

# ИНСТИТУТ ПО ОПТИЧЕСКИ МАТЕРИАЛИ И ТЕХНОЛОГИИ „АКАД. ЙОРДАН МАЛИНОВСКИ“ – БЪЛГАРСКА АКАДЕМИЯ НА НАУКИТЕ

## ГОДИШЕН ОТЧЕТ ЗА 2022 ГОДИНА

### 1. ПРОБЛЕМАТИКА НА ИОМТ

#### 1.1. Преглед на изпълнението на целите (стратегически и оперативни) на ИОМТ, оценка и анализ на постигнатите резултати и на перспективите на ИОМТ в съответствие с неговата мисия и приоритети, съобразени с утвърдените научни тематики

Институтът по оптически материали и технологии „Акад. Йордан Малиновски“ (ИОМТ) провежда насочени фундаментални изследвания, обучава висококвалифицирани кадри и при възможност реализира научния продукт чрез иновационна дейност и трансфер на знания към индустрията. ИОМТ е модерно научно звено с водеща роля в областта на оптичните материали и технологии. Изследователската дейност е фокусирана основно върху изследване на фотоиндуцираните процеси в микро- и наноразмерни слоеве и структури, разработване на високотехнологични материали, методи и технологии за оптични приложения и гъвкава прозрачна електроника, създаване на нови материали и регистриращи системи с приложение в екологията, биомедицинските изследвания, хранителната промишленост, неразрушаващия контрол и опазване на културното наследство. Тя е организирана в две основни направления („Оптични материали“ и „Оптична метрология и холография“) и е подкрепена от научно-техническия отдел на института. В института се създават нови високотехнологични оптични материали за фотониката, нанофотониката, сензориката и органичната оптоелектроника и се разработват методи за запис и оптична обработка на информация за визуализиране на обекти и мониторинг на процеси.

В научната си политика ИОМТ следва Националната стратегия за развитие на научните изследвания в Република България 2017-2030, Стратегията на развитие на БАН 2018-2030 и Стратегията за научно развитие на ИОМТ „Акад. Йордан Малиновски“ – БАН 2018-2030. Изпълняват се стратегическите задачи, поставени пред ИОМТ, свързани с увеличаване на публикациите в реномирани списания с импакт-фактор и особено в такива от категория Q1, засилване на участието в национални и европейски проекти, участие на престижни международни форуми и разширяване на сътрудничеството с чуждестранни научни групи, обучение на дипломанти и докторанти и тясно сътрудничество с университетите, както и привличане на специалисти от чужбина, разширяване на патентната дейност и др. Публикационната активност на ИОМТ през 2022 г. е висока (78 публикувани + 9 приети статии). 62 % от излезлите от печат публикации са в списания от категории Q1 (24) и Q2 (24). Заявени са 1 полезен модел и 1 изобретение. Цитатите за 2022 г. са 879, като 773 от тях (88 %) са в световните бази данни Web of Science и Scopus. Разпространението на научните резултати на международни и национални научни форуми обхваща 34 международни и 9 национални/чуждестранни форума, на които са представени общо 113 доклада и постера. Проведените изследвания са подкрепени от програмно и проектно финансиране. ИОМТ е базова или партньорска организация в множество национални и международни проекти. През 2022 г. са разработвани 11 бюджетно подкрепени планови задачи съвместно с общо 21 проекта. В Таблица 1 са дадени проектите, финансирани от Фонд „Научни изследвания“ (ФНИ), в които ИОМТ е базова или партньорска организация.

**Таблица 1. Проекти, финансирани от ФНИ.**

• Текущи	21
• Приключили през 2022 г.	3
• Нови проекти, финансирани в края на 2022 г.	4
• Проекти, в които ИОМТ е базова организация	10
○ Конкурси за фундаментални научни изследвания/предизвикателства	9
○ Конкурси за финансиране на фундаментални научни изследвания на млади учени и постдокторанти	2
○ COST и M-ERA	4+1
○ Двустранно сътрудничество	2
○ Програма „Петър Берон“	1

ИОМТ участва в проект за създаване на Център за върхови постижения по програма „Наука и образование за интелигентен растеж“ и в проект ИНФРАМАТ. ИОМТ е партньорска организация в консорциума „Национален център по биомедицинска фотоника“ като научна инфраструктура от Националната пътна карта за научна инфраструктура 2020-2027 г. (НПКНИ). Два проекта са подкрепени от Центъра за развитие на човешките ресурси (програма „Еразъм“). ИОМТ е съизпълнител по програмата Хоризонт 2020 на научно-изследователски проект “ТОСНА” по програмата Future and Emerging Technologies (FET) - Proactive и на проект в рамките на акция „Мария-Склодовска-Кюри“ за съвместно обучение на докторанти с чужди университети.

Учени от ИОМТ имат лично участие в 18 проекта на ФНИ и 3 европейски проекта. Продължава успешното сътрудничество по ЕБР с Тайван и Италия в рамките на 2 проекта. През 2022 г. ИОМТ продължава да е съизпълнител с осигурено финансиране по проект на правителството на Южна Корея. Извършват се съвместни изследвания с научни групи от Гърция, Дания, Канада, Китай, Италия, Ирландия, Испания, Румъния, Русия, САЩ, Тайван, Чехия, Финландия, Франция и Южна Корея. През 2022 г. ИОМТ е организатор на традиционния Пролетен семинар на докторантите и младите учени от институтите на БАН по „Интердисциплинарна химия“ (XV Пролетен семинар "Интердисциплинарна химия", 22-23 юни 2022 г. във виртуална среда). Дейността на института е популяризирана чрез организиране на Ден на отворените врати „Приказна оптика 2“ (4 юни 2022 г.). Учени от ИОМТ са изготвили 115 анонимни рецензии на статии в реномирани списания и поредици.

Постигнатите резултати в научноизследователската дейност през 2022 г. са в съответствие с мисията и научните приоритети на ИОМТ и отговарят на утвърдените научни тематики по направления.

## **1.2. Изпълнение на Националната стратегия за развитие на научните изследвания в Република България 2017-2030 (<https://www.mon.bg/bg/143> - извършени дейности и постигнати резултати по конкретните приоритети)**

В ИОМТ се провеждат насочени фундаментални изследвания в няколко стратегически направления. В резултат на изпълнение на Националната стратегия за развитие на научните изследвания 2017-2030 са постигнати резултати в следните приоритетни направления:

### **• Съвременни енергийни източници и енергийно ефективни технологии**

В областта на енергийно ефективните технологии се разработват бели органични светоизлъчващи диоди. Изследвано е влиянието на стареенето на Alq<sub>3</sub> (tris(8-

hydroxyquinolinato)aluminium) върху електролуминесцентните свойства на изработените от него органични светодиоди: Анод/HTL/Alq<sub>3</sub>/Катод, като се предполага, че наблюдаваните спектрални промени се дължат на промяна в надмолекулната структура на Alq<sub>3</sub> с течение на времето. Извършен е синтез и са изследвани структурата и луминесцентните свойства на волфраматни стъкла и нови стъклокерамични материали, дотирани с редкоземни йони (Eu<sup>3+</sup>), които са потенциални кандидати за червен луминофор за LED приложения.

- **Здраве и качество на живот. Превенция, ранна диагностика и терапия. Зелени, сини и екотехнологии, биотехнологии, екохрани**

Дейностите на ИОМТ в това направление включват създаване на чувствителни и селективни порести материали за вграждане в многослойни системи, които от своя страна да се използват за оптично детектиране на летливи органични вещества и влага. Изследвано е влиянието на отгряването и концентрацията на темплейта върху оптичните и сензорни свойства на тънки слоеве SiO<sub>2</sub>. Разработени са композитни слоеве от зол-гел Nb<sub>2</sub>O<sub>5</sub> матрица с вградени частици от SiO<sub>2</sub> с подобрени сензорни свойства. Демонстрирано е успешното получаване на водни колоидни системи от амфибилни PVA-съполимери с присадени метилакрилатни странични вериги, подходящи за директно отлагане на тънки полимерни филми като активни среди за оптично детектиране на ацетонови пари. В това направление попада и разработване на метод за ранна диагностика на SARS CoV-2, базиран на детекция на структурни протеини на вируса чрез SPR (Surface Plasmon Resonance) метод. Същият метод е приложен за изследване на инхибиторния ефект на различни лекарствани препарати в началните часове на вирусното развитие; направен е извод за техния механизъм на действие и ефективност. Към момента SPR е единственият метод, който позволява такива изследвания в първите часове на вирусната инфекция. Разработва се метод, базиран на SPR регистрацията на взаимодействието антиген/антитяло, за диагностика на бактериалната инфекция *Helicobacter pylori* чрез изследване на слюнка.

Чрез методи като поляризационна микроскопия и тъканна поляриметрия са демонстрирани възможностите, които изменението на поляризацията на светлината, след взаимодействието ѝ с тъкани, дава на биомедицинската диагностика. Анализирани са изменението на параметрите на поляризираната светлина (азимут, ъгъл на елиптичност и степен на поляризация) след отражение от тъканни образци. Гореспоменатите методи са приложени към тъканни проби от хепатоцелуларен карцином, амилоидна дегенерация и др.

С оптична кохерентна томография (ОКТ) са изследвани тъкани и многослойни структури. Изготвени са програми за сегментиране на ОКТ изображения на вени и автоматично определяне на дебелината на стените на вените. Предложени са модификации на UNet структурата на модела на машинно самообучение в Opto-UNet модела, които водят до повишаване на точността на сегментиране, като същевременно броят на параметрите е намален значително – от 31.04 милиона на 8.54 милиона. Извършени са експерименти върху различни образци – подкожни вени от пациенти с венозни заболявания, които са подложени на оперативни интервенции за отстраняване на засегнатите вени, ларви на муха „Черен войник“, запълнен и незапълнен коренов канал на зъб.

Демонстрирано е фотокаталитичното действие на успешно синтезирани чрез термично асистирана конверсия (ТАС) 2D нанослоеви от PtSe<sub>2</sub>, като антибактериални покрития срещу *Escherichia coli*. Наблюдаваната фотоиндуцирана антибактериална активност е свързана с високата кристалинност, полупроводниковите свойства и химичния състав на PtSe<sub>2</sub>.

- **Материалознание, нано и квантови технологии**

Използван е новаторски подход за получаване на тънки слоеви от цирконий чрез екологично съвместимо и евтино електрохимично отлагане. Доказано е, че електрохимичният метод в относително тесен и лесно постижим температурен интервал позволява растеж на разнообразни по морфология и размер наноструктури. Такива слоеви от ZrO<sub>2</sub> (с широка забранена зона), имащи ниски стойности на огледално и високи стойности

на дифузно пропускане, и отражение във видимата и близката ИЧ област, могат да бъдат приложени в оптоелектронни устройства, като „background scatter layers“ в тънкослойни слънчеви клетки. Изследвано е влиянието на температурата и времето на отлагане върху структурните и газочувствителните свойства на електрохимичните слоеве от  $ZrO_2$ , отложени върху кварцови резонатори.

Активно се работи за изследване на наноструктурирани тънки слоеве и многослойни покрития от метал и полупроводник. Установят се условията за отлагане на тънки слоеве със зададен химически/фазов състав (Au-Me, Me = Cd, In, Sn, Sb и Bi; Ag-Cd, Ag-In, Ag-Bi и Ag-Sb) и микроструктура, изследват се техните оптични и структурни свойства в зависимост от условията на получаване и вида на подложката. Получените резултати ще послужат за моделиране на композитни еднослойни и многослойни покрития от метал и полупроводник като нови плазмонни материали за ултравиолетова светлина с практическото приложение в техниките със свръхвисока чувствителност.

Получени са нанослоеви от сулфиди на преходни метали ( $WSe_2$  и  $PtSe_2$ ) върху подложки от Si/SiO<sub>2</sub>, топен кварц и сапфир. Проведени са експерименти за получаване на 2D  $WTe_2$ , легиран с ванадий, от течни прекурсори и на обемни кристали от  $WSe_2$ ,  $WTe_2$  и  $WTe_2:V$ . 2D сулфидите и селенидите на преходните метали и техните хетероструктури се синтезират и изследват за приложение като компоненти на устройства в оптоелектрониката, фотониката и сензориката. Успешно са отложени нанослоеви от ZnO, легирани с Al (AZO) върху подложки от стъкло чрез използване на ALD технология за последователно отлагане на атомни слоеве. Получените AZO нанослоеви са силно хидрофобни, с изключително ниска повърхностна свободна енергия. Демонстрирана е много стабилна вертикална ориентация на течнокристалните молекули след топологична модификация (механично триене) на AZO слоя. По този начин е доказана мултифункционалната роля на AZO едновременно като прозрачен, проводящ слой и слой за подравняване на течнокристални молекули при асемблиране на течнокристални устройства за приложения в дисплей технологиите. Предлаганите устройства са изключително лесни и икономични за направа, като отпада необходимостта от нанасянето на допълнителен подравняващ слой. Получени са големи по площ слоеви от графен чрез използване на метода на химическо отлагане от газова фаза (CVD) върху Cu фолио (2.5x2.5 cm<sup>2</sup>). Графенът е трансфериран върху твърди и гъвкави подложки, като Зеопог (циклоолефинов полимер с ниски загуби на THz абсорбция), полиетилен терефталат (PET - Mylar), както и силиций с високо съпротивление (HRFZ-Si) и разтопен силициев диоксид (топен кварц). Проведени са експериментални измервания на THz проводимостта на графен, трансфериран върху полиетилен терефталат и циклоолефин полимери. Получените резултати потвърждават отличната комбинация графен-диелектрични структури за приложения в THz областта като вълноводни антени, филтри, метаповърхности и други.

Квантово-химичните методи са успешно приложени за охарактеризиране на структурите и свойствата на нови органични съединения и комплекси; изследвани са механизмите на образуване на супрамолекулните структури и са определени основните физични фактори, обуславящи техните физикохимични/фотохимични свойства. Всички изследвани обекти (органични съединения и комплекси) са с потенциално приложение в нанотехнологиите, зелената химия, проектирането на катализатори и сензори, медицинската химия (доставка на лекарства, биомаркиране) и др.

Изследвани са оптичните свойства на нови светочувствителни материали (3 нови съединения) и азополимерни нанокомпозити. Разработен е хибриден дисперсионен модел (ХДМ), реализиран като софтуерен алгоритъм и код, за определяне на оптичните константи на тънки слоеви в широк спектрален диапазон (300 – 2500 nm). Така разработеният модел е приложен за определяне на показателя на пречупване, коефициента на поглъщане, дебелината и други оптични характеристики на три слоя от изследвания азополимер.

- **Информационни и комуникационни технологии.**

Изградена е оптична схема за запис на поляризационно-селективни холографски лещи. Така получените лещи имат уникални поляризационни свойства: действат като събирателна леща за дясно кръгово поляризирана светлина и като разсейвателна за ляво кръгово поляризирана светлина. Предложен е нов дизайн на бифокална леща с фокуси, разположени във взаимноперпендикулярни направления. Експериментално са определени поляризационните свойства на 2D поляризационни холографски решетки с повърхностен релеф. Реализирана е оптична схема за цифрова холография чрез пространствено-светлинен модулатор. За настройка на системата са получени изображения върху екран на сложни интерференчни картини. Извършен е и запис върху фотополимерни образци. Проведени са изследвания в областта на записа и обработката на сигнали в некохерентната цифрова холография (НЦХ) и динамичната спекъл метрология (ДСМ). Фокусът на изследването в областта на ДСМ е върху интензитетно-базираното измерване с обработка на серия от корелирани спекъл изображения, която дава двумерна карта на активността на процесите, протичащи в наблюдавания обект. Интерференчната спекъл картина е изключително чувствителна към микро-промени в топографията или показателя на пречупване на изследвания обект. През 2022 г. са решени следните задачи: 1) провеждане на динамично спекъл измерване в условията на външен шум; 2) компресиране на спекъл изображения чрез singular value decomposition (SVD). Доказана е ефективността на ДСМ, когато са налице вибрации и светлина от други източници. Доказана е ефективността на SVD компресирането чрез симулции и експерименти, като по-добри резултати се получават, когато SVD се приложи към разликата на две последователни изображения.

