

Posudek práce

předložené na Matematicko-fyzikální fakultě
Univerzity Karlovy

posudek vedoucího
 bakalářské práce
 posudek oponenta
 diplomové práce

Autor: Jakub Sanitrák
Název práce: Studium elektrických polí v karbidu křemíku
Studijní program a obor: Fyzika
Rok odevzdání: 2023

Jméno a tituly vedoucího: RNDr. Václav Dědič, Ph.D.
Pracoviště: Univerzita Karlova, Matematicko-fyzikální fakulta, Fyzikální ústav UK
Kontaktní e-mail: vaclav.dedic@matfyz.cuni.cz

Odborná úroveň práce:

vynikající velmi dobrá průměrná podprůměrná nevyhovující

Věcné chyby:

téměř žádné vzhledem k rozsahu přiměřený počet méně podstatné četné závažné

Výsledky:

originální původní i převzaté netriviální kompilace citované z literatury opsané

Rozsah práce:

veliký standardní dostatečný nedostatečný

Grafická, jazyková a formální úroveň:

vynikající velmi dobrá průměrná podprůměrná nevyhovující

Tiskové chyby:

téměř žádné vzhledem k rozsahu a tématu přiměřený počet četné

Celková úroveň práce:

vynikající velmi dobrá průměrná podprůměrná nevyhovující

Slovní vyjádření, komentáře a připomínky vedoucího/opponenta:

Pan Jakub Sanitrák v rámci řešení svojí bakalářské práce pracoval na vývoji univerzálního způsobu měření profilů vnitřních elektrických polí v anizotropních semiizolačních krystalech s planárními elektrodami. Metoda vychází ze standardního uspořádání pro měření opticky izotropních materiálů vykazujících lineární elektrooptický jev, kdy se mapuje prošlá intenzita světla systému složeného z krystalu s přiloženým elektrickým napětím vloženého mezi zkřížené polarizátory. Tato intenzita je úměrná druhé mocnině sinu amplitudy elektrického pole. Standardní metoda však není dostatečně citlivá v opticky anizotropních materiálech, kdy prošlou intenzitu světla významně moduluje samotný dvojlom. Navržené nové experimentální uspořádání, kde se do dráhy měřicího svazku vloží dynamický fázový retardér (Soleil-Babinetův kompenzátor), umožňuje měřit s velkou přesností fázové rozdíly kolmých lineárně polarizovaných modů světla prošlého vzorkem. Tyto fázové rozdíly jsou citlivé na změny rozložení vnitřního elektrického pole bez ohledu na existenci dvojlomu. Z takto určených fázových rozdílů lze zpětně zrekonstruovat elektrické pole. Úvodní kapitoly obsahují teorii lineárního elektrooptického jevu aplikovanou na krystaly vykazující symetrii $6mm$, podrobný popis metody měření a komplexního vyhodnocení profilu elektrického pole.

Řešitel metodu demonstruje na dvou polovodičových vzorcích z hexagonálního karbidu křemíku (SiC). Tento materiál je zajímavý zejména proto, že na jeho povrchu lze růst grafén. Zde ukazuje rozdílné profily elektrických polí u vzorku se zlatými kontakty a u vzorku s grafénovým a grafitovým kontaktem. Dále studuje vliv světelné excitace a ukazuje na významnou akumulaci fotogenerovaného náboje na pastech pro fotony s energií blízké energii zakázaného pásu SiC.

Velmi užitečnou částí práce je diskuse, v níž se řešitel věnuje vlastnostem užitých zdrojů měřicího světla, zejména vlivu zmitosti svazku a koherence na vyhodnocení elektrických polí. Dále navrhuje vysvětlení pozorovaného dodatečného fázového rozdílu nad rámec elektrooptického jevu při silných světelných excitacích pomocí termooptického jevu a navrhuje experiment pro ověření této hypotézy.

Práce je psána přehledně, stylisticky a graficky správně. Obsahuje zanedbatelné množství textových chyb. Lze vytknout příliš malé, i když stále ještě čitelné popisky na některých obrázcích.

Řešitel prokázal, že je schopen samostatně řešit velmi náročné úkoly. Pro zpracování velkého množství experimentálních dat zvolil programovací jazyk Python (vývojové prostředí Spyder). Ačkoliv je tato bakalářská práce v textové podobě standardního rozsahu, skutečný rozsah prací provedených během jejího řešení, stejně tak rozsah pochopení některých fyzikálních procesů a jejich souvislostí se na konci řešení zdál být mnohem větší. Nalezený způsob měření elektrických polí v SiC je přínosem pro naši výzkumnou skupinu zabývající se mimo jiné transportními vlastnostmi epitaxního grafénu, který připravujeme termální dekompozicí z hexagonálních polytypů SiC. Metodu použijeme v blízké době jako citlivý indikátor vzájemné interakce grafénu se substrátem SiC. Popis vyvinuté metody spolu se základními výsledky plánujeme publikovat v impaktovaném mezinárodním časopise.

Konstatuji, že předložená bakalářská práce Jakuba Sanitřáka splňuje nároky kladené na bakalářskou práci na MFF UK. Splňuje všechny body zadání a obsahuje řadu originálních experimentálních výsledků s potenciálně významným dopadem na poli polovodičové fyziky díky vývoji nové metody pro charakterizaci profilů elektrických polí.

Práci doporučuji k obhajobě a navrhuji hodnocení stupněm „výborně“.

Případné otázky při obhajobě a náměty do diskuze:

1. V bakalářské práci není kladen důraz na určení chyb měření profilů elektrických polí, protože tento faktor není z hlediska popisu metody podstatný a záleží především na konkrétních použitých měřicích komponentech. Pro jeden obrázek profilů elektrických polí se světelnou excitací (např. 3.11(b)) odhadněte chyby měření, okomentujte jejich původ a demonstруйте je pomocí grafu s vyznačenými intervaly spolehlivosti. Jakým způsobem je možné měření ještě víc zpřesnit?

2. Bylo by možné metodu pro měření elektrických polí v anizotropních krystalech aplikovat i na vzorky s jinou konfigurací kontaktů (například na jedné stěně celoplošná elektroda, zatímco na opačné elektroda ve formě proužku či malého pixelu)? Pokud ano, stručně popište, jak by se taková metoda realizovala a jaká by měla omezení.

Práci

doporučuji

nedoporučuji

uznat jako bakalářskou.

Navrhuji hodnocení stupněm:

výborně velmi dobře dobře neprospěl/a

Místo, datum a podpis vedoucího:

Praha, 29.5.2023

