



INSTITUTE OF OPTICAL MATERIALS AND TECHNOLOGIES "ACAD. J. MALINOWSKI"
BULGARIAN ACADEMY OF SCIENCES
ИНСТИТУТ ПО ОПТИЧЕСКИ МАТЕРИАЛИ И ТЕХНОЛОГИИ "АКАД. Й. МАЛИНОВСКИ"
БЪЛГАРСКА АКАДЕМИЯ НА НАУКИТЕ

Acad. G. Bonchev Str., Bl 109, 1113 Sofia, Bulgaria
Phone/Fax: (+359-2) 872 00 73; e-mail: iomt@iomt.bas.bg; <http://www.iomt.bas.bg>

СТАНОВИЩЕ

относно дисертационен труд за придобиване на образователната и научна степен „доктор“ по професионално направление 4.1 Физически науки, научна специалност „Електрични, магнитни и оптични свойства на кондензираната материя“.

Тема на дисертационния труд: „Сензори, базирани на спектрална поляриметрична детекция“

Докторант: Петър Колев, Институт по оптически материали и технологии „Академик Йордан Малиновски“, Българска Академия на науките

Изготвил становището: проф. дн Елена Стойкова, Институт по оптически материали и технологии „Академик Йордан Малиновски“, Българска Академия на науките, съгласно заповед РД-15 959 дт 16.12.2025 г.

Дисертационният труд включва въведение, три глави, от които една обзорно теоретична, заключение и основни приноси, списък на фигурите, символите, съкращенията и мерните единици, списък на публикациите по дисертацията и на забелязаните цитирания, както и списък с цитирани 135 литературни източника. В дисертацията са включени 64 фигури и 11 таблици.

Дисертационният труд е посветен на метода на каналната поляриметрия (МКП) като подход за прецизно определяне на състоянието на поляризация в широк спектрален диапазон чрез създаване на амплитудно-фазова модулация в спектралната област. Спектърът се регистрира еднократно (single-shot) и чрез Фурие обработка (или еквивалентен числен алгоритъм) се извличат Стоксовите параметри. В дисертацията се подчертава, че макар МКП да е известен повече от 25 години, този метод все още не е широко използван в оптичната сензорика поради нерешени проблеми като точност, избор на алгоритми, конструктивни особености и източници на грешки. Ключов момент от изследванията в дисертацията е използването на МКП в два класа сензори: 1) сензори на базата на повърхнинен плазмонен резонанс (ППР) за газова детекция и биологични изследвания; 2) магнито-оптични сензори (МОС) на базата на ефекта на Фарадей. При това се набляга на факта, че при ППР сензори, базирани на дифракционни решетки, традиционната амплитудна детекция показва нестабилност и по-ниска чувствителност, докато фазовата детекция чрез МКП има потенциал да преодолее тези ограничения чрез измерване на фазовата разлика между р- и s-поляризацията при резонанс.

В глава 1, озаглавена „Литературен обзор“, е направен подробен теоретичен анализ на повърхнинния плазмонен резонанс, като се разглежда физиката на плазмонната вълна на границата метал-диелектрик. Анализира се възбуждане на ППР с призма на външната граница на метала чрез нарушено пълно вътрешно отражение и спектрално или ъглово наблюдаване на резонансен минимум, както и втори метод за възбуждане чрез дифракционна решетка. В дисертацията се извежда условието за възбуждане на ППР с помощта на решетка и се анализира ролята на дифракционния порядък и периода на решетката. Важна част от теоретичното разглеждане е дефинирането на параметрите, описващи ППР

сензори, като чувствителност (ъглова или спектрална), разделителна способност, отношение сигнал/шум и други. Докторантът Петър Колев прави сравнение между използването на призма и решетка и формулира важни изводи, сред които и основният извод на дисертацията, че фазовата детекция чрез МКП може да компенсира по-слаба амплитудна детекция при решетъчните ППР сензори и да доведе до значително по-добра чувствителност и устойчивост.

В глава 2 „Конструиране на канален поляриметър“ основният принос е инженерният: проектиран и реализиран е канален спектрален поляриметър (КСП). Решени са следните задачи: изчисляване на дебелините на фазовите пластини, конструиране на експерименталната установка, ориентиране на оптичните елементи (поляриметрично и спектрално), определяне на бързите оси на фазовите забавители, експериментална проверка на ориентацията и на Фурие алгоритъма, сравнение на две конфигурации фазови пластини в контекста на фазово измерване на ППР. Тази глава поставя фундаменталната практическа основа на проведените изследвания.

Глава 3 „Сензори, базирани на спектрална поляриметрична детекция“ демонстрира приложението на разработения метод и апаратура в три практически направления. Изследван е ППР биосензор за детекция на бактерията *Helicobacter pylori*, където ключовият проблем е надеждната регистрация на малки промени в показателя на пречупване при биомолекулярни взаимодействия. Тук се търси високо отношение сигнал/шум и стабилност, а МКП е използван като инструмент за фазова детекция. Второто приложение е газов ППР сензор за детекция на водород, където амплитудните изменения могат да бъдат малки и силно зашумени. Именно този тип приложения са критични от гледна точка на тяхната прецизност, тъй като решетъчните ППР сензори имат ниска чувствителност при амплитудна детекция, а фазовата детекция чрез МКП може да подобри границата на детекция. Третият клас приложения е магнито-оптичният сензор, базиран на ефекта на Фарадей. Основният проблем, подчертан в дисертацията, е температурната нестабилност на такъв сензор, а МКП има потенциал да я минимизира, защото при определени режими измерва пряко фазова разлика, която не зависи от температурата. В главата се анализират определянето на състоянието на поляризация, прякото измерване на фазова разлика на Фарадей, измерването на магнитно поле, температурната стабилност и точност. Трябва да се отбележи, че такива изследвания са проведени за първи път.

Целта на дисертацията, формулирана като експериментално разработване на МКП система и изследване на приложимостта на този метод при различни сензори, е напълно постигната. чрез решаване на конкретни задачи: проектиране и изработване на канален спектрален поляриметър, оптимизация на конструктивните елементи, минимизация на грешки, оценка на точността и разделителната способност, както и демонстрация на предимствата на МКП чрез реални сензорни експерименти (биосензор, газов сензор, МОС).

Резултатите от дисертацията имат два приносни аспекта. Първият е методологичен и инструментален аспект, включващ разработване на канален спектрален поляриметър и експериментално реализиране на МКП за практическа сензорика. Вторият аспект е приложен, като демонстрира ефективността на МКП при ППР био- и газови сензори и магнито-оптични сензори, с фокус върху подобрене на такива параметри като отношение сигнал/шум, чувствителност и устойчивост. Дисертацията показва, че МКП, реализиран чрез специално конструиран канален спектрален поляриметър, е практически приложим и перспективен метод за фазова поляриметрична детекция, който може съществено да подобри

чувствителността и устойчивостта на ППР сензори (особено решетъчни) и да осигури по-стабилни измервания при магнито-оптични сензори.

Достоинство на дисертационният труд е в това, че той не е само теоретичен, а включва реален работещ поляриметричен инструмент, който позволява измервания на фазова информация в условия, релевантни за сензорика. Докторантът показва много добро познаване на научната литература по въпроса.

Резултатите по дисертацията са публикувани в 4 статии, като две от тях са с кuartил Q1 (списание Sensors), една статия е с Q2 (Optics Communications) и една статия е с импакт-ранг. Докторантът Петър Колев е първи автор в публикацията с импакт-ранг, втори автор в публикация Q1 и трети автор в другите публикации с импакт фактор. Съгласно представените в документите по дисертацията разделителни протоколи Петър Колев има съществено участие в публикациите, в които не е първи автор, чрез създаване на експериментална установка, провеждане на измервания, обработка на резултатите и анализ на грешките. До момента са забелязани 11 цитирания на статиите по дисертацията. Петър Колев е представил 7 постера на международни конференции в България и участва в един постер, представен на конференция в Япония. Представеният автореферат дава точно описание на получените в дисертацията резултати. След подробно запознаване с дисертацията оставам с впечатлението, че тя е дело преди всичко на самия докторант.

Дисертацията не е написана в монографичен стил, а по-скоро е оформена като последователно формулирани практически задачи и описание на начините за тяхното решаване. Изложението е добре структурирано, но като недостатък ще посоча наличието на терминологични неточности, например „резолюция“ вместо „разделителна способност“ или „нормализирани стойности“ като неточен превод от английски вместо „нормирани“. Дисертацията несъмнено ще спечели, ако премине през допълнителна стилова редакция, особено по отношение на пунктуацията.

Желателно е да получа отговори на следните въпроси по-долу.

Какъв е смисълът на фигура 28?

Какво показва червената крива на фигурите 43 и 48?

Фигура 54 от литературен източник 131 е оставена без пояснения в текста и значението на различните символи не се разбира.

Какво означава изречението „Експерименталната проверка на протокола на измерване бе проведена чрез измерване на собствената оптическа активност на BSO. Предвид добре известните данни за тази характеристика¹³¹ – Фигура 54, очаквахме да получим близки резултати. Те, обаче, драстично се различаваха.“

Критичните забележки не омаловажават постигнатото високо ниво в дисертацията в областта на прецизните измервания.

След като се запознах с представените дисертационен труд, автореферат и другите материали, и въз основа на направения анализ на тяхната значимост и съдържащи се в тях научни и научно-приложни приноси, потвърждавам, че научните постижения отговарят на изискванията на ЗРАСРБ и Правилника за приложението му и съответния Правилник на ИОМТ-БАН за придобиване на образователната и научна степен „доктор“. В частност докторантът удовлетворява минималните национални изисквания в професионалното направление и не е установено плагиатство в представените по конкурса

дисертационен труд, Автореферат и научни трудове. Давам своята положителна оценка на дисертационния труд.

Въз основа на гореизложеното, препоръчвам на научното жури да присъди образователната и научна степен „доктор” в професионално направление 4.1- Физически науки на Петър Тодоров Колев.

26.02.2026 г.

Изготвил становището:

(проф. дфн. Елена Стойкова)