Реализирана е електро-оптична схема за измерване на работните параметри на асемблирани хибридни структури на основата на получени в ИОМТ 2D нанослоеви (графен, PtSe<sub>2</sub>, WSe<sub>2</sub>) в комбинация с течни кристали (LC) и полимерно диспегирани течни кристали (PDLC) за приложения в дисплей технологиите. Оптичната установка позволява измерването на фазовата компонента на светлината и демонстрира приложението на устройствата като полувъзлнови пластинки, фазови модулатори и светлинни превключватели.

Съществен дял в научната дейност на ИОМТ е посветен на приоритетното направление „Мехатроника и чисти технологии“, като продължава изграждането на Национален център за върхови постижения.

### **1.3. Полза / ефект за обществото от извършваните дейности**

Според Стратегията за развитие на научната дейност научните изследвания, технологичното развитие и иновациите са двигател на съвременната икономика в модерните общества. В резултат на активната си проектна дейност ИОМТ разполага с модерно оборудване, което в комбинация с високата експертиза на специалистите в института прави възможно провеждане на научни изследвания на високо ниво в приоритетни научни области като среди за оптичен запис, информационни технологии, еко и енергоспестяващи технологии, биофотоника, високо чувствителни сензори, неразрушаващ контрол и опазване на културното наследство. Научната дейност се базира на взаимносвързани политики като: 1) осигуряване на проектно финансиране, 2) партниране с други научни организации в страната, 3) активно международно сътрудничество, 4) обучаване на специалисти, 5) разпространение на резултатите чрез публикуване във водещи списания и участие на престижни конференции, 6) организиране на национални и международни научни форуми.

ИОМТ е партньор по проект ИНФРАМАТ (част от НПКНИ), който осигурява ефективното използване на научно-изследователската инфраструктура в самия институт и в други научни звена чрез интегриране на големи и/или уникални апаратури, необходими за получаване и комплексно охарактеризиране на нови материали с приложение в промишлеността, био-медицината и околната среда. Осигурява се достъп до научната



инфраструктура за всички изследователи и промишлени ползватели на национално и регионално ниво, като по този начин се стимулира устойчивото развитие на България и региона в областта на получаване на нови материали. За изпълнение на една от основните цели на проекта - интензифициране на връзките с публичния и частен сектор и засилване на взаимодействието между институциите-партньори, които са част от ИНФРАМАТ, през 2022 г. са извършени множество услуги за публични и държавни организации, както и за частни фирми с помощта на оборудване, подкрепяно от ИНФРАМАТ.

ИОМТ участва в Консорциум „Национален център по биомедицинска фотоника“, също обект от НПКНИ. Институтът участва в изграждането на „Национален център по мехатроника и чисти технологии“. ИОМТ е съизпълнител на проект ТОСНА (заедно с още 8 научни институции в Европа) по програмата Хоризонт 2020 за провеждане на научни изследвания. ИОМТ участва с 4 чуждестранни университета от Европа в проект PLENOPTIMA по програма Хоризонт 2020 за съвместно обучаване на докторанти. ИОМТ участва като партньорска организация в проект Holowave на Технологичния университет на Дъблин. Специалисти от института са ръководители на дипломанти и докторанти в Национален Ян Минг Чао Тунг Университет, Тайван. ИОМТ има активен принос в укрепването на авторитета на българската наука чрез изпълнение на проекти по програмите COST, Еразъм, ЕБР и в рамките на сътрудничеството с университети и институти в Европа, Северна Америка и Азия.

През 2022 г. 94% от публикациите в ИОМТ са индексирани в световните бази данни Web of Science и Scopus. Резултатите от изследванията са представени на 34 международни конференции като 97 доклада/постера. В 1/3 от публикациите за 2022 г. са представени съвместни изследвания с чуждестранни научни групи. Учен от ИОМТ участва в програмния комитет на международната конференция Optics and Photonics International Conference, OPTIC 2022, проведена в края на годината в Тайван (<https://optic2022.conf.tw/site/page.aspx?pid=901&sid=1443&lang=en>). Учен от ИОМТ е член на програмния комитет на международната конференция Digital Holography and 3D imaging на OPTICA (преди OSA, <https://opg.optica.org/conference.cfm?meetingid=63&yr=2022>). Други учени от ИОМТ са членове на редакционни колегии на авторитетни международни списания от категории Q1 и Q2.

Тази активност на ИОМТ издига престижа на България в целия свят и допринася за подобряване на обществените нагласи по отношение на българската наука и БАН в частност.

#### **1.4. Взаимоотношения с други институции**

Изпълнението на договори по научно-изследователски проекти е свързано с провеждане на съвместни изследвания с други научни организации. През 2022 г. в ИОМТ са провеждани съвместни дейности на национално ниво с институти на БАН като Института по полимери (ИП), Института по електроника (ИЕ), Института по физика на твърдото тяло (ИФТТ), Института по физикохимия (ИФХ), Института по обща и неорганична химия (ИОНХ), Института по органична химия с Център по фитохимия (ИОХЦФ), както и с висши учебни заведения като Софийски университет (СУ) „Св. Климент Охридски“, Технически университет (ТУ) – София, Химико-технологичен и металургичен университет (ХТМУ), Пловдивски университет (ПУ) „Паисий Хилендарски“, Университет по хранителни технологии (УХТ) в Пловдив, Югозападен университет (ЮЗУ) „Неофит Рилски“ в Благоевград и други. Наред със съвместните изследвания специалисти от ИОМТ обучават студенти в СУ „Св. Климент Охридски“, ТУ - София, ХТМУ и ЮЗУ „Неофит Рилски“ - Благоевград.

ИОМТ има дългогодишно сътрудничество със средните общообразователни училища и центрове за професионално обучение. Холографските лаборатории бяха посетени от ученици от 12 клас на НППТО „М. В. Ломоносов“ (05.05.2022) и от ученици от 11 клас на

ПГИИРЕ „Михай Еминеску“ (23.06.2022). Учени от направление „Оптичесна метрология и холография“ изнесоха пред тях лекции.



**Фигура 1.** Ученици от НПППТО „М. В. Ломоносов“ (вляво) и ученици от ПГИИРЕ „Михай Еминеску“ (вдясно) на посещение в ИОМТ.

На 14.10.2022 г. на посещение в Института бяха ученици от 12 клас от British School of Sofia. Те посетиха три от лабораториите („Атомно-силова микроскопия“, „Електронна микроскопия“ и „Оптичен запис на информация“) и разгледаха постоянната холографска изложба. (В края на отчета е приложено благодарствено писмо от British School of Sofia.)



**Фигура 2.** Ученици от British School of Sofia на посещение в ИОМТ.

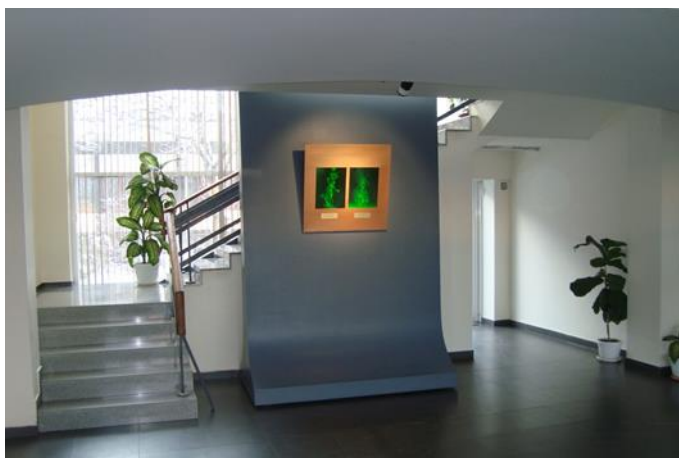
През 2022 г. 11 учени от ИОМТ са участвали като експерти в научни журита по конкурси за присъждане на научни степени и звания в институти на БАН, СУ „Св. Климент Охридски“ и ЮЗУ „Неофит Рилски“, като са изготвени 28 рецензии и становища.

Учени от ИОМТ участват в експертни органи в областта на науката и висшето образование: член на Постоянната комисия по природни науки, математика и информатика към НАОА, член на Постоянната научно-експертна комисия по Химически науки към ФНИ; друг учен е председател на Временната научно-експертна комисия и член на Постоянната научно-експертна комисия по Физически науки към ФНИ. През 2022 г. са изготвени 20 експертни оценки за проектни предложения в конкурси на ФНИ и междинни/окончателни отчети на проекти, финансирани от ФНИ.

## 1.5. Общонационални и оперативни дейности, обслужващи държавата

### 1.5.1. Практически дейности, свързани с работата на национални, правителствени и държавни институции, индустрията, енергетиката, околната среда, селското стопанство, национални културни институции и др.

В областта на опазване на културното наследство в ИОМТ се поддържа постоянна изложба на холограми на ценни исторически обекти и се осъществява запис на аналогови холограми на такива обекти за други институции и за обновяване на изложбата. Изложбата включва холограми на обекти от Панагюрското съкровище, Рогозенското съкровище, Требенишкото съкровище в Република Северна Македония, артефакти от Самуиловата крепост в гр. Петрич и от Перперикон, холограми на реликви на Васил Левски и други. Изложбата винаги предизвиква голям интерес у ученици, студенти и учени от България и чужбина.



Фигура 3. Експонати от постоянната изложба на холограми в ИОМТ.

### 1.5.2. Проекти, свързани с общонационални и оперативни дейности, обслужващи държавата и обществото, финансирани от национални институции (без ФНИ), програми, националната индустрия и пр.



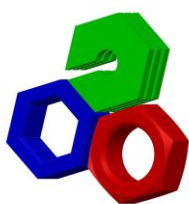
ИОМТ-БАН е партньор по Модул I (Синтез и изследване на нови материали) по проект ИНФРАМАТ - разпределена инфраструктура от центрове за производство и изследване на нови материали и техните приложения, както и за консервация, достъп и е-съхранение на археологически и етнографски артефакти, част от Националната пътна карта за научна инфраструктура, финансирана от Министерството на образованието и науката. На територията на ИОМТ се намират 12 инфраструктурни единици, които функционират в рамките на ИНФРАМАТ и за които са осигурени консумативи, сервизно обслужване и профилактика. Ръководител за ИОМТ е проф. д-р Цветанка Бабева; контактното лице за ИОМТ е доц. д-р Катерина Лазарова. И през 2022 г. продължи успешното сътрудничество между 17-те партньора и ИОМТ по проекта. Освен постигане на високо качество на научните изследвания в областта на новите материали и проучването на културни ценности, една от най-важните цели бе осигуряването на отворен достъп за учени от партниращи и външни академични институции, както и за широк кръг от потребители, работещи в сферата на индустрията или за опазване на културното наследство. В периода януари 2022 – декември 2022 ИОМТ осигури достъп до научната инфраструктура за всички изследователи и промишлени ползватели на национално и регионално ниво, като по този начин стимулира устойчивото развитие на България и



региона в областта на получаване на нови материали. През 2022 г. благодарение на проекта е закупено ново оборудване и/или доокомплектоване на съществуващия инфраструктурен ресурс в размер на 20 000 лв. и са осъвременени повечето от лабораториите, които са част от Инфрамат. Осигурена е поддръжка на наличната апаратура (чрез профилактика, сервизно обслужване, резервни части, консумативи и др.). За изпълнение на една от основните цели на проекта - интензифициране на връзките с публичния и частен сектор и засилване на взаимодействията между институциите, през 2022 г. са извършени над 50 услуги за частни фирми, публични и държавни организации с помощта на част от оборудването, подкрепяно от ИНФРАМАТ. Проведени са над 20 обучения за работа с апаратурата, част от инфраструктурата в ИОМТ, от специалисти. Сумарно са отчетени 27 статии и 46 представяния на резултатите на научни конференции с изказана благодарност към ИНФРАМАТ.

Млади учени и специалисти от ИОМТ участваха с постери и лекции в Научна конференция ИНФРАМАТ 2022 - Изследователска инфраструктура в услуга на индустрията, културата и технологиите в гр. Пловдив, 12-14 септември 2022 г.

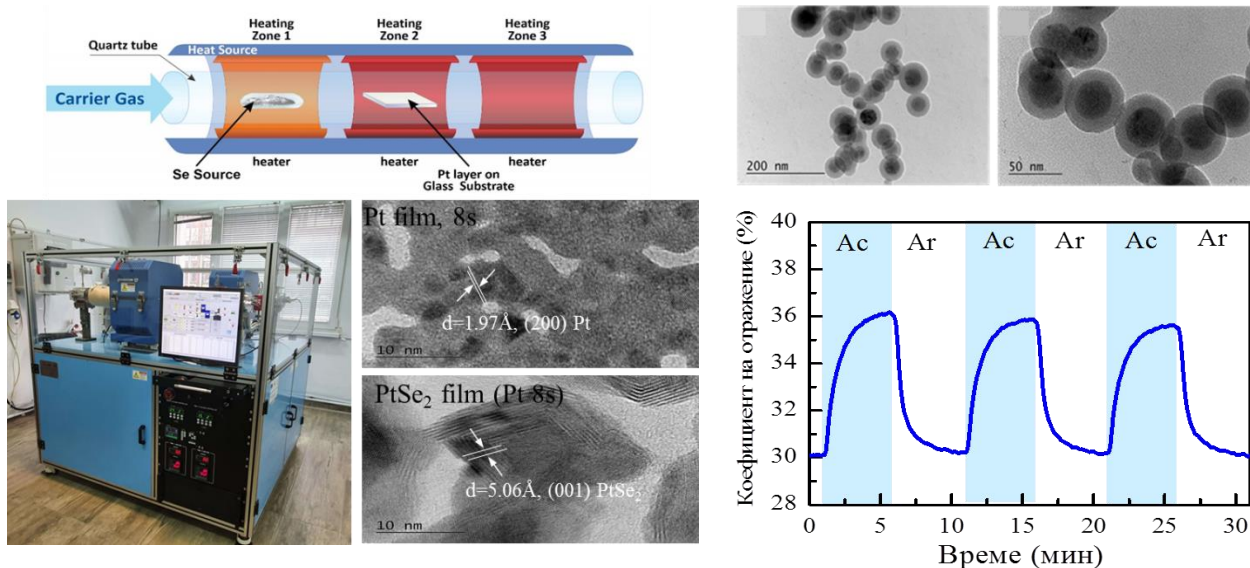
На 4 юни 2022г беше проведен Ден на отворените врати Инфрамат. Посетителите имаха възможност да разгледат лабораториите, оборудвани с най-съвременна и нова техника, закупена или поддържана от проекта. На информационен щанд гостите се запознаваха с предлаганите услуги и обучения, които ИОМТ и Инфрамат инфраструктура предлагат в рамките на проекта за външни потребители - фирми, научни институции и държавни учреждения. Специалистите отговорници на апаратура представиха пред гостите на института възможностите за изследвания и анализи, както и подробности за инфраструктурните единици в ИОМТ.



