

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

ГОДИШЕН ОТЧЕТ ЗА 2023 ГОДИНА

1. ПРОБЛЕМАТИКА НА ИОМТ

През 2023 г. Институтът по оптически материали и технологии „Акад. Йордан Малиновски“ (ИОМТ) тържествено отбеляза 100-годишнината от рождението на своя патрон академик Йордан Малиновски - изтъкнат български физикохимик с научни интереси в областта на физикохимията на фотографските процеси, председател на Българска академия на науките (БАН) в периода 1992 – 1996 г. Следвайки стъпките на патрона, но пречупвайки научната проблематика през призмата на съвременната наука, учените от ИОМТ работят по интердисциплинарни тематика, свързани с изследване на фотоиндуцираните процеси в микро- и наноразмерни слоеве и структури, оптична метрология, художествена, цифрова и поляризационна холография, 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. Научно-изследователската дейност е организирана в две основни направления („Оптични материали“ и „Оптична метрология и холография“) и е подкрепена от Научно-техническия отдел на института.

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 тематика

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. В научната си политика ИОМТ следва Националната стратегия за развитие на научните изследвания в Република България (НСРНИ) 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 и Q2, 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 2023 г. се запазва висока (78 публикувани статии). Запазва се висок и процентът статии в списания от категории Q1 (28) и Q2 (20) - 62 % от всички публикувани през годината статии. Значителен е броят на публикациите в списания от категория Q1 с $IF \geq 5$ (общо 15). В края на 2023 г. 36 изследователи от ИОМТ получиха допълнително възнаграждение за авторство или съавторство на научни публикации в списания от категории Q1 и Q2, реферирани или индексирани в световните бази данни WoS/Scopus. Сумата, получена през 2023 г. по НП „Стимулиране на публикационната активност в авторитетни международни научни списания и отворен достъп до научна информация“ е с 56% по-голяма от тази, получена през 2022 г. (за сравнение - сумата за БАН е нараснала с 34%). През 2023 г. няма заявени полезни модели и изобретения. Въведените в SONIX цитати за 2023 г. са 923, като

809 от тях (88 %) са в световните бази данни *Web of Science* и *Scopus*. Научните резултати са представени на множество научни форуми като 101 доклада/постера (80 представяния на международни и 21 представяния на национални/чуждестранни форуми). Проведените изследвания са подкрепени от програмно и проектно финансиране. През 2023 г. са разработвани 13 бюджетно подкрепени планови задачи. Проектите, по които ИОМТ получава финансиране през 2023 г., са общо 29, от тях 20 са с Фонд „Научни Изследвания“ (ФНИ). ИОМТ е партньор в Център за върхови постижения по програма „Наука и образование за интелигентен растеж“, както и в 2 проекта от Националната пътна карта за научна инфраструктура 2020-2027 г. (НПКНИ) - ИНФРАМАТ (Разпределена изследователска инфраструктура) и „Национален център по биомедицинска фотоника“. ИОМТ участва като партньор в научно-изследователски проект ТОСНА, финансиран 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, финансиран от програмата Horizon 2020. Два проекта са подкрепени от Центъра за развитие на човешките ресурси (програма „Еразъм“), а други два проекта са финансирани по НП „Млади учени и постдокторанти-2“ - един в модул „Млади учени“ и един в модул „Постдокторанти“. През 2023 г. се изпълняват 2 проекта за международно сътрудничество в рамките на междуакадемични договори и споразумения – с Южна Корея и с Италия.

Учени от ИОМТ имат лично участие (32 участия) в 14 проекта на ФНИ, един проект с Медицински университет – София, един проект по Националния план за възстановяване и устойчивост на Република България и 1 проект с фондация „Красива наука“. 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 2023 г. ИОМТ е организатор на традиционния Пролетен семинар на докторантите и младите учени от институтите на БАН „Интердисциплинарна химия“ (XVI Пролетен семинар „Интердисциплинарна химия“, 24.04.2023 г. – 26.04.2023 г.). Дейността на института е представена на Европейската нощ на учените на 29.09.2023 г. Учени от ИОМТ са изготвили 110 анонимни рецензии на статии в реномирани списания и поредици.

Несъмнено най-важното събитие за ИОМТ през годината е тържественото честване на 100-годишнината от рождението на патрона академик Йордан Малиновски - учен с широко международно признание, с изключителна интуиция и творческа фантазия, с усет за създаване на оригинални експериментални методики и с огромна научна ерудиция.



Фигура 1. На 06.06.2023 г. ИОМТ отбеляза 100 години от рождението на акад. Йордан Малиновски. Проф. д-р Цветанка Бабева - директор на ИОМТ - БАН направи ретроспекция на живота на акад.

Йордан Малиновски. Акад. Юлиан Ревалски връчи награда за изявен млад учен в областта на оптичните материали и технологии, посветена на 100-годишнината от рождението на акад. Йордан Малиновски, на Блага Благоева (редовен докторант в ИОМТ).

Постигнатите резултати в научноизследователската дейност през 2023 г. са в съответствие с мисията и научните приоритети на ИОМТ и отговарят на утвърдените научни тематики по направления. Налице е перспектива за устойчиво развитие.

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

В изпълнение на НСРНИ, през 2023 г. в ИОМТ продължи провеждането на фундаментални научни изследвания в следните приоритетни направления за насочени фундаментални изследвания (ПННФИ) на НСРНИ:

- **ПННФИ 1 „Повишаване конкурентоспособността и продуктивността на икономиката в съответствие с тематичните области на ИСИС“**

В ИОМТ се провеждат фундаментални научни изследвания, които попадат в тематична област „Мехатроника и микроелектроника“ на Иновационната стратегия за интелигентна специализация 2021-2027 г. на Република България (ИСИС). Извършен е синтез на нанослоеове от оксидни и 2D наноматериали и асемблирането им в хибридни структури за приложения в оптиката и фотониката. Изследвани са структурните, електрооптичните и оптичните свойства на нанослоеве с цел приложения като прозрачни проводящи електроди в течно-кристални дисплеи и за разработка на ново поколение 4G оптични елементи, които модулират геометричната фаза на светлината чрез манипулиране на поляризацията. Разработени са полимерно-диспергирани течнокристални устройства на основата на нанослоеве от 2D материали, чувствителни в ИЧ област на спектъра. За първи път експериментално е доказана мултифункционалната роля на AZO (ZnO, легиран с Al) слой, който освен като прозрачен проводящ електрод, служи и като подравняващ слой за вертикална ориентация на течнокристалните молекули, което прави структурите лесни и икономични за направа. Демонстрирани са оптични елементи на основата на нематичен течен кристал, които модулират геометричната фаза на светлината чрез манипулиране на поляризацията.

Проведени са изследвания на 2D дихалкогениди на преходни метали, които имат уникални свойства и функционалност за приложения в електрониката, фотониката, сензорните устройства и фотоволтаичните слънчеви клетки. Предложена е алтернативна методика за израстване на кристали NbSe₂ чрез техника на пренасяне на химически пари (CVT). Синтезираните кристали са анализирани чрез рентгенова дифракция (XRD), Raman спектроскопия и рентгенова фотоелектронна спектроскопия (XPS).

С оптична кохерентна томография (ОКТ) са изследвани тъкани и многослойни структури. Разработен е модел за дