

РЕЦЕНЗИЯ

на дисертационен труд за присъждане на образователната и научна степен 'доктор' в област на висше образование 4. „Природни науки, математика и информатика“, Професионално направление 4.1 Физически науки, Докторска програма „Електрични, магнитни и оптични свойства на кондензираната материя“

Автор: Петър Колев

Тема: *Сензори, базирани на спектрална поляриметрична детекция.*

Научен ръководител: проф д-р Георги Дянков, Институт по оптически материали и технологии – БАН

Рецензент: доц. д-р Тихомир Тенев, Институт по физика на твърдото тяло – БАН

1. Общо описание на представените материали

Със заповед № РД-15 959/16.12.2025 г. на Директора на Института по оптически материали и технологии „Акад. Йордан Малиновски“ при Българска академия на науките съм определен за член на научното жури за провеждане на процедура за защита на дисертационен труд на тема: „*Сензори, базирани на спектрална поляриметрична детекция*“ за придобиване на образователната и научна степен „доктор“ в област на висше образование: 4. „Природни науки, математика и информатика“, Професионално направление 4.1 Физически науки, Докторска програма „Електрични, магнитни и оптични свойства на кондензираната материя“

Автор на дисертационния труд е Петър Колев, редовен докторант, отчислен с право на защита към Института по оптически материали и технологии (ИОМТ) при Българска академия на науките с научен ръководител проф д-р. Георги Дянков.

Представеният от Петър Колев комплект материали е в съответствие със Закона за развитие на академичния състав на Република България и Правилника за приложението му и съдържа необходимия брой документи.

Дисертацията е в обем 106 страници, 64 фигури и 11 таблици. Работата е добре структурирана и се състои от Въведение, Актуалността на тематиката и Целите и задачите на дисертационния труд, Литературен обзор. Работата завършва със Заключение, обобщение на основните приноси, списък на фигурите, списък на публикациите на автора, включени в дисертационния труд и участията му в научни форуми, литературни източници.

Същностните резултати са представени в две глави: Конструирание на канален спектрален поляриметър (КСП) и Приложението му в сензори, базирани на спектрална поляриметрична детекция.

1. Кратки биографични данни за докторанта

Петър Колев е инженер по образование, придобил е магистърска степен в областта на хидравликата в Технически университет, София. От януари 2022 г. е докторант в ИОМТ в групата по Биосензори.

2. Актуалност на тематиката и целесъобразност на поставените цели и задачи

Актуалността на тематиката се определя от капацитета на Метода на Каналната Поляриметрия (МКП) – определяне на състоянието на поляризация, и от областта на приложение – за изследване на явления, проявяващи се в изменение на състоянието на поляризация. От тук логично следват поставените цели и задачи: **експериментално разработване на МКП и изследване на неговата приложимост и ефикасност при различни видове сензори**, чиито измеряеми величини са свързани с изменение на състоянието на поляризация. Конкретно, МКП е приложен към сензори, базирани на:

- Повърхнинен Плазмонен Резонанс (ППР), (доколкото резонансът се проявява като скокообразно изменение на фазовата разлика между S- и P- поляризации);
- Магнито-оптичен (МО) ефект, доколкото се проявява като изменение на фазовата разлика между кръговите поляризации.

Актуалността на тематиката се доказва и от експериментално демонстрираната ефективност на МКП: повишаване на точността на измерване при ППР сензорите и осъществяване на пряко измерване на Фарадесвата фазова разлика.

3. Познаване на проблема

Авторът е представил литературен обзор включващ 135 източника. Те са разпределени между: (i) обзор на МКП – принцип и експериментална реализация; (ii) обзор на ППР сензори, като е обърнато внимание на сензорите, базирани на дифракционни решетки с което се обосновава тяхното използване в проведените изследвания; (iii) обзор на МО сензори. Анализът на предходните изследвания е целенасочен, систематичен и показва добрата информираност на автора.

4. Методика на изследването

Работата е експериментална и за изпълнението на целите и задачите са използвани три метода: МКП, методът на ППР, възбуден в дифракционни решетки, както и методът на спектрална модулация, приложен с МО сензори. Тези три метода се реализират с различна, за всеки от тях, апаратура, което поставя високи изисквания към докторанта в аспект на експериментални умения и знания. Очевидно, докторантът успешно е овладял и приложил тези методи, което говори за висока експериментална култура.

5. Характеристика и оценка на дисертационния труд

Глава II е посветена на конструирането на каналния спектрален поляриметър. Като се базира на методика, съобщена в литературата, докторантът анализира различните фактори, определящи основните параметри на поляриметъра. Базирано на методиката са определени характеристиките на фазовите пластини, като те са изработени и успешно тествани. Достигнатите параметри доказват коректността на направения анализ.

Глава III е посветена на приложението на разработения канален спектрален поляриметър при детекция с ППР сензори (биосензори и сензори на газ) и МО сензор.