#### **ЗАЕДНО СЪЗДАВАМЕ**

**ИОМТ-БАН участва в Проект BG05M2OP001-1.001-0008 - “Национален център по мехатроника и чисти технологии”,** Оперативна програма „Наука и образование за интелигентен растеж“, съфинансирана от Европейския съюз чрез Европейските структурни и инвестиционни фондове. Националният център по мехатроника и чисти технологии се състои от консорциум от 17 научни организации: 12 института на БАН, СУ, ТУ – София, ТУ – Варна, ТУ – Габрово, ХТМУ, като водеща организация е Институтът по обща и неорганична химия – БАН. Ръководител за ИОМТ е проф. д-р Цветанка Бабева.

След като през 2021 г. беше доставено, инсталирано и пуснато в експлоатация цялото оборудване, планирано за закупуване по проекта (на обща стойност над 1 милион лева), през 2022 г. работата беше основно съсредоточена върху изпълнението на работната програма на проекта, като екипът на ИОМТ работи по дейности от РАБОТЕН ПАКЕТ 2: “Електронни, оптични, сензорни и био-мехатронни системи и технологии”. В Лабораторията за получаване на 2D материали на ИОМТ се работеше върху синтез на 2D (двудименсионни) материали чрез химично отлагане от газова фаза (CVD), сепариране на разтвори и частици, отлагане на тънки покрития чрез центрофугиране, оптични и опто-електрични измервания, сензорни измервания и др. В Лабораторията по спектрална оптична интерферометрия на ИОМТ бяха разработени спектрални оптични интерферометрични методи и софтуери за 3D и 4D охарактеризиране на биомехатронни елементи.



Получаване на  $PtSe_2$  слоеве и оптимизирането им като антибактериални покрития

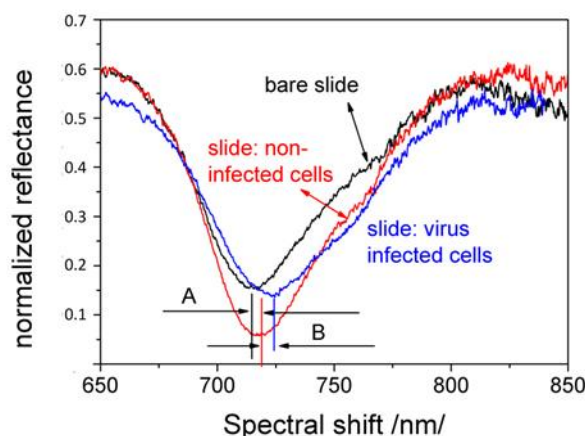
Изследване на тънки слоеве от PVA полимери с присадени вериги от PMA като активни среди за оптични газови сензори

**Фигура 4.** Апаратура и резултати, получени в Лабораторията за получаване на 2D материали.

Част от получените резултати са публикувани в 10 научни статии, от които 2 са в списания от категорията Q1, като 1 от тях е водещо в областта, а 3 са в списания от категорията Q2. Към 31.12.2022 г. екипът за изпълнение на проекта се състои от 5 изследователи с научна степен и 1 изследовател без научна степен. През изминалата година по проекта успешно са проведени обществени поръчки и са закупени оптични елементи на стойност 17000 лв. с ДДС и химикали и вещества на стойност 28000 лв. с ДДС.



**ИОМТ участва като партньорска организация в проект по НПКНИ 2020-2027 „Национален Център по Биомедицинска Фотоника – НЦБФ“.** През 2022 г. е извършен основен ремонт на лабораторията в ИОМТ, като са обезпечени нужните условия за чистота при работа с биологични вещества. Закупени са консумативи и материали.



**Фигура 5.** Апаратура и резултати, получени в Лабораторията по Биомедицинска фотоника.

По изследователската програма на проекта е разработен метод за идентифициране на ранните процеси на развитие на вирусна инфекция с човешки коронавирус, на клетъчно ниво, базиран на повърхнинен плазмонен резонанс. Методът е приложен и за проследяване на ефективността на инхибитори на вирусна инфекция. Резултатите са публикувани в престижно списание – *Biosensors*.

## 2. РЕЗУЛТАТИ ОТ НАУЧНОИЗСЛЕДОВАТЕЛСКАТА ДЕЙНОСТ ПРЕЗ 2022 г.

Научноизследователската дейност в ИОМТ се провежда по две основни тематични направления и се подкрепя от работата на Научно-техническия отдел. През 2022 г. изследванията обхващат изпълнението на 11 планови задачи с бюджетно финансиране, които включват частично и резултати от работа по договори, финансирани от ФНИ към МОН и по линия на международното сътрудничество. Описанието на постигнатите резултати в отчета е дадено по тематични направления и по отделни планови задачи.

Тематично направление „Оптични материали”, ръководител проф. дфн Вера Маринова

### Многослойни порести структури за оптична детекция на летливи органични вещества, ръководител проф. д-р Цветанка Бабева

<b>Финансиране:</b>	Бюджетно ФНИ (КР-06-М48/3: р-тел гл. ас. д-р Р. Георгиев) ИНФРАМАТ „Национален център по мехатроника и чисти технологии“ BG05M2OP001-1.001-0008
<b>Сътрудничество:</b>	Институт по полимери – БАН Технически университет – София ИОХЦФ-БАН Centre for Industrial and Engineering Optics, Dublin, Ireland Laboratoire Catalyse & Spectrochimie, Caen, France

Основна цел на проекта е разработване на чувствителни и селективни порести материали, които да се вградят в многослойни системи, които от своя страна да се използват за оптично детектиране на летливи органични вещества и влага. През 2022 г. са получени следните основни резултати:

#### 1. Изследване на влиянието на отгряването и концентрацията на темплейта върху оптичните и сензорни свойства на тънки слоеве SiO<sub>2</sub>

Демонстрирано е успешното отлагане на тънки слоеве от порест SiO<sub>2</sub> с помощта на комбинация от методите зол-гел, spin-coating и използване на полимерен темплейт (soft template). Поръзността на филмите и техните показатели на пречупване могат да се контролират чрез промяна на обемната фракция на полимерния темплейт (Pluronic P123) към прекурсора за отлагане на SiO<sub>2</sub> филми (TEOS). Свободният обем на слоевете варира от 0 за плътен филм до 47% за филма със съотношение P123 към TEOS от 70%, което води до промяна на показателя на пречупване от 1.43 до 1.22. Показано е, че слоевете с обемни фракции P123 към TEOS от 47%, са най-подходящи за оптично детектиране. При тях се получават най-големите пори и количеството на адсорбиран анализ (пари на ацетон) е най-голямо. Препоръчва се температурно отгряване при температури до 320°C, тъй като

отгряването при по-висока температура (450°C) води до влошаване на сензорните свойства поради частичното свиване на филмите.

## 2. Разработване на композитни слоеве от зол-гел Nb<sub>2</sub>O<sub>5</sub> матрица с вградени частици от SiO<sub>2</sub> с подобрени сензорни свойства

Оксидната матрица се получава чрез метода на зол-гел, а търговски продукт *Ludox*, представляващ стабилизирани колоиден разтвор на наночастици от SiO<sub>2</sub> с размер от 13 nm се използва за дотирането. Чрез вариране на съотношението зол към наночастици са получени слоеве, чиито показатели на пречупване варират в широка област от 1.8 за съотношение 50:1 до 1.25 за 5:1. Чрез ецване на SiO<sub>2</sub> фазата в стандартен ечер за SiO<sub>2</sub> се генерира допълнителна порьозност и слоевете показват подобрени сензорни свойства в сравнение с тези, които не са подложени на ецване. Показано е също, че съществува оптимално време на ецване, при което се получава най-добрия сензорен отклик. Оптималното време зависи от съотношението на двете фази и е по-малко при слоевете с повече SiO<sub>2</sub>. Изследван е контактния ъгъл на слоевете и повърхностната им енергия. Показано е, че с увеличаване на количеството на SiO<sub>2</sub> фазата слоевете стават по-хидрофилни.

## 3. Тънки полимерни слоеве от PVA-g-PMA като активни среди за оптично детектиране на ацетонови пари

Демонстрирано е успешното получаване на водни колоидни системи от амфибилни PVA-съполимери с присадени метилакрилатни странични вериги, подходящи за директно отлагане на тънки полимерни филми. Установено е, че промяната на концентрацията на мономера и инициатора при присаждането на МА върху PVA не оказва значително влияние върху размера на колоидните частици – хидродинамичните диаметри остават в интервала 70-80 нанометра с почти постоянна дисперсност на размера.

Колоидни дисперсии на PVA с присадени вериги от МА с две различни плътности на присаждане бяха използвани за отлагане на прозрачни полимерни слоеве с приблизителна дебелина от 70 nm чрез метода на spin-coating. Беше установено, че плътността на присаждане има слабо влияние върху оптичните свойства и дебелината на филмите. Когато са изложени на ацетонови пари, тънките филми показват набъбване, което е най-силно изразено във филмите с по-висока плътност на присаждане. Допълнителни циклични измервания на адсорбция/десорбция доказват, че промяната на дебелината на съполимерните филми е обратима и че десорбцията протича без допълнително отгряване.

*Изследванията са проведени в сътрудничество с Институт по полимери-БАН.*

**Разпространение на резултатите:** Резултатите са публикувани в 3 статии, две излезли от печат и една на етап minor revision и очакваща решение на редактора; представени са на 5 научни мероприятия в страната и чужбина чрез изнасяне на 6 доклада: 1 поканен, 2 устни и 3 постерни.

**Хибридни структури и 2D материали за приложения в оптиката и фотониката,**  
ръководител проф. дфн Вера Маринова

**Финансиране:** Бюджетно; ФНИ (КП-06-Н28/8 и КП-06-Н58/12  
КП-06-ДБ/3 по програма „Петър Берон“)  
EU проект ТОСНА 824140, Хоризонт 2020  
EU проект M-ERA-NET КП-06-ДО 02/2

**Сътрудничество:** Национален Ян Минг Чао Тунг Университет, Департамент по електрофизика, Тайван (ЕБР проект)  
Институт по Микроелектроника и Микросистеми, (CNR-IMM), Италия (ЕБР проект)  
COST акции CA17123, CA18823, CA20116



През 2022 г. дейността по проекта е насочена към синтез на нанослоеове от прозрачни, проводими оксиди, 2D материали и асемблирането им в хибридни структури за приложения в оптиката и фотониката. Получени са следните основни резултати:

### **1. Мултифункционална роля на ZnO:Al (AZO) като прозрачен, проводим и подравняващ слой**

Успешно са отложени нанослоеове от ZnO легирани с Al (AZO) върху подложки от стъкло чрез използване на ALD технология за последователно отлагане на атомни слоеве. Получените AZO слоеве показват висока оптична пропускливост във видимата и близката инфрачервена области от спектъра и електрически свойства, конкурентни на тези на покритията от индиево-калаен оксид (ITO). Получените AZO нанослоеове са силно хидрофобни, с изключително ниска повърхностна свободна енергия. Демонстрирана е много стабилна вертикална ориентация на течнокристалните молекули след топологична модификация (механично триене) на AZO слоя. По този начин е доказана мултифункционалната роля на AZO едновременно като прозрачен проводящ слой и слой за подравняване на течнокристални молекули при асемблиране на течнокристални устройства за приложения в дисплей технологиите. Предлаганите устройства са изключително лесни и икономични за направа, като отпада необходимостта от нанасянето на допълнителен подравняващ слой. Част от дейността е извършена съвместно с колеги от ИФТТ-БАН и Национален Ян Минг Чао Тунг Университет, Департамент по електрофизика, Тайван (сътрудничество по ЕБР).

### **2. Синтез на графен и THz приложения**

Получени са големи по площ слоеве от графен чрез използване на метода на химическо отлагане от газова фаза (CVD) върху Cu фолио ( $2.5 \times 2.5 \text{ cm}^2$ ). Графенът е трансфериран върху твърди и гъвкави подложки, като Zeonor (циклоолефинов полимер с ниски загуби на THz абсорбция), полиетилен терефталат (PET - Mylar), както и силиций с високо съпротивление (HRFZ-Si) и разтопен силициев диоксид (топен кварц). За трансфера на графен са използвани два различни метода: (i) чрез центрофугиране на PMMA (полиметилметакрилатен полимер) и (ii) чрез т.нар. метод на термична лента. Качеството на графена е характеризирано с Раманова спектроскопия, като е доказано, че използването на метода на термична лента за трансфер на графен гарантира висококачествени образци върху огъващи се подложки.

Проведени са експериментални измервания на тера-херц (THz) проводимостта на графен, трансфериран върху полиетилен терефталат и циклоолефин полимери. Получените експериментални данни са подкрепени с теоретичен анализ, като са изведени аналитични уравнения въз основа на закономерностите на THz спектроскопия (TDS), работеща в режим на отражение, позволяваща изчисление на дебелината на подложката, диелектричната дисперсия и комплексната проводимост на графена, която се описва с модел на Друде-Смит. Така разработеният анализ позволява бързо, неразрушително характеризиране на графенови слоеве, които могат да бъдат директно интегрирани в производство на пасивни или активни компоненти на основата на графен, използващи металподдържащи резонансни кухини, като THz абсорбери, метаповърхности или вълноводни антени. Получените резултати потвърждават отличната комбинация графен-диелектрични структури и дават възможност изследването да бъде продължено върху характеризирането и на графеноподобни слоеве, т.е други представители на 2D материалите. Част от дейността е извършвана съвместно с колеги от Istituto per la Microelettronica e Microsistemi (CNR-IMM), Rome, Italy (сътрудничество ЕБР).

### **3. PtSe<sub>2</sub> –базирани Polymer Dispersed Liquid Crystals (PDLC) структури**

Синтезирани са двуменсионни слоеве от PtSe<sub>2</sub> по метода Термично Асистирана Конверсия (Thermal Assisted Conversion, (TAC)), който включва 2 етапа: 1) предварително нанасяне на метален слой (Pt) чрез магнетронно разпрашване върху различен тип подложки (Si/SiO<sub>2</sub>, кварц, сапфир) и 2) селенизиране в атмосфера на газов поток на Ar и H<sub>2</sub>, при което

парите от Se се пренасят в реакционната зона до слоевете от Pt, където реагират чрез термично активирана конверсия до образуването на PtSe<sub>2</sub>. Успешно са получени няколко серии проби, чиято дебелина/структура на слоя се контролира чрез промяна на времето на отлагане. За характеризирането на получените нанослоеове от PtSe<sub>2</sub> са използвани XRD, XPS, AFM, TEM, Раман mapping, спектроскопия, потвърждаващи наличието на нанослоеове. Използвани са елипсометрични методи за измерване на дебелината. Въз основа на проведените измервания са подбрани образци от PtSe<sub>2</sub>, отложени върху стъкло, с висока прозрачност и проводимост, и са асемблирани хибридни структури на основата на полимерно диспергирани течни кристали. Измерени са електро-оптичните им характеристики. Така направените устройства могат да служат за оптични превключватели в ИЧ област от спектъра, където PtSe<sub>2</sub> показва значителна пропускливост в сравнение с конвенционалните покритията от индиево калаен оксид (ITO). В допълнение, получените нанослоеове от PtSe<sub>2</sub> върху стъкло са тествани като антибактериални покрития. За първи път е демонстрирано фотокаталитичното действие на PtSe<sub>2</sub> нанослоеове, като антибактериални покрития срещу *Escherichia coli*. Наблюдаваната фотоиндуцирана антибактериална активност е свързана с високата кристалинност, полупроводниковите свойства и химичния състав на PtSe<sub>2</sub>.

