruktur metodou netermálního plazmatu a zavedení konceptu dominantní fazety jako faktoru určujícího povrchové vlastnosti křemíkových kvantových teček) a jejich povrchové modifikace plazmaticky aktivovanou vodou. S danými kapitolami je spojeno devět publikací předkladatele.

Čtvrtá kapitola je věnována analýze relaxačních procesů v hybridních strukturách halogenidových perovskitů. Výsledky byly publikovány ve dvou článcích v odborných časopisech.

Poslední, pátá kapitola, je věnována nanokrystalickému diamantu. Zde byla studována dynamika rekombinace spojená s přítomností nekystalické fáze mezi krystalickými zrnky diamantu. Nejsem si jistý, zda byl naplněn záměr porozumět vlivu příslušných procesů na rekombinaci fotoexcitovaných nosičů přímo v diamantu, protože byla volena excitace pod absorpční hranou diamantu a není tedy jasné, zda se příslušné rekombinační procesy nacházejí v rekombinačních kanálech nosičů excitovaných přímo v diamantu, tedy nad jeho absorpční hranou. Získané výsledky byly konzistentní s další studií zaměřenou na separaci nosičů náboje v hybridní struktuře nanodiamantu a vodivého polymeru. Výsledky byly publikovány ve dvou článcích v odborných časopisech.

Vědeckou úroveň práce hodnotím převážně jako dobrou, v mezinárodním měřítku kompetitivní. To dokládají i četné publikace v kvalitních recenzovaných časopisech (převážně spadajících do 1. nebo 2. kvartilu podle pořadí v příslušných oborech) a jejich přiměřený citační ohlas. Zejména bych vyzdvihl povrchovou modifikaci křemíkových kvantových teček plazmaticky aktivovanou vodou s vysokým obsahem dusíku. Výjimku představuje koncept dominantní fazety křemíkových nanokrystalů, který je vysoce originální a má potenciál (jehož naplnění zatím není jisté) podstatným způsobem prohloubit poznání v celé široké oblasti polovodičových nanokrystalů. Tento výsledek lze nepochybně považovat za excelentní.

K celé práci mám dvě zásadnější výhrady. První z nich se týká jazykové a typografické úpravy, která není příliš dobrá. Práce obsahuje četné překlepy, pravopisné a syntaktické chyby. Namátkou uvádím ze strany 34 "nenašly zásadního ... uplatnění" (správně zásadní uplatnění), "jsou tvořeny halogenidovým aniont" (správně halogenovým aniontem), "kationtem bivalentního kovu na pozici B (nejčastěji Pb+) tvořící anorganickou osmistěnnou strukturu" (správně tvořícím) a "má za následek nízkou hodnotu efektivní hmotnosti elektronů i děr (0,23 m_0 , respektive 0,29 m_0), a tedy vysoké mobility" (správně vysokou mobilitu, "respektive" je chybně použito ve smyslu anglického respectively).

Vlastimil Křápek

Vysoké učení technické v Brně

Fakulta strojního inženýrství a Středoevropský technologický institut

Technická 2896/2, 616 69 Brno

Druhá výhrada se týká sekce 1.1 Vlastnosti polovodičů, která má představovat úvod do nezbytné teorie pro méně zkušené čtenáře. Tato sekce obsahuje řadu nepřesných a zavádějících tvrzení, například na straně 8 "Elektrony ve valenčním pásu jsou pevně vázány k atomům a nepřispívají k el. vodivosti látky" (zpravidla nejsou pevněji vázány ve smyslu nižšího přeskokového integrálu a tím i menší šířky pásu), na straně 10 "vodivostní pás u nich bývá označován jako nejnižší neobsazený molekulární orbital" (nejnižší neobsazený orbital, LUMO, odpovídá hraně pásu), na straně 11 "Vzdálenost mezi maximem zakázaného a minimem vodivostního pásu není pro všechny elektronové stavy na hraně zakázaného pásu stejná, ale je závislá na hybnosti elektronu v daném stavu." (minima a maxima jsou definována přes celou Brillouinovu zónu, pro daný k-vektor máme v pásu jedinou energii a nemá smysl mluvit o extrémech) nebo na straně 16 "vytváření diskrétních energetických stavů v kvantových tečkách se projevuje až v tzv. režimu silného kvantově-rozměrového jevu" (pojem silného kvantového uvěznění se vztahuje k porovnání energie spojené s kvantovým uvězněním a Coulombovské energie, diskrétní stavy můžeme pozorovat i v režimu slabého uvěznění). Kvůli těmto nepřesnostem se nepodařilo naplnit záměr poskytnout začátečníkům teoretický úvod do problematiky polovodičových nanostruktur.

V rozpravě navrhuji zaměřit se na následující témata:

- (i) Existuje souvislost mezi dominantní fasetou a rozložením velikosti křemíkových kvantových teček, nebo lze tyto vlastnosti ladit nezávisle?
- (ii) Podařilo se uplatnit patentovanou modifikaci povrchu kvantových teček plazmaticky aktivovanou vodou s vysokým obsahem dusíku, ať už formou využití v dalších výzkumných skupinách nebo formou vývoje komerčního produktu?
- (iii) U studia rekombinačních procesů v nanokrystalickém diamantu je excitační energie zpravidla nižší než energie zakázaného pásu diamantu a diskutovaná fotoluminiscence se týká výhradně spektrální oblasti pod absorpční hranou. Jaká je relevance příslušných rekombinačních procesů pro rekombinaci nosičů náboje excitovaných do vodivostního či valenčního pásu nanodiamantu?

Závěrem konstatuji, že předložená habilitační práce dokládá vysokou odbornou úroveň pana doktora Galáře. Doporučuji práci přijmout a na jejím základě udělit vědeckopedagogický titul docent.

V Brně 6.6. 2025

Vlastimil Křápek

Vlastimil Křápek

Vysoké učení technické v Brně

Fakulta strojního inženýrství a Středoevropský technologický institut

Technická 2896/2, 616 69 Brno