По първия тип сензори се детектира бактерията *H. pylori*. Този експеримент демонстрира високото отношение сигнал/шум при фазово детектиране с МКП. Тъй като бактериалната суспензия е диспергираща, амплитудната детекция е с ниско отношение сигнал/шум. Това понижава на границата на детекция с около 35% при фазова детекция спрямо амплитудна, което позволява да се регистрират реакции на свързване при концентрации около 200 CFU/ml.

Експеримента с детекция на водород демонстрира високата чувствителност на МКП - на два порядъка по-висока от тази при амплитудното измерване. Този експеримент показва и недостатъка на МКП - малък динамичен диапазон. В голям динамичен диапазон чувствителността е с около 25% по-висока от тази при амплитудно измерване.

Третият тип сензор е магнито-оптичен и се базира на ефекта на Фарадей - завъртане на равнината на поляризацията на лъчението в надлъжно магнитно поле. МКП за първи път е приложен за измерване на магнитно поле (или ток) в такъв тип сензори. С това за първи път се постига директно измерване на фазовото отместване, предизвикано от ефекта на Фарадей. При това то не се влияе от температурата на магнито-оптичната среда. Следва да се отбележи критичното отношение на докторанта към получените резултати. Първоначално тяхната интерпретация е противоречива, което изисква използване на метода на спектралната модулация за коректно съпоставяне на резултатите.

6. Приноси и значимост на разработката за науката и практиката

Така представените резултати документират научно-приложни постижения, които могат да бъдат групирани в две групи, а именно:

А) Експериментална реализация на метода на канална поляриметрия: създаден е спектрален поляриметър в две модификации, които са експериментално изследвани в контекста на точност и чувствителност;

Б) Методът на каналната поляриметрия е апробиран чрез приложението на спектралния поляриметър за изследване на три типа сензори: биосензор и газов сензор, базирани на повърхнинен плазмонен резонанс, както и на сензор на магнитно поле.

В) Основни резултати

- i) Създаването на спектрален канален поляриметър само по себе си е постижение - изисква едновременно и прецизен контрол на множество оптични параметри, базиран на знания и експериментални умения.
- ii) Прякото измерване на Фарадеевото фазово отместване може да открие нови възможности за детекция на магнитни полета.

7. Преценка на публикациите по дисертационния труд

Дисертационният труд е написан на базата на четири статии, индексирани в Web of Science и Scopus, две от които са в първи квартал, една във втори и една с импакт ранг. Статиите са цитирани единадесет пъти, като първата публикация има девет цитата за две години. Съобщени са участия в девет конференции.

8. Лично участие на докторанта

Въз основа на представените разделителни протоколи и на факта, че в една от публикациите П. Колев е кореспондиращ автор считам, че приносът му е недвусмислен във всичките изследвания и решаващ в публикациите, в които той е на първо място.

9. Автореферат

Представеният автореферат точно и по същество представя количеството и качеството на извършената научна работа и постигнатите резултати. Заключениеята и основните приноси са точно формулирани.

Авторефератът е изработен съгласно изискванията.

10. Критични забележки и препоръки

Критичните ми забележки към автора са свързани с терминологични несъответствия и неточности, неизбежни при писането на такъв труд. Няма да ги споменавам, тъй като те по никакъв начин не влияят на научната оценка на извършените изследвания.

11. Въпроси

1. На стр. 55 (както и на други места) се упоменава фактора "степен на поляризация" като ограничаващ точността на КСП. Този фактор зависи ли от оптичното лъчение (колимирано или не-колимирано) и от аберациите на оптичната система? Във вашия експеримент контролирани ли са тези параметри и как?
2. В експеримента за детекция на магнитно поле е измерена фазовата разлика, индуцирана от магнитното поле. Защо не е регистрирано Фарадеевото въртене, което изглежда по-проста задача?

12. Препоръки за бъдещо използване на дисертационните приноси и резултати

Считам, че методът на канална поляриметрия има голямо поле на приложение. В този аспект е добре КСП да се конструира като компактен оптичен модул, който да е преносим и лесно да се интегрира с други оптични схеми.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Представеният дисертационният труд безусловно *съдържа научни и научно-приложни резултати, които представляват оригинален принос в науката и напълно отговарят на* изискванията на Закона за развитие на академичния състав в Република България (ЗРАСРБ), Правилника за прилагане на ЗРАСРБ и съответния Правилник на БАН. Представените материали и дисертационни резултати *напълно съответстват на специфичните изисквания на БАН, приети във връзка с Правилника за приложение на ЗРАСРБ.*

Дисертационният труд показва, че докторантът Петър Колев *притежава задълбочени теоретични знания и експериментални умения, като демонстрира качества и умения за самостоятелно провеждане на научно изследване.*

Поради гореизложеното, убедено давам своята *положителна оценка* за проведеното изследване, представено от рецензираните по-горе дисертационен труд, автореферат, постигнати резултати и приноси, и *предлагам на почитаемото научно жури да присъди образователната и научна степен 'доктор' на Петър Колев в област на висше образование: 4. „Природни науки, математика и информатика“, професионално направление 4.1. „Физически науки“, докторска програма „Електрични, магнитни и оптични свойства на кондензираната материя“.*

26.02.2026 г.

Рецензент:

Доц. д-р Тихомир Тенев