#### **4. Разработване на геометрични фазови елементи на основата на течни кристали**

Наскоро устройствата на основата на течни кристали, благодарение на тяхната отлична анизотропия и високи стойности на двулъчепречупване, разкриват нови хоризонти за разработването на следващо поколение пренастройваеми оптични елементи - т.нар "geometrical phase elements" (4G optics). Асемблирани са устройства на основата на прозрачни проводими слоеве от индиево калаен оксид (ITO), отложени върху стъкло и кварц, като за фото-подравняващ слой е използван тънък полиамиден (PI) слой. Демонстрирана е чувствителна пространствена поляризация, която открива много обещаващи перспективи за създаването на следващо поколение оптични елементи като вълнови пластини, лещи, фазови закъснителни и др. Разработването на ново поколение структури за манипулиране на светлината във "flat optics" формат изисква интегрирането на нови материали, сред които графенът и графеноподобните 2D материали показват уникални оптични и електрооптични свойства.

**Разпространение на резултатите:** Резултатите са публикувани в 6 статии в списания. Представени са 40 доклада/постерни съобщения на национални и международни конференции.

#### **Наноструктурирани тънки филми и многослойни покрития от метал и полупроводник, ръководител доц. д-р Росен Тодоров**

**Финансиране:** Бюджетно; ФНИ (проект КП-06-Н38/8 от 05.12.2019 г.)

**Сътрудничество:** Лаборатория по твърдотелна химия, Университет в Пардубице, Чехия

Целта на задачата е да се установят условия за отлагане на тънки слоеве със зададен химически състав, фазов състав и микроструктура, да се изследват техните оптични и структурни свойства в зависимост от условията им на получаване и вида на подложката. Получените резултати ще послужат за моделиране на композитни еднослойни и многослойни покрития от метал и полупроводник, като нови плазмонни материали за ултравиолетова светлина и практическото им приложение в техниките със свръхвисока чувствителност, като повърхностно стимулирана Раманова спектроскопия и плазмонно-стимулирана ултравиолетова флуоресценция. Част от експерименталната работа е включена в работната програма на проект, финансиран от ФНИ на МОН – „Наноразмерни покрития от 5p – блок метали и сребро за приложение в плазмониката“, договор КП-06-Н38/8 – 05.12.2019

г., свързан с определяне влиянието на електронната обвивка на 5p – блок метали върху оптичните свойства на техни сплави със сребро и злато и намиране на оптимални състави за възбуждане на локализиран повърхностен плазмонен резонанс (LSPR) в ултравиолетовата (УВ) спектрална област.

**Изследвани са условията на получаване на тънки слоеве от системите Au-Me (Me = Cd, In, Sn, Sb и Bi) с желан химически и фазов състав и техните оптични свойства.** Изследванията от предходната година, показаха, че най-висока ефективност на възбуждане на локализиран плазмонен резонанс в УВ спектрална област може да се постигне в случай, когато съставът на тънките слоеве попада в областта на интерметални съединения на фазовата диаграма на съответната двуметална система. Тънките слоеве бяха отложени чрез два метода - отлагане на многослойни покрития от злато и p-block метали (Cd, In, Sn, Sb и Bi) в един вакуумен цикъл или чрез термично съизпарение на двата метала. При отлагане на многослойни покрития съотношенията на дебелините на подслоевите се избираха, така че да се получат тънки слоеве с предварително зададен състав. Рентгеновият микроанализ показва, че съставът на отложените покрития отговаря на теоретично пресметнатия състав. Фазовият състав беше определен чрез рентгенова дифракция (XRD). Рентгенограмите на тънките филми показаха, че реакция между златото и p-block металите се получава още по време на отлагане на покритията. Регистрирани бяха следните фази на интерметални съединения - Au<sub>2</sub>Cd, Au<sub>3</sub>Cd<sub>5</sub>, AuCd, AuCd<sub>3</sub>, Au<sub>3</sub>In, Au<sub>7</sub>In<sub>3</sub>, AuIn<sub>2</sub>, Au<sub>5</sub>Sn, AuSn, AuSn<sub>2</sub>, AuSn<sub>4</sub>, AuSb<sub>2</sub> и Au<sub>2</sub>Bi, като наличието им в тънките слоеве зависи от състава. Комплексната диелектрична функция,  $\varepsilon(\omega) = \varepsilon'(\omega) + i\varepsilon''(\omega)$  на тънките слоеве с дебелини в интервала 5-100 nm беше определена чрез елипсометрични измервания. Спектрите на  $\varepsilon(\omega)$  бяха използвани за определяне на плазмонната активност на тънките филми. От пресметнатата функция на диелектричните загуби,  $Im\{1/\varepsilon\}$  се определяха надлъжните трептения на свободните електрони (обемен плазмон), коефициентът за възбуждане на локализиран повърхностен плазмонен резонанс Q<sub>LSPR</sub> и ефективното сечение на емисията. Пресмятанията потвърждават възможността изследваните материали да намерят приложение в УВ плазмониката в спектралния интервал 3 – 10 eV.

**Зависимост от дебелината на микроструктурата, фазовия състав и оптичните свойства на тънки слоеве от системите Ag-Cd, Ag-In, Ag-Bi и Ag-Sb.** През изтеклия период беше проследена зависимостта от дебелината на микроструктурата, фазовия състав и оптичните свойства на тънки слоеве от системите Ag-Cd, Ag-In, Ag-Bi и Ag-Sb. Съставите на тънките слоеве бяха избрани от предходни изследвания, като състави, при които са наблюдавани максимални стойности на Q<sub>LSPR</sub>. За всеки избран състав са отложени тънки слоеве с различни дебелини в интервала 5-100 nm в един вакуумен цикъл. AFM изображенията показаха формиране на островна структура на тънките слоеве с дебелини по-малки от 35 nm. В спектрите на имагинерната част на комплексната диелектрична функция се появява максимум в спектралния интервал 3 – 5 eV, дължащ се на напречните трептения на свободните електрони по повърхността на металните острови, изграждащи тънкослойните покрития. С намаляване на дебелината, и респективно размера на частиците, се наблюдаваше отместване на позицията на този максимум към по-големите енергии на фотона.

Проследено е влиянието на броя на подслоевите в тънки многослойни Ag/Bi покрития. Проведените изследвания през предходната година показаха, че тези покрития притежават *epsilon near zero* (ENZ) свойства с ниски оптични загуби в широк спектрален интервал. Установено е, че трислойни покрития Ag/Bi/Ag притежават ENZ свойства, като нарастване на броя на подслоевите до 9 води до разширяване на спектралния интервал, в който реалната част на комплексната диелектрична функция удовлетворява условието  $\varepsilon^{1/2} < 1$ . При по-нататъшно увеличаване броя на подслоевите се получава само намаляване на имагинерната част на диелектричната функция.

**Първоначални експерименти за куплиране на локализиран повърхностен плазмонен резонанс с фотонна забранена зона с цел получаване на анти-Стоксова стимулирана флуоресценция.** Отложените многослойни покрития от Ag/Bi бяха използвани за изследване на възможността за възбуждане на анти-Стоксова луминесценция. Те бяха тествани за усилване на флуоресцентен сигнал на триптофан, като за целта се използваше лазерно лъчение с дължина на вълната 514 nm на Ar лазер. Емисионните спектри показаха анти-Стоксова луминесценция на емисионната линия на 350 nm и двукратно усилване на емисията на Стоксовата луминесценция на 580 nm.

В случай на 1D фотонни кристали е изследвана възможността за усилване на луминесценцията чрез взаимодействие на повърхностните вълни, разпространяващи се на повърхността на многослойна структура изградена от редуващи се слоеве от  $As_2S_3$  и PMMA и LSPR от метални наночастици. Бяха проведени тестове за усилване на луминесцентна емисия на триптофан, родамин В и CuPc, като фотонният кристал се използва за подложка, върху която се накапва изследвания разтвор. В случай на CuPc, където имаше съвпадение на емисията с фотонната забранена зона, беше регистрирана луминесценция при концентрации на CuPc  $10^{-5}$  % във вода, докато върху чиста стъклена подложка луминесцентният сигнал изчезваше при концентрация  $10^{-2}$  %. В случай на отлагане на тънки слоеве от Au, и при системите Ag-In и Ag-Sb беше установено, че когато фотонната забранена зона съвпадне с напречните и надлъжните трепетния на свободните електрони, се получава допълнително 2.5 пъти усилване на луминесцентния сигнал.

**Изследване на влиянието на подложката и дебелината върху оптичните свойства на тънки халкогенидни филми от системата As-S-Ge.** Тънките халкогенидни филми бяха отложени върху стъклена и Si подложка. Елипсометричните измервания показаха, че тънките As-S-Ge филми с дебелини в интервала 5 – 1000 nm, отложени върху Si подложка имат висок показател на пречупване. Рамановата спектроскопия показва, че подложката не влияе на тяхната структура и следователно причина за тази разлика е единствено плътността на покритията. AFM изображенията показват формиране на островна структура при дебелини около 10 nm, като размерът на зърната нараства с увеличаване съдържанието на арсен, като тази зависимост се запазва с нарастване на дебелината на тънките халкогенидни филми. Използвани бяха тънки слоеве от злато и Ag/Bi с дебелина ~ 20 nm за повърхностно усилена Раманова спектроскопия за изследване структурата на тънките As-S-Ge филми с дебелини 10-30 nm. Част от тези експерименти бяха проведен в сътрудничество с Университета в Пардубице, Чехия.

**Разпространение на резултатите:** Резултатите са публикувани и приети за печат в 2 статии в списания от категория Q1, 3 статии в категория Q2, 4 статии в списания с SJR. Резултатите от задачата са представени на 1 международна и 4 национални конференции (1 доклад + 4 постера).

**Разработване на бели органични светоизлъчващи диоди,**  
ръководител доц. д-р Рени Томова

**Финансиране:** Бюджетно;  
ФНИ (проекти ФНИ № КП-06-Н29/7, КП-06-Н29/10, КП-06-Н49/3)  
**Сътрудничество:** СУ „Св. Климент Охридски“

През 2022 г. са получени следните основни резултати:

**1. Разработване на бели органични светоизлъчващи диоди**

Изследвано е влиянието на стареенето на прахообразно  $Alq_3$  (Tris(8-hydroxyquinolinato) aluminium) върху електролуминесцентните свойства на изработените от него органични светодиоди: Анод/HTL/ $Alq_3$ /Катод. Установено е, че с времето на стареене



максимумът на дължината на вълната на електролуминесценция и СІЕ координатите на излъчената от светодиода светлина се изместват първоначално (до 130<sup>ия</sup> месец от съхранението) по посока на жълто-червената, а след това - по посока на синята област на спектъра. Направените ЯМР (<sup>1</sup>H NMR) и XRD на Alq<sub>3</sub> не дават отговор на въпроса за причината на наблюдаваните явления, което говори, че по-скоро става дума за преобразуването на едни клъстерни в други по-стабилни клъстерни образувания от молекулите на веществото във времето, каквото заключение за тънки филми от Alq<sub>3</sub> е направено от други автори.

## 2. Синтез, структура и луминесцентни свойства на волфраматни стъкла, съдържащи Eu<sub>2</sub>O<sub>3</sub>

Синтезирани са стъкла със състав 50ZnO:(40-x)В<sub>2</sub>O<sub>3</sub>:10WО<sub>3</sub>:xEu<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (x=0, 0.1 и 5 mol %), чието аморфно състояние е потвърдено чрез XRD анализ. Спектърът на възбуждане на нелегирано стъкло (x=0) (наблюдаван при емисия 510 nm) се характеризира с широка лента на поглъщане между 240 и 350 nm, съответстваща на пренос на заряд (СТ) от O<sup>2-</sup> към W<sup>6+</sup> йони в WO<sub>n</sub> (n = 4, 6) групи от стъкло. Спектърът на възбуждане на легираните с Eu<sup>3+</sup> стъкла (наблюдавана при 612 nm - емисия на Eu<sup>3+</sup>) също има широка ивица на поглъщане около 250 nm, дължаща се на СТ от O<sup>2-</sup> както към W<sup>6+</sup> йони в WO<sub>n</sub> групите, така и към Eu<sup>3+</sup> йони. При възбуждане при 250 nm в легираните стъкла едновременно се наблюдават характерните емисионни ленти както за WO<sub>n</sub> полиедрични единици (<sup>1</sup>A<sub>1</sub>→<sup>3</sup>T<sub>1</sub> преход), така и за Eu<sup>3+</sup> йони (<sup>5</sup>D<sub>0</sub>→<sup>7</sup>F<sub>j</sub>, j=0, 1, 2 и 4 преходи). С нарастването на концентрацията на Eu<sub>2</sub>O<sub>3</sub> интензитетът на емисиите на Eu<sup>3+</sup> се увеличава, а интензитетът на емисиите на WO<sub>n</sub> намалява. При възбуждане при 394 nm (характерната абсорбция за Eu<sup>3+</sup> йони), излъчва само Eu<sup>3+</sup> поради ефективния пренос на заряд от матрицата към Eu<sup>3+</sup>.

## 3. Нови стъклокерамични материали, дотирани с редкоземни йони за LED приложения

Прахови проби от легирани с Eu<sup>3+</sup> (0.5 – 5.0 ат. % по отношение на Ca<sup>2+</sup>) Li<sub>2</sub>CaGeO<sub>4</sub>, Ca<sub>2</sub>GeO<sub>4</sub> и Ca<sub>5</sub>Ge<sub>3</sub>O<sub>11</sub> бяха получени чрез конвенционален твърдотелен синтез. Анализите с рентгенова дифракция (XRD) потвърждават получаването на чисти фази при всички концентрации на добавката. Паралелно монокристали от трите съединения с експериментално установената оптимална концентрация на Eu<sup>3+</sup> са синтезирани посредством „метод на потока“. В проведените структурни изследвания на монокристалите специално внимание е обърнато върху формата и степента на изкривяване на полиедъра, на средното разстояние Ca–O, Ca–Ca, както и на мястото на заместване на Ca с Eu. Бяха открити връзки между структурните и спектралните характеристики на пробите. Установена е оптималната концентрация на Ca<sub>2</sub>GeO<sub>4</sub> (3 at%), на Ca<sub>5</sub>Ge<sub>3</sub>O<sub>11</sub> (4 at%) и на Li<sub>2</sub>CaGeO<sub>4</sub> (4 at%). СІЕ координатите на цветовете на емисиите на всички проби са в червената област, близо до СІЕ координатите на стандартното червено. Получените резултати показаха, че легиран с европий Li<sub>2</sub>CaGeO<sub>4</sub>, Ca<sub>2</sub>GeO<sub>4</sub> и Ca<sub>5</sub>Ge<sub>3</sub>O<sub>11</sub> могат да се използват като червени луминофори. **Разпространение на резултатите:** Резултатите са публикувани в 4 статии: 2 в списания от категория Q1, 1 в списание от категория Q3 и 1 в списание на международно издателство. Представени са 4 постера на две международни конференции.

**Био/газ сензори, базирани на Повърхнинен Плазмонен Резонанс (ППР), ръководител**  
проф. д-р Георги Дянков

### Финансиране:

Бюджетно; ФНИ (проекти Д18/8, Н33/6 и КП-06-Китай/1, ДК1/10 по обществени предизвикателства, свързани с пандемията от COVID-19 – 2020 г.)

Д01-392/18.12.2020 г. „Национален център по биомедицинска фотоника“

**Сътрудничество:** Национален център по заразни и паразитни болести  
Институт по микробиология – БАН  
УМБАЛ „Царица Йоана“ ИСУЛ  
Квебекски университет – Канада  
BEIHANG UNIVERSITY, Beijing, China  
УМБАЛСМ „Пирогов“  
Централна лаборатория по приложна физика – БАН

Работата по тази тема е свързана с изпълнението на посочените договори:

### 1. Договор КП-06 ДК 1/10-Н

Основната цел на проекта е разработване на метод за ранна диагностика на SARS CoV-2. Методът се базира на детекцията на структурни протеини на вируса чрез SPR метод. За изпълнение на целта е извършено:

- Установена е технологията на функционализиране на биочипа с моноклонални антитела и S-протеиновия фрагмент RBD;
- Изследвана е и е установена запазената биоактивност на имобилизирания лиганд чрез UV и FTIR спектроскопия;
- Установени са източниците на грешки на експеримента;
- Достигнати са рекордни чувствителности в детекция на S/N протеини от порядъка на няколко fM, докато се приема, че SPR не може да детектира концентрации на анализа по-ниски от pM;
- За първи път експериментално е потвърдено, че N протеина взаимодейства с хем групата на Hb/Mb.
- Горните резултати и изводите от тях са потвърдени независимо чрез LPG (Long-Period fiber-Grating) технологията, което показва ефективността на методите за детекция по отношение на специфичност и селективност;
- LPG технологията позволи изследване на кинетиката на взаимодействие антиген/антитяло.

Освен работа за детекция на вируси, SPR е приложен за изследване на инхибиторния ефект на различни лекарствани препарати в началните часове на вирусното развитие. Направен е извод за техния механизъм на действие и ефективност. Към момента SPR е единствения метод, който позволява такива изследвания в първите часове на вирусната инфекция.

### 2. Договор КП-06 Н33/1

Основната цел на проекта е разработване на метод за диагностика на бактериалната инфекция *Helicobacter pylori* чрез изследване на слюнка. Методът се базира на SPR регистрацията на взаимодействието антиген/антитяло.

За изпълнението на проекта:

- Установена е технологията на функционализиране на биочипа с кръвен антиген;
- Установени са концентрационни зависимости в диапазона  $100-10^7$  CFU/ml, като при това за първи път пряко се детектира бактерията, а не нейни производни;
- Достигната е чувствителност около 1000 CFU/ml;
- Тази чувствителност не е достатъчна за детекция на инфекцията чрез слюнка;
- Установени са факторите, лимитиращи точността и чувствителността на детекция;
- Концентрационни зависимости са изследвани чрез LPG технологията: достигнати са чувствителности до 100 CFU/ml, което е много добър резултат;

- LPG измерванията позволиха да се изследва кинетиката на взаимодействие антиген/антитяло, като се установи, че активното свързване антиген/антитяло протича за 20 мин.

### 3. Договор с Китай КП-06-КИТАЙ

Целта на проекта е да се създаде бърз метод за измерване на SPR. Сътрудничеството с Китай предвижда експерименталната работа да се извърши в ИОМТ, а в партньорската организация да се създаде софтуера. През изминалата година са проведени предвидените моделни експерименти и е създадена първата версия на софтуера. Към момента не е достигнато нужното съответствие с експеримента. Забавянето се дължи на дългия lockdown в Китай, наложен поради Ковид.

### 4. Договор Д01-183/01.08.2022 г.

Този проект е инфраструктурен и по него е предвидено закупуване на апаратура, необходима за работата по тематиката. Подготвено е техническото задание на планираната за закупуване апаратура. Предстои обявяване на обществена поръчка.

**Разпространение на резултатите:** Резултатите са публикувани като 1 статия с SJR, 2 статии са изпратени за печат. Представени са на 6 международни и национални конференции (1 поканена лекция и 5 постера).

**Получаване и оптимизиране на свойствата на тънкослойни покрития от  $ZrO_2$  и  $ZnO$ ,**  
ръководител доц. д-р Константин Ловчинов

**Финансиране:** Бюджетно; ФНИ (проект КП-06-Н38/7)

**Сътрудничество:** СУ „Св. Климент Охридски“

Използван е новаторски подход за получаване на тънки филми от циркониев оксид чрез екологично съвместимо и доста евтино електрохимично отлагане, което обогатява и разширява съществуващите данни за основните свойства на  $ZrO_2$  слоеве, получени чрез други методи. Описани са основните резултати за влиянието на температурата на отлагане върху структурните, морфологичните и оптичните свойства на наноструктурирани слоеве от  $ZrO_2$ . XRD спектрите показват 6 (1 в тетрагонална фаза и 5 в моноклинна фаза) различни дифракционни максимума, свързани с циркониевия оксид, като не се наблюдава връзка между температурата на отлагане и средния размер на зърната, изчислени от спектрите. Изчисленията, получени от оптичната профилметрия, не показват връзка между средната грапавост и температурата на отлагане на електрохимичните слоеве от  $ZrO_2$ , тъй като разликите могат да бъдат свързани с различните нехомогенности в слоевете. SEM микрографиите разкриват, че слоевете са съставени главно от гранулирани структури, а съставните им образувания имат относително правилни сферични форми. Размерът на тези образувания се увеличава с повишаване на температурата на отлагане и при  $80^\circ\text{C}$  е около 1–2  $\mu\text{m}$ . Също така се наблюдава зависимост в оптичните спектри, тъй като стойностите на огледалните компоненти на пропускане и отражение намаляват с повишаване на температурата на отлагане, а стойностите на дифузните компоненти и съотношението на “haze ratio” се увеличават. Доказано е, че електрохимичният метод в относително тесен и лесно постижим температурен интервал позволява растеж на разнообразни по морфология и размер наноструктури. Такива слоеве от  $ZrO_2$  (с широка забранена зона), имащи ниски стойности на огледално и високи стойности на дифузно пропускане и отражение във видимия и NIR спектрален диапазон, могат да бъдат приложени в някои оптоелектронни устройства, като „background scatter layers“ в тънкослойни слънчеви клетки.

Изследвано е влиянието на температурата и времето на отлагане върху структурните и газочувствителните свойства на електрохимичните слоеве от  $ZrO_2$ , отложени върху

кварцови резонатори. Изчислените стойности за средно квадратичните грапавости показват, че няма строга връзка между температурата на отлагане на  $ZrO_2$  слоевете и тяхната средна грапавост. Има леко повишение на стойностите при по-високи температури (70, 75 и 80°C). Слоевете, отложени при различни времена на отлагане, също не показват корелация между времето и средната грапавост. Както се очаква, слой с най-дълго време на отлагане (40 минути) има най-голяма грапавост. В морфологичен аспект, в зависимост от температурата на отлагане, има много различни характеристики за размера, формата и плътността на зърната, разположени на повърхността на слоевете. При промяна на времето на отлагане се променя само плътността на зърната, разположени на повърхността на слоевете. За натрупаната маса ( $\Delta m$ ) върху кварцовите резонатори има слаба зависимост от температурата на отлагане, но  $\Delta m$  силно зависи от времето, за което са отложени слоевете. Измерванията на сензорните им свойства показват ниска чувствителност на слоевете към етанол и по-силна към амоняк. Има и разлика в честотното отклонение между слоевете, поради разликата в повърхностната структура и съответно натрупаната маса. Тези с по-развита повърхност и по-голяма натрупана маса имат по-големи честотни отклонения и за двата вида изследвани летливи съединения. Като се има предвид ниската производствена цена и стабилното механично и химическо поведение на слоевете, бъдещите усилия ще бъдат насочени към получаване на тяхна подобрена версия с обещаващи приложения в газови сензорни устройства. Наблюдаваната добра чувствителност и селективност на тези слоеве ги прави подходящи за използване като газови сензори.

**Разпространение на резултатите:** Резултатите са публикувани в 2 статии в списания от категория Q2 и са представени на 11 международни и национални конференции (2 доклада и 9 постера).

**Синтез и изследване на 2D селениди и сулфиди на преходни метали и техните хетероструктури като компоненти на устройства в оптикоелектрониката, фотониката и сензориката, ръководител проф. д-р Димитър Димитров**

**Финансиране:** Бюджетно  
ТОСНА H2020-FETPROACT-01-2018, Grant Agreement 824140 (01.01.2019-30.06.2024)  
Договор с ФНИ № КП-06-Н 58/12  
Договор с ФНИ № КП-06-Д002/3

**Сътрудничество:** ИФТТ-БАН

За отчетния период е извършено следното:

- Синтезиране на нанослоеви от  $WSe_2$  и  $PtSe_2$  по метода TAC (thermal assisted conversion) върху подложки от  $Si/SiO_2$ , топен кварц и сапфир. Термично-асистираната конверсия е контролируем, мащабируем и възпроизводим метод за синтез на 2D материали. Изследване на структурата, стехиометрията и свойствата на нанолюспи и непрекъснати слоеве от  $WSe_2$  с XPS, AFM, TEM, спектrophотометрия и елипсометрия.
- Експерименти за получаване на 2D  $WTe_2$  легиран с ванадий от течни прекурсори.
- Експерименти за получаване на обемни кристали (по методите CVT и self-flux) от  $WSe_2$ ,  $WTe_2$  и  $WTe_2:V$ . Получени са кристали  $WTe_2:V$  с 1.8 at.% ванадий по метода self-flux.
- Установена е антибактериална активност на  $PtSe_2$ .



**Разпространение на резултатите:** Публикувани са 6 статии и са представени 28 постера/доклада на международни и национални конференции.

Тематично направление „Оптична метрология и холография”,  
ръководител проф. д-р Димана Назърва

**Пренастройваеми оптични елементи на базата на холографски, компютърно генерирани и хирални структури,** ръководител проф. д-р Лиан Неделчев

**Финансиране:** Бюджетно; ФНИ (проекти КП-06-Н38/15, КП-06-Русия/7)  
ETRI-IOMT 2022, Южна Корея

**Сътрудничество:** ХТМУ; ТУ – София  
Electronics and Telecommunications Research Institute (ETRI), Южна Корея; Scientific and Technological Center of Unique Instrumentation – Russian Academy of Sciences, Русия

Научните изследвания по проекта през 2022 година могат да бъдат групирани в следните основни направления:

### **1. Оптични свойства на нови светочувствителни материали и нанокompозити**

Синтезирани са и са изследвани оптичните характеристики на три нови съединения, съдържащи иминова връзка (C=N) и алкилирана пара-бис(2-тиенил)фениленова част. Експериментално са анализирани промените в спектрите на абсорбция на разтвори на трите съединения в ацетонитрил и толуен, при облъчване със светлина с  $\lambda = 365$  nm, както и при последващата релаксация. Това позволява да се определят важни параметри на протичащата E/Z/E изомеризация - максимумите на абсорбция на E/Z състоянията, степента на изомеризация (R) и скоростта на E/Z и Z/E преходите (k) в двата разтворителя. Определени са също и спектрите на флуоресценция в различни разтворители при облъчване със светлина с дължина на вълната близка до максимума на поглъщане.

Извършена е числена оценка на комплексния показател на пречупване на азополимерни нанокompозити, съдържащи азополимера PAZO (poly[1-[4-(3-carboxy-4-hydroxyphenylazo) benzenesulfonamido]-1,2-ethane-diyl, sodium salt]) и златни наночастици с размери 10 nm, 30 nm, 50 nm при коефициенти на запълване  $f = 0.008, 0.010$  и  $0.030$ . Оценката е получена в непрекъснат спектрален интервал (320 nm – 800 nm). Моделирани са и спектрите на пропускане и поглъщане на същите нанокompозити и са сравнени с тези на недотиран азополимерен слой.

### **2. Прецизно определяне на оптичните константи на азополимера PAZO в широк спектрален диапазон**

Разработен е хибриден дисперсионен модел (ХДМ), реализиран като софтуерен алгоритъм и код, за определяне на оптичните константи на тънки слоеве в широк спектрален диапазон (300 – 2500 nm). Така разработеният модел е приложен за определяне на показателя на пречупване, коефициента на поглъщане, дебелината и други оптични характеристики на три слоя от азополимера PAZO. Използвани са експериментални данни само за спектрите на пропускане  $T(\lambda)$  на трите слоя. Направено е сравнение между стойностите, получени чрез настоящия модел и четири други често използвани дисперсионни модела, показващо преимуществата на ХДМ. Прецизното познаване на  $n(\lambda)$  и  $k(\lambda)$  е много важно, тъй като азополимера PAZO има редица приложения в поляризационната холография и фотониката.

### **3. Диагностични методи на базата на поляризирана светлина**

Чрез методи като поляризационна микроскопия и тъканна поляриметрия са демонстрирани възможностите, които изменението на поляризацията на светлината, след взаимодействието ѝ с тъкани, дава на биомедицинската диагностика. Анализирани са изменението на параметрите на поляризираната светлина (азимут, ъгъл на елиптичност и степен на поляризация) след отражение от тъканни образци. Гореспоменатите методи са приложени към тъканни проби от хепатоцелуларен карцином, амилоидна дегенерация и др.

#### **4. Получаване и анализ на поляризационните свойства на холографски решетки, поляризационно-селективни холографски лещи и хирални структури**

Изградена е оптична схема за запис на поляризационно-селективни холографски лещи. Така получените лещи имат уникални поляризационни свойства: действат като събирателна леща за дясно кръгово поляризирана светлина и като разсейвателна за ляво кръгово поляризирана светлина. Освен това е предложен и реализиран нов дизайн на бифокална леща с фокуси, разположени във взаимноперпендикулярни направления. Експериментално са определени поляризационните свойства на 2D поляризационни холографски решетки с повърхностен релеф.

Реализирана е оптична схема за цифрова холография чрез пространствено-светлинен модулатор. За настройка на системата са получени изображения върху екран на сложни интерференчни картини. Извършен е и запис върху фотополимерни образци, закупени от фирмата Litiholo.

Проведени са експерименти за определяне на ключови параметри на хирални структури в тънки слоеве от три аморфни и един течнокристален азополимер. Получени са стойностите на ъгъла на завъртане на азимута за единица дебелина на слоя и времето на отклик при различни интензитети и дължини на вълната на светлината.

**Разпространение на резултатите:** Резултатите са публикувани в 7 публикации, от тях 1 в списание с категория Q1, 2 публикации с Q2, 2 публикации с Q3, 1 публикация в списание с категория Q4 и 1 в WoS/Scopus. Две публикации са приети за печат (1 в списание от категория Q2 и 1 в списание с импакт-ранг). Резултатите са представени на 3 конференции с 6 постера.

#### **Изследване на термодинамика на реакции на асоциация и изомеризация с методите на изчислителната химия, ръководител доц. д-р Силвия Ангелова**

**Финансиране:** Бюджетно  
ФНИ: КП-06-58/12 от 2021 г.; КП-06-Н59/1 от 2021 г. (частично финансиране, проектът е с базова организация ИОХЦФ–БАН); КП-06-Н39/10 от 2019 г. (частично финансиране, проектът е с базова организация СУ);

**Сътрудничество:** Университет на Алкала, Алкала де Енарес (Мадрид), Испания  
СУ „Св. Климент Охридски“; ХТМУ

В рамките на проекта е планирано изследване с методите на изчислителната химия на термодинамика на реакции на асоциация и изомеризация. През първата година (2022 г.) на изпълнение на проектното предложение са извършени планираните дейности в плана за работа. Първата група обекти, детайлно изследвани с методите на изчислителната химия, са супрамолекулни комплекси на базата на кукурбитурили - биомиметични синтетични системи-домакини. Моделирани са комплекси на различни по размер кукурбитурили с тривалентни метални катиони -  $Al^{3+}$ ,  $Ga^{3+}$ ,  $In^{3+}$ ,  $La^{3+}$  и  $Lu^{3+}$ . Установени са факторите (размер на кухнята на системата-домакин, вид на катиона, хидратация на катиона, хидратация на системата-домакин, рН) които оказват влияние върху реакциите на комплексообразуване. Моделираните реакции на хидратирани  $La^{3+}$  и  $Lu^{3+}$  катиони с модифициран кукурбит[6]урил

протичат различно и получените резултати показват, че избраната система-домакин различава леки от тежки лантаниди, което може да се използва за разделянето им. В ход са изследвания на тройни комплекси кукурбитурил/багрило/метален катион с три различни багрила (Тиазол Оранжев, Неутрално Червено и Тиофлавин Т), които ще бъдат довършени и публикувани през 2023 г. Целта е чрез компютърно моделиране да бъде направен дизайн на различни възможни комплекси биомиметичен молекулен контейнер/багрило/метален йон и да се предложат оптимални структури/условия за получаване на стабилни водоразтворими и биосъвместими фотоактивни системи. Междувременно разработената методология позволи детайлно изследване на термодинамиката на получаване на комплекси на биомиметични лиганди (кукурбитурили, циклодекстрини) с лекарствени молекули (тропикамид, атропин, левофлоксацин) в присъствие/отсъствие на метален катион. Голяма част от изследванията през годината е посветена на изучаване на взаимодействието на биологични лиганди (пептиди, ензими и др.) с нативни/чужди метални катиони или лекарствени молекули.

В ход са изследвания на структурата и свойствата на двумерни (2D) халкогениди на преходни метали (TMD). За втората година на проекта се планира моделиране на взаимодействията (TMD/TMD, TMD/гъвкава подложка, TMD/аналит и др.) на слоеве TMD със/без дефекти. Изследването на тези системи е обект на тематичен проект с базова организация ИФТТ и партньорска организация ИОМТ, финансиран от ФНИ (КП-06-58/12).

Квантово-химичните методи са успешно приложени за изследване на структурата и свойствата на нов флуоресцентен хемосензор за рН,  $\text{Cu}^{2+}$ ,  $\text{CN}^-$  и  $\text{Ba}^{2+}$ . Предложената молекулярна система на базата на родамин има потенциално приложение като флуоресцентен сензор и логическо устройство. Благодарение на сензорните си свойства, хемосензорът може да изпълнява INHIBIT логически операции на молекулярно ниво. Линеините и нелинейните оптични свойства на новосинтезирани D-A<sup>+</sup>-(D) хромофори на базата на хинолизиниев катион са изследвани експериментално и теоретично. Установено е, че D-A<sup>+</sup> и D-A<sup>+</sup>-D архитектури, базирани на хинолизиниев катион като акцепторен фрагмент имат голям потенциал за приложение в интегрирани NLO устройства.

Получените резултати от проведените изследвания са от интерес за фундаменталната наука: охарактеризирани са структурите и свойствата на нови органични съединения и комплекси; изследвани са механизмите на образуване на супрамолекулните структури и са определени основните физични фактори, обуславящи техните физикохимични/фотохимични свойства. Всички изследвани обекти (органични съединения и комплекси) са с потенциално приложение в нанотехнологиите, зелената химия, проектирането на катализатори и сензори, медицинската химия (доставка на лекарства, биомаркиране) и др.

**Разпространение на резултатите:** Публикувани са 12 публикации (от които 5 в списания от категория Q1 и 4 в списания от категория Q2). Представени са общо 5 доклада/постера на национални и международни конференции.

**Запис и обработка на сигнали в цифровата холография с пространствено некохерентно осветяване и динамичната спекъл метрология,** ръководител проф. дфн Елена Стойкова

**Финансиране:** Бюджетно; ФНИ (проект КП-06-Русия/7)  
 ETRI-IOMT 2022, Южна Корея  
 Проект № 956770 „Plenoptic Imaging” – PLENOPTIMA  
 BG05M2OP001-1.001-0008 „Национален център по мехатроника и чисти технологии“

**Сътрудничество:** Технически университет – София  
 Институт по електронни технологии на Южна Корея  
 Изследователски институт по електроника и телекомуникации на Южна Корея

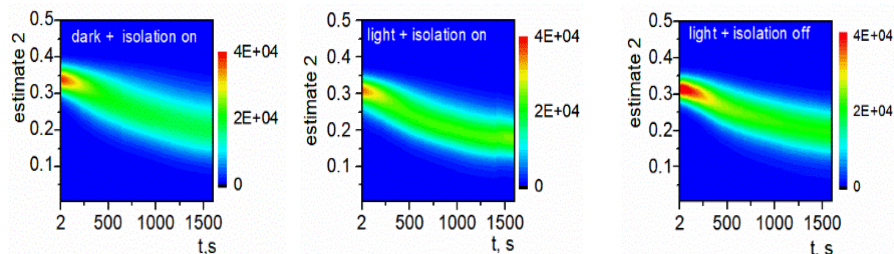
Тази бюджетна задача е посветена на изследвания в областта на записа и обработката на сигнали в некохерентната цифрова холография (НЦХ) и динамичната спекъл метрология (ДСМ).

1. **Некохерентна цифрова холография.** В интензивно развиващата се през последните години НЦХ обектът се осветява с пространствено некохерентна монохроматична светлина. Всяка точка на обекта става източник на сферична вълна, която се разделя в пространството с помощта на оптичен елемент на две сферични вълни с различен радиус, които интерферират в равнината на записа. Записва се холограма като сума от холограмите, създадени от всички точки на обекта. Комплексната амплитуда в равнината на холограмата се получава чрез четиристъпков фазово-отместващ алгоритъм. Фазовото отместване се въвежда пространствено с геометрична леща и осветяване с поляризирана светлина, или последователно във времето. Характерно за всички НЦХ системи е наличието на шум във възстановения от холограмата образ. През 2022 г. са анализирани източниците на шум в системата. Решени са следните две задачи: 1) числено моделиране на записа и възстановяването в НЦХ система, 2) анализ на шума в НЦХ система с геометрична леща. Съставена е програма за симулация на запис/възстановяване в НЦХ система с интерфериращи плоска и сферична вълни и с две сферични вълни с различни радиуси. Обектът се представя като набор от точкови източници, които имат произволно разпределени начални фази. Сферичната вълна от всеки източник се разделя на две вълни, чиято интерференция се записва като холограма. Холограмите от всички точкови източници се сумират, за да образуват крайната некохерентна холограма. Извършена е проверка на симулацията, като се започне от случая на два точкови източника и се увеличава сложността на симулирания обект. Проведено е статистическо изследване на шума във възстановени експериментални изображения. Проведено е моделиране на НЦХ система с отчитане на дробовия шум в оптичния сензор при крайна спектрална ширина на използвания светлинен източник. Установено е нарастване на шума във възстановените изображения при нарастване на броя на точковите източници в симулирания обект, което е свързано с намаляване на контраста на записаната сумарна холограма. Този резултат отговаря на възстановяването на експериментални холограми.

2. **Динамичен спекъл метод.** Фокусът на изследването в областта на ДСМ бе поставен върху интензитетно-базираното измерване с обработка на серия от корелирани спекъл изображения, която дава двумерна карта на активността на процесите, протичащи в наблюдавания обект. Интерференчната спекъл картина е изключително чувствителна към микро-промени в топографията или показателя на пречупване на изследвания обект. Пространствените флуктуации на интензитета в спекъл-картините са източник на шум в картата на активността и намаляват чувствителността на метода. През 2022 г. са решени следните задачи: 1) провеждане на динамично спекъл измерване в условията на външен шум; 2) компресиране на спекъл изображения чрез singular value decomposition (SVD). По първата задача е анализирано влиянието на външни източници на шум върху надеждността на охарактеризиране на динамиката на промените в 3D обект от спекъл изображения на неговата повърхност. Доказана е ефективността на ДСМ, когато са налице вибрации и светлина от други източници. Анализът на шума бе направен чрез числено моделиране на влиянието на делта-корелиран във времето и пространството фазов шум, породен от наличието на вибрации. Разгледан е и корелиран във времето фазов шум и е анализиран случаят на неравномерно осветяване, както и флуктуации на записания интензитет поради



наличието на дробов шум. Получените резултати са потвърдени от експерименти на съхнене на боя/полимер върху тестови обекти с определен релеф в различни условия на запис. Анализът е направен и в случай на компресирани спекъл данни. На фигура 6 е показано изменението на хистограмата на оценката на активността във времето, получена от спекъл изображения, записани в различни условия. Както се вижда, се получава един и същ спад на активността и в трите случая.



**Фигура 6.** Вариация във времето на хистограмата на оценката на активността за плоска пластина, покрита с боя при измерване в тъмна стая и вибро-изолация (ляво), вибро-изолация и околна светлина (по средата) и околна светлина и липса на вибро-изолация (дясно).

Доказана е ефективността на SVD компресирането чрез симулции и експерименти, като по-добри резултати се получават, когато SVD се приложи към разликата на две последователни изображения.

**Разпространение на резултатите:** 2 устни доклада и 3 постера на международни конференции в Португалия, Великобритания, България и Германия; 5 публикации в списания с категория Q2, 1 публикация с SJR и една в международно списание.

### Изследване на тъкани и многослойни структури с оптична кохерентна томография, ръководител доц. д-р Виолета Маджарова

**Финансиране:** Бюджетно;  
BG05M2OP001-1.001-0008 „Национален център по мехатроника и чисти технологии”  
PLENOPTIMA;  
ФНИ-КП-06-Russia/7; ИТР проект No. 2019-0-00001, от правителството на Южна Корея (MSIT) (Development of Holo-TV Core Technologies for Hologram Media Services).

**Сътрудничество:** Университет на Тампере, Финландия

Проведено е детайлно литературно проучване на методи и модели за сегментиране и класифициране на структури в ОКТ изображенията, основани на машинното самообучение. Въз основа на проучването е избран метод за сегментиране на ОКТ изображения на вени, който е с UNet структура.

- Изготвени са програми за сегментиране на ОКТ изображения на вени и автоматично определяне на дебелината на стените на вените. Предложени са модификации на UNet структурата на модела на машинно самообучение в Opto-UNet модела, които водят до повишаване на точността на сегментиране, като същевременно броят на параметрите е намален значително – от 31.04 милиона на 8.54 милиона.

- Извършени са експерименти върху различни образци – (i) подкожни вени от пациенти с венозни заболявания, които са подложени на оперативни интервенции за

отстраняване на засегнатите вени; (ii) ларви на муха „Черен войник“; (iii) запълнен и незапълнен коренов канал на зъб.

- Изготвени са сегментирани ОКТ изображения на вени с разработения от нас Opto-UNet модел.

- Изследвано е влиянието на времевата разделителна способност при динамичен спекъл, с цел оптимизиране на параметрите на снемане на обемните ОКТ изображения и оптимизиране на динамичния спекъл модел в оптичната кохерентна томография.

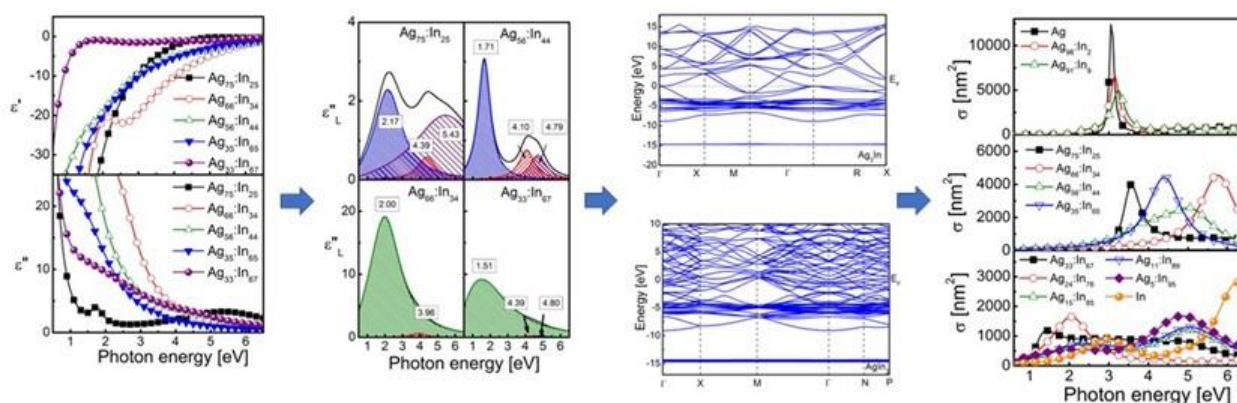
- Изследвани са и сегментирани ОКТ изображения на ларви на муха „Черен войник“ с цел определяне на слоеве с високо съдържание на протеини,

**Разпространение на резултатите:** Публикувани са 4 статии, представен е 1 доклад и 3 постера на международни конференции в Португалия, Великобритания и България.

## 2.1. Най-значимо научно постижение на ИОМТ: Електронна структура и плазмонна активност в биметални сплави Ag-In, получени чрез термично съизпарение, ръководител доц. д-р Росен Тодоров

Тънки Ag-In филми с различни състави, покриващи целия диапазон от 0 до 100 at. % In, са отложени чрез термично съизпарение. Определени са условията за получаване на тънки филми с предварително зададен състав и дебелина. Чрез рентгенова дифракция е установено, че химичното взаимодействие между двата елемента сребро и индий, водещо до образуване на твърди разтвори и интерметални съединения, се осъществява без допълнителна обработка на покритията, като фазовият състав съответства добре на този от Т-х диаграмата на състояние в системата Ag-In. За първи път чрез спектрална елипсометрия са определени спектрите на комплексната диелектрична проницаемост,  $\epsilon$  на тънките слоеве от изследваната система. Анализирани са композиционната зависимост на  $\epsilon$  в зависимост от електронната структура, изчислена с помощта на теория на функционала на плътността (DFT).

Установено е, че тънките слоеве, съдържащи в структурата си интерметалните кристални съединения -  $Ag_3In$ ,  $Ag_9In_4$  и  $AgIn_2$ , притежават 2 пъти по-голяма ефективност за възбуждане на локализиран плазмонен резонанс (LSPR) в ултравиолетовия спектрален диапазон в сравнение с чистия индий. Изчислената Лоренцова компонента на комплексната диелектрична проницаемост показва, че увеличаването на съдържанието на индий в тънките слоеве води до намаляване на енергията на междузоните преходи до 2 eV и съответно намаляване на броя на електроните, участващи в междузони преходи с енергии от 4 до 6 eV. Вследствие се наблюдава намаляване на оптичните загуби в ултравиолетовата спектрална област, докато реалната част на диелектричната функция остава отрицателна поради металния характер на тези съединения. В резултат се постига повишаване на качествения фактор за възбуждане на LSPR -  $Q_{LSPR} = -\epsilon'/\epsilon''$ . Получените нови материали са подходящи за приложение в свръхвисоко чувствителните методи като повърхностно усилена ултравиолетова флуоресцентна и атосекундна спектроскопии.

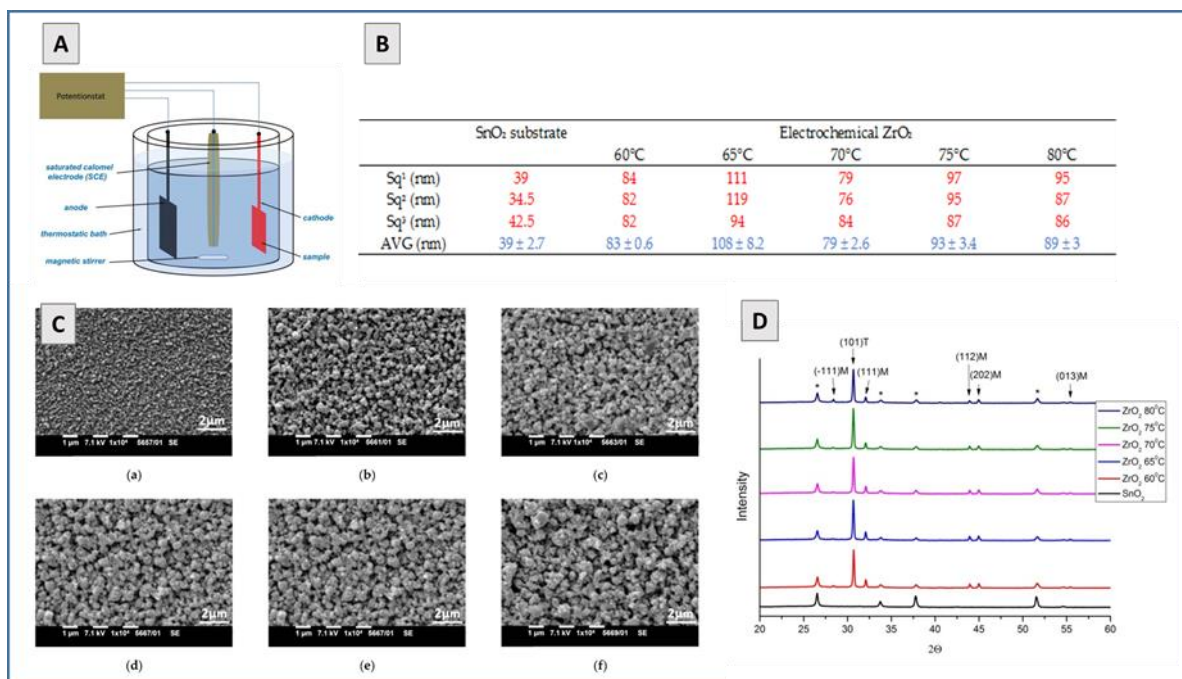


**Фигура 7.** Оптични константи, Лорентцова компонента на диелектричната функция на Ag-In филми. Зонна структура на интерметални съединения и спектри на емисия на Ag-In наночастици.

Научното изследване е финансово подкрепено от ФНИ, договор КП-06-38/8 - 2019, и основните резултати са публикувани в: R. Todorov, T. Hristova-Vasileva, V. Katrova, A. Atanasova, G. Milushev, Electronic structure and plasmonic activity in co-evaporated Ag-In bimetallic alloys, *Journal of Alloys and Compounds*, 897 (2022) 163253 (WoS IF = 6.371, Q1), <https://doi.org/10.1016/j.jallcom.2021.163253>.

## 2.2. Най-значимо научно-приложно постижение на ИОМТ: Структурни, морфологични и оптични свойства на наноструктурирани ZrO<sub>2</sub> филми, получени чрез електрохимичен процес при различни температури на отлагане, ръководител доц. д-р Константин Ловчинов

Изследвано е влиянието на температурата на отлагане (в диапазона от 60 до 80 °C) за ZrO<sub>2</sub> филми, получени чрез електрохимично отлагане върху покрити със SnO<sub>2</sub> стъклени подложки. Разтворът, от който се получават филмите, е воден, съдържа ZrOCl<sub>2</sub> с концентрация  $3 \times 10^{-5}$  М и KCl с концентрация 0.1 М. Чрез XRD анализ, оптична профилометрия, сканираща електронна микроскопия (SEM) и UV-VIS-NIR спектроскопия е показана температурната зависимост на свойствата на ZrO<sub>2</sub> филмите. XRD дифракционните спектри показват шест различни дифракционни максимума ((-111)M, (101)T, (111)M, (112)M, (202)M и (103)M), асоциирани с получените електрохимично ZrO<sub>2</sub> слоеве, а поликристалната структура на филмите е доказана за всички температури на отлагане. Резултатите от измерванията на средната грапавост не показват значителни разлики за различните температури на отлагане. SEM микрографиите показват, че слоевете са съставени от зърна, повечето от които с правилна форма, като при това размерът им нараства леко с увеличаване на температурата на отлагане. Най-едри са зърната на слоевете, отложени при 80° C. Показано е, че температурата на отлагане влияе слабо върху коефициентите на отражение и пропускане на слоевете ZrO<sub>2</sub>. Такива слоеве от ZrO<sub>2</sub> (с широка забранена зона), имащи ниски стойности на огледално и високи стойности на дифузно пропускане, и отражение във видимия и NIR обхват, могат да бъдат приложени в някои оптоелектронни устройства, като „background scatter layers“ в тънкослойни слънчеви клетки.



**Фигура 8.** Електрохимично отлагане на слоеве от ZrO<sub>2</sub>; характеризирани на структура, повърхностна грапавост и морфология на отложените слоеве.

Изследването е проведено в сътрудничество с Централна лаборатория по слънчева енергия и нови енергийни източници – БАН и с Физически факултет на СУ „Св. Климент Охридски“. Финансово подкрепено е от ФНИ (договор КП-06-Н38/7 от 12.2019). Резултатите са публикувани в специалното издание “Electrochemical Deposition: Properties and Applications“, редактирано от доц. д-р Константин Ловчинов и доц. д-р Гергана Алексиева, на списание “Coatings” от категория Q2 с импакт-фактор 3.236: Lovchinov, K., Gergova, R., Alexieva, G., “Structural, Morphological and Optical Properties of Nanostructured ZrO<sub>2</sub> Films Obtained by an Electrochemical Process at Different Deposition Temperatures”, Coatings, 12, 972, 2022, DOI: 10.3390/coatings12070972.

### 3. МЕЖДУНАРОДНО НАУЧНО СЪТРУДНИЧЕСТВО НА ИОМТ



**Европейски проект по програма Хоризонт 2020 FET Proactive TOCHA 824140 “Dissipationless topological channels for information transfer and quantum metrology”,** ръководител за ИОМТ: проф. дфн Вера Маринова

Проектът стартира в началото на 2019 г. и ще приключи в средата на 2024 г. Партньори по проекта са: 1) Каталонски институт по нанонауки и нанотехнологии, ICN2, Испания – водеща организация; 2) Юлиус-Максимилиан-университет, Вюрцбург, Германия; 3) Университет на Копенхаген, Дания; 4) Комисариат по алтернативни електрическа и атомна енергия (CEA), Франция; 5) Национален научен център (CNRS), Париж, Франция; 6) Национална лаборатория по стандартизация, Брауншвайг, Германия; 7) Технологичен телекомуникационен изследователски научен център, Финландия; 8) SIMUNE, Сан-Себастьян, Испания. Научно-изследователската дейност на екипа от ИОМТ по този проект е по РП1 „Технология, Материали и Структури, разработване на магнитни топологични изолатори и устройства; Магнитни TMDCs (халкогениди на преходни метали) с 1T’ кристална структура, направа на устройства“, РП3 „Магнитни свойства на легирани



TMDCs“, РП5 „Хибридни структури (топологични изолатори + фотонно/фононни структури)“. През м. декември 2022 г. ИОМТ предаде на портала на Хоризонт 2020 финален отчет D 1.2 по РП1 на тема “Синтез на монокристали и нанослоеове от магнитни халкогениди на преходни метали (TMDCs)”.



**Европейски проект по програма Хоризонт 2020 Plenoptic Imaging (PLENOPTIMA) H2020 Marie Sklodowska-Curie Innovative Training Network No 956770**, ръководител за ИОМТ: проф. дфн Елена Стойкова

Бенефициенти по проекта са пет научни групи в областта на нанофотониката, визуализирането на обекти и машинното обучение съответно от Университета на Тампере – Финландия (водеща организация), INRIA – Франция, Университета на Средна Швеция, Техническият университет в Берлин, Германия и ИОМТ. PLENOPTIMA е 4-годишен проект (2021–2024), който има за цел да създаде интердисциплинарни подходи за пленоптично визуализиране, което включва нови оптични материали и сензорни принципи, методи за обработка на сигнали, нови изчислителни архитектури и моделиране на зрението. В рамките на този проект се провежда съвместно обучение на 15 докторанти (т.нар. Early Stage Researchers) по 15 индивидуални проекта. ИОМТ-БАН е основна организация (home institution) на 2 докторанти (Мариам Викар от Индия и Михаил Левченко от Руска федерация) и втора (приемаща) организация (host institution) на други двама (Мехмет Угур Гюделек и Айтач Йозкан от Турция).

ИОМТ участва в проекти по международно сътрудничество в рамките на междуакадемични договори и споразумения (ЕБР) с Националния Ян Минг Чао Тунг Университет в Тайван (проект „Многофункционални оптични и магнитоелектрични материали и приложения“) и с Istituto per la Microelettronica e Microsistemi (CNR-IMM) (“Мултифункционални течно-кристални устройства с алтернативни прозрачни електроди”). Активно се използват възможностите на програмата COST за осъществяване на международно сътрудничество, като през 2022 г. учени от ИОМТ са участвали в следните акции: CA17123 “Ултра бърза опто-магнито-електроника за неразсейващи информационни технологии”, CA20116 „European Network for Innovative and Advanced Epitaxy“ и CA21155 „Advanced Composites under High STRAin raTEs loading: a route to certification-by-analysis (HISTRATE)“.

По програма M-ERA.NET ”Функционални 2D материали и хетероструктури за хибридни спинтронно-мемристивни устройства” се работи с партньори от ИФГТ-БАН, Каталонски институт по нанонаука и нанотехнологии, ICN2, Испания и Националният институт по физика на материята, Румъния.

През 2022 г. успешно се изпълняват два проекта към ФНИ за провеждане на съвместни изследвания с изследователски групи от Китай (КП-06 Китай/1) и Русия (КП-06-Русия/7).

Изпълнява се проект по програма „Петър Берон“ на ФНИ (КП-06-ДБ/3), по който се провеждат съвместни изследвания от висококвалифициран изследовател от Института по нанонаука и нанотехнология в Атина, Гърция.

През 2022 г. бе успешно изпълнен проект „Coherent acquisition and processing in incoherent digital holography, polarization holography and dynamic speckle metrology“, който е ИТР проект No. 2019-0-00001, финансиран от правителството на Южна Корея (Development of Holo-TV Core Technologies for Hologram Media Services).



Продължава съвместната работа на учени от ИОМТ с научни групи от LCS-Caen, Франция, Технологичен Университет - Дъблин, Ирландия, Лабораторията по твърдотелна химия към Университета на Пардубице и Химически факултет към Технологичния университет на Бърно, Чехия, Университета на Дейтън, Охайо, САЩ.

#### 4. УЧАСТИЕ НА ИОМТ В ПОДГОТОВКАТА НА СПЕЦИАЛИСТИ

В конкурса „Млади изобретатели“ на фондация „Миню Балкански“ (19.06.2022 г., с. Оряховица) на първо място са класирани учениците от 10 „В“ клас Милен Вучев, Даниел Иванов, Мира Генчева, Константин Кръстев и Явор Неделчев. Те са отличени за работата си по проект „Оптичен сензор за магнитно поле и ток“, разработван в ИОМТ под ръководството на проф. Г. Дянков. В надпреварата традиционно участват ученици от цялата страна с изявен интерес към точните науки, програмирането и езиците, като им дава възможност да представят своите изобретения пред изтъкнати специалисти. Ученици от НПМГ (10 „В“ клас, Константин Кръстев, Даниел Иванов, Милен Вучев, Мира Генчева, Силвия Канджичка и Явор Неделчев) участваха в Младежката сесия на юбилейната 50-та конференция по физика на тема „Климатичните промени и образованието по физика“ (2-5 юни 2022 г., гр. Варна). представиха работата си проект, свързан с научно изследване проведено в ИОМТ на БАН. Двете презентации за „Оптичен сензор на магнитно поле и електричен ток“ са представени както на Младежката сесия, така и в заключителния етап на конференцията пред научната общност (<https://npmg.org/%D1%83%D1%81%D0%BF%D0%B5%D1%85%D0%B8/>).

През 2022 г. ИОМТ е организатор на традиционния Пролетен семинар на докторантите и младите учени от институтите на БАН по „Интердисциплинарна химия“ (XV Пролетен семинар „Интердисциплинарна химия“, 22 и 23 юни 2022 г., във виртуална среда). В него взеха участие 9 млади учени и докторанти от 6 института на БАН (ИК, ИОХЦФ, ИМикробиология, ИФТТ, ИМеханика, ИОМТ) и БФ на СУ. Представените доклади обхващаха актуални области на съвременната наука и предизвикаха интерес и дискусии. В пролетните семинари на докторантите и младите учени от БАН до момента са взели участие 313 млади учени, докторанти, студенти и постдокторанти, а над 60 изявени български учени с повече от 100 научни доклада са допринесли за утвърждаването на Семинара като важно събитие в научния каледар.

Специалисти от ИОМТ са провеждали лекционно обучение по бакалавърски и магистърски програми в следните висши училища в страната:

- ЮЗУ „Неофит Рилски“: инженерна физика I част (30 часа), инженерна физика II част (30 часа), електротехнически материали (30 часа), биофизика (15 часа), теория на инженерния експеримент (30 часа);
- ХТМУ – София, органична химия (405 часа);
- ТУ – София, холография (40 часа).

Продължават да се изпълняват договорите за партньорство за провеждане на практическо обучение на студенти между ИОМТ и ТУ–София и между ИОМТ и ХТМУ.

Специалисти от ИОМТ са осъществили ръководство на 13 дипломанти в страната и чужбина:

- 6 магистри от Национален Янг Мин Чао Тунг Университет;
- 1 бакалавър от ТУ-София;
- 3 бакалаври и 1 магистър от СУ „Кл. Охридски“;
- 2 магистри от ЮЗУ „Неофит Рилски“

През 2022 г. ИОМТ участва в обучението на докторанти по програми, утвърдени от Центъра за обучение към БАН, като е изнесен специализиран курс „Електронната микроскопия и електронната дифракция в структурния и фазов анализ на материалите“ (45 часа).

През 2022 г. в ИОМТ са обучавани 9 докторанти:

- 3 докторанти редовно обучение по докторска програма 4.1. Физически науки;
- 1 докторант задочно обучение по докторска програма 4.1. Физически науки;
- 1 докторант задочно обучение по докторска програма 4.2. Химически науки;
- 4 проектни докторанти по член 5а от ЗРАСРБ в рамките на проекта PLEНОРТИМА.

През 2022 г. е проведен един успешен конкурс за редовни докторанти по докторска програма 4.1. Физически науки („Електрични, оптични и магнитни свойства на кондензираната материя“). Приетият докторант започна своето обучение на 01.01.2023 г.

През 2022 г. е защитена 1 дисертация за ОНС „доктор“: докторант Георги Емилов Матеев, 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“, публична защита на 27.05.2022 г.

Млад учен от ИОМТ има одобрен проект по Националната програма „Млади учени и постдокторанти“ към МОН. Активната научна работа на младите учени по проекти допринася за развитието им като специалисти и за успешното им интегриране в европейското изследователско пространство. Един млад учен от ИОМТ спечели проект по „Конкурс за финансиране на фундаментални научни изследвания на млади учени и постдокторанти“ към ФНИ. ИОМТ осигурява отлични условия за развитие на научния потенциал на младите учени. Докторантите, защитили дисертации в Института, продължават научната си кариера, усъвършенстват работа си със специализирана апаратура, участват активно в научни проекти на Института, специализират в чужбина.

През 2022 г. успешно се проведе конкурс за заемане на академични длъжности: 1 конкурс за академичната длъжност „професор“ и три – за „доцент“, което е показател за активната работа на учените и тяхното кариерно израстване.

Специалисти от ИОМТ са участвали в изпитни комисии на докторанти и главни асистенти в ИОМТ, ИЕЕС, ХТМУ, Медицински университет – Варна и Технически университет – Дъблин.

## **5. ИНОВАЦИОННА ДЕЙНОСТ НА ИОМТ И АНАЛИЗ НА НЕЙНАТА ЕФЕКТИВНОСТ**

### **5.1. Осъществяване на съвместна иновационна дейност с външни организации и партньори, вкл. поръчана и договорирана с фирми от страната и чужбина;**

През 2022 г. са заявени 2 патента за интелектуална собственост:

- 1 полезен модел: заявител – Централна лаборатория по приложна физика – БАН, учен от ИОМТ - проф. д-р Г. Дянков;
- 1 изобретение: заявител Национален Ян Минг Чао Тунг Университет; учен от ИОМТ – проф. д-р В. Маринова.

Одобрен е един патент (Метод получаване на свръхфини монодисперсни наночастици с лазерни импулси (112999 / 21.11.2022): заявител - Институт по електроника – БАН; учен от ИОМТ – доц. д-р Д. Карашанова.

### **5.2. Извършен трансфер на технологии и/или подготовка за трансфер на технологии по договор с фирми; данни за полученото срещу това заплащане; данни за реализираните икономически резултати във фирмите (работни места, печалба, производителност, дял на новите продукти в общия обем на продажбите и т.н.).**

-

## 6. СТОПАНСКА ДЕЙНОСТ НА ЗВЕНТО

**6.1. Осъществяване на съвместна стопанска дейност с външни организации и партньори /продукция, услуги и др., които не представляват пряка научна дейност за звеното/, вкл. поръчана и договорирана с фирми от страната и чужбина.**

През 2022 г. от такава дейност са постъпили общо **39 369 лв.**

**6.2. Отдаване под наем на помещения и материална база.**

През 2022 г. като получен наем за предоставеното на ИОМТ за стопанисване недвижимо имущество са отчетени **9 016 лв.** Съгласно нормативните изисквания, половината от тази сума е издължена на БАН – Администрация по Партида „Развитие”.

**6.3. Сведения за друга стопанска дейност.**

През изтеклата година от дължимите сервизни такси на наемателите /СКА ООД и АРВИ ПРИНТ ЕООД/ са получени **3600 лв.**

## 7. КРАТЪК АНАЛИЗ НА ФИНАНСОВОТО СЪСТОЯНИЕ НА ИОМТ ЗА 2022 Г.

Полагаемата се за ИОМТ бюджетна субсидия за 2022 г. е в размер на **2 151 122 лв.**, а получената в отчетната година – **2 242 702 лв.** след гласуване на корекция за 2022 г. от ОС на БАН. Основните пера, по които тя е разходвана са:

- 1 318 260 лв. за плащания към персонала, нает по трудови правоотношения;
- 10 131 лв. за възнаграждения по болнични листове съгласно КСО;
- 28 786 лв. изплатени обезщетения по чл.224, ал. 1 от КТ за неизползван отпуск;
- 50 924.00 лв. изплатени обезщетения по чл.222, ал. 3 от КТ при пенсиониране;
- 20 500 лв. за изплащане на стипендии на редовните докторанти;
- 14 197 лв. за възнаграждения по проведени защиты за научно изразстване на персонала;
- 4 270 лв. за консултантски услуги и изготвяне на документация, свързана с провеждането на обществени поръчки съгласно ЗОП;

Върху всички изброени по-горе плащания изцяло са поети законово дължимите осигурителни вноски за сметка на работодателя;

- закупени са ДМА – 4 749 лв.;
- от субсидията са платени данък сгради и такса битови отпадъци на стопанисваните от ИОМТ недвижими имоти – 4 979 лв.;
- с остатъка от субсидията е покрита регламентираната част от издръжката на звеното и на докторантите.

От класираните във ФНИ МОН през 2018 г. проекти, ИОМТ участва в два от тях като партньорска организация – КП-06-Н29/7 и КП-06-Н29/10 /координатор за ИОМТ доц. д-р Рени Томова/ и като базова организация по КП-06-Н28/8 с ръководител проф. дфн Вера Маринова. През 2022 г. се изпълняваха 2-рите им етапи. ИОМТ е партньорска организация по договор КП-06-Н33/1 с ръководител проф. дхн Никола Малиновски, през м.юли бе отчетено изпълнението на етап 1 и през м. декември се получи финансиране за етап 2. Продължи да се изпълнява и договор КП-06-ДО02/2 по Програма М-ЕРА, етап 1, с ръководител проф. дфн Вера Маринова, който беше отчетен пред ФНИ през м.01.2022 г. На 25.07 2022 г. бе финансиран 2-ри етап на проекта. Активен бе и договор ИНФРАМАТ с координатор от страна на ИОМТ доц. д-р Катерина Лазарова, поредният етап на който бе отчетен в края на м. ноември. Изпълняваха се и 2-рите етапи на следните договори от 2019 г.: КП-06-Н38/7 с ръководител доц. д-р Константин Ловчинов, КП-06-Н38/8 ръководител доц. Росен Тодоров и КП-06-Н38/15 с ръководител проф. д-р Лиан Неделчев. Продължават да се изпълняват от 2020 г.: КП-06 Китай/1 с ръководител проф. Георги Дянков, КП-06 Русия/7 с ръководител проф. дфн Елена Стойкова, КП-06-ДБ/3 „Петър Берон и НИЕ“ с водещ

учен Надя Годорова и научен ръководител проф. дфн Вера Маринова, както и КП-06-М 48/3 на гл. ас. д-р Росен Георгиев, който бе отчетен през м.12.2022 г. През цялата отчетна година продължи изпълнението на Договор ДК1/10, в който ИОМТ е базова организация, ръководител проф. дхн Никола Малиновски.

Успешно приключиха обществени поръчки за закупуване на химикали, киселини, основи и др., касаещи работата на Национален център по мехатроника и чисти технологии, в който ИОМТ е партньор.

През 2022 г. се изпълняваха и два проекта от 2021 г.: КП-06-Н58/12 с ръководител проф. дфн Вера Маринова и КП-06-58/2 с ръководител доц. д-р Даниела Карашанова, в които Институтът е партньор.

През 2022 г. се осъществяваха дейности и по споразумение за партньорство Д01-392/18.12.2020 г. за осигуряване на поддържане, модернизирани и устойчиво развитие на обекта „Национален център по биомедицинска фотоника“, включен в НПКНИ. Координатор за ИОМТ е проф. д-р Георги Дянков. Проектът бе отчетен пред водещата организация и през м. август 2022 г. бе подписано ново споразумение Д01-183 за продължаване на проекта и се получи съответното финансиране.

През м. ноември отново стартира програмата на МОН за подпомагане на „Млади учени и постдокторанти“ в която участва д-р Георги Матеев за срок от 18 месеца.

Осъществено бе участие в съвместен проект, включен в Спогодбата за международно сътрудничество между БАН и Националния съвет за научни изследвания на Италия /CNR/. Участници: проф. д-р Цветанка Бабева, проф. дфн Вера Маринова и проф. д-р Димитър Димитров.

През месеците ноември и декември 2022 г. се получи финансиране от ФНИ по четири нови договора: КОСТ/15 на проф. дфн Вера Маринова, КОСТ/19 на проф. дфн Елена Стойкова, КП-06-Н68/1 на проф. дфн Вера Маринова и КП-06-М69/1 на гл. ас. д-р Николета Кирчева.

Продължи работата по международната програма „Хоризонт 2020“ /ГОСНА/. Водещи учени: проф. дфн Вера Маринова и проф. д-р Димитър Димитров.

На два транша през м.март и м.август на 2022 г. бяха получени 64 068 лв. (35 000 USD) по съвместен проект с Electronics and Telecommunications Research Institute /ETRI/, Южна Корея, с ръководител проф. дфн Елена Стойкова. Договорът бе отчетен пред партньорите от корейска страна през м.11.2022 г.

През годината продължи обучението на зачислените двама чуждестранни докторанти, чиято съвместна докторантура е финансирана от проект „Мария Склодовска – Кюри“ на Европейския съюз, част от Рамкова програма за наука и иновации „Хоризонт 2020“. Определени за научни ръководители са проф. дфн Елена Стойкова и доц. д-р Виолета Маджарова.

В изпълнение на условията, залегнали в упоменатите договори с външно финансиране значима част от закупените дълготрайни активи, всички командировки в страната и чужбина, по-голямата част от материалите и външните услуги, основната част от възнагражденията на наетия извън щатното разписание персонал по трудови правоотношения и на лицата по извънтрудови правоотношения са за сметка на средствата получени по тези договори:

- изплатени извънщатни трудови възнаграждения – 211 004 лв.
- извънтрудови възнаграждения в размер на 86 113 лв. Основен дял в тези плащания имат възнагражденията, получени от участниците в научните колективи. Върху тези възнаграждения също са поети всички нормативно дължими осигурителни вноски за сметка на работодателя.
- придобити дълготрайни материални активи (апаратура и оборудване) на стойност 10 808 лв.;
- придобити компютри и хардуер на стойност 15 969 лв.;



- програмни продукти и лицензи за програмни продукти – 358 лв.;
- за материали с общо и специализирано предназначение, компютърни компоненти, принадлежности и тонер са изразходвани 130 618 лв.;
- за външни услуги, от които значителна част са таксите правоучастие – 45 041 лв.;
- за участие в различни научни прояви са осъществени командировки в страната за 21 447 лв. и в чужбина за 86 452 лв.

През 2022 г. ИОМТ продължи да води последователна финансова политика, съобразена с икономическата обстановка в страната и с бюджетните ограничения, наложени на БАН през изминалите години. Оптимизъм внася нарастналият брой проекти, получили финансиране през последните години, което създава предпоставка за нормалното развитие и изпълнение на научно-изследователската дейност на Института.

## 8. ИЗДАТЕЛСКА И ИНФОРМАЦИОННА ДЕЙНОСТ НА ИОМТ.

ИОМТ не осъществява собствена издателска дейност. Поддържат се интернет страница (<https://iomt.bas.bg/>) и facebook страница (<https://www.facebook.com/IOMT.BAS/>). Уебсайтът предоставя актуална информация относно научната дейност, образователната дейност, текущите събития, обявените процедури и конкурси, промените в личния състав, изпълняваните от ИОМТ проекти и обществени поръчки. Информацията се обновява своевременно и се извършва текуща поддръжка.

## 9. ИНФОРМАЦИЯ ЗА НАУЧНИЯ СЪВЕТ НА ИОМТ.

Научният съвет е избран на 11.01.2023 г. от ОСУ на ИОМТ (протокол № 35/11.01.2023). Списъчният състав е:

1. проф. д-р Цветанка Бабева (ИОМТ)
2. проф. д-р Лиан Неделчев (ИОМТ)
3. проф. д-р Вера Маринова (ИОМТ)
4. проф. д-р Димана Назърова (ИОМТ)
5. доц. д-р Даниела Карашанова (ИОМТ)
6. доц. д-р Силвия Ангелова (ИОМТ)
7. доц. д-р Виолета Маджарова (ИОМТ)
8. доц. д-р Деян Димов (ИОМТ)
9. доц. д-р Росен Тодоров (ИОМТ)
10. доц. д-р Ивайло Живков (ИОМТ)
11. доц. д-р Катерина Лазарова (ИОМТ)
12. доц. д-р Биляна Георгиева (ИОМТ)
13. доц. д-р Величка Стрижкова (ИОМТ)
14. проф. д-р Оля Стоилова (ИП)
15. проф. д-р Николай Неделков (ИЕ)

След избора няма промени в състава на НС.

<https://iomt.bas.bg/структура/>

**10. КОПИЕ ОТ ПРАВИЛНИКА ЗА РАБОТА В ЗВЕНОТО – посочва се линк към сайта на звеното, където е качен правилника.**

<https://iomt.bas.bg/нормативни-документи>

## 11. СПИСЪК НА ИЗПОЛЗВАНИТЕ В ОТЧЕТА И ПРИЛОЖЕНИЯТА КЪМ НЕГО СЪКРАЩЕНИЯ

БАН – Българска академия на науките  
 БФ – Биологически факултет  
 ДМА – дълготрайни материални активи  
 ДСМ – динамична спекъл метрология  
 ЗОП – Закон за обществените поръчки  
 ЗРАСРБ – Закон за развитие на академичния състав в Република България  
 ИЕ – Институт по електроника  
 ИЕЕС – Институт по електрохимия и енергийни системи  
 ИК – Институт по катализ  
 ИМеханика – Институт по механика  
 ИМикробиология – Институт по микробиология  
 ИОМТ – Институт по оптически материали и технологии  
 ИОНХ – Институт по обща и неорганична химия  
 ИОХЦФ – Институт по органична химия с Център по фитохимия  
 ИП – Институт по полимери  
 ИФТТ – Институт по физика на твърдото тяло  
 ИФХ – Институт по физикохимия  
 ИЧ – инфрачервен  
 КСО – Кодекс за социално осигуряване  
 КТ – Кодекс на труда  
 МА – метилакрилат  
 МОН – Министерство на образованието и науката  
 НАОА – Национална агенция за оценяване и акредитация  
 НПКНИ – Национална пътна карта за научна инфраструктура  
 НС – Научен съвет  
 НЦХ – некохерентна цифрова холография  
 ОКТ – оптична кохерентна томография  
 ОСУ – Общо събрание на учените  
 ПУ – Пловдивски университет  
 СУ – Софийски университет  
 ТУ – Технически университет  
 УВ – ултравиолетов  
 УХТ – Университет по хранителни технологии  
 ФНИ – Фонд „Научни изследвания“  
 ХДМ – хибриден дисперсионен модел  
 ХТМУ – Химико-технологичен и металургичен университет  
 ЮЗУ – Югозападен университет  
 ЯМР – ядрено-магнитен резонанс

-----  
 AFM – atomic force microscopy  
 ALD – atomic layer deposition  
 CVD – chemical vapor deposition  
 ENZ – epsilon near zero  
 FTIR – Fourier-transform infrared spectroscopy  
 ITO – Indium tin oxide  
 LED – light-emitting diode  
 LPG – long-period fiber-grating  
 PVA – polyvinyl alcohol

SEM – scanning electron microscope  
SPR – surface plasmon resonance  
SVD – singular value decomposition  
TAC – thermal assisted conversion  
TEM – transmission electron microscopy  
THz – terahertz  
TMD – transition metal dichalcogenides  
XPS – X-ray photoelectron spectroscopy  
XRD – X-ray powder diffraction

Institute of Optical Materials and Technologies  
Bulgarian Academy of Sciences

Dear colleagues,

On the behalf of the Science Department of British School of Sofia, I am writing this letter to thank you for your effort, time, and dedication in giving to our students such a great tour of the institute campus. Our students from grade 12 were amazed to visit well-equipped laboratories. After taking the tour we were happy to see that the Institute of Optical Materials and Technologies has such good academic facilities. We are pleased to see the variety of well-equipped laboratories with skilled staff and different types of equipment, such as:

- High Resolution Scanning Transmission electron microscope
- Bright field and dark field microscopy
- Diffraction from selected and nano sized area and diffraction in focused beam
- Experimental laboratory for Holographic Recording

As a science teacher, my student's safety matters to me the most, and I am happy to find that the institute follows all safety expectations.

Once again, thank you for your valuable time and perfect arrangement for our tour.

Sincerely,

Mrs. Pavlina Bozhkova  
IB DP Physics Teacher  
IGCSE Chemistry and Physics Teacher  
Subject Leader

**BRITISH SCHOOL OF SOFIA**

Sofia, Vitosha  
21, Georgi Raychev Str.  
+359 886 510 510  
[office@bssofia.bg](mailto:office@bssofia.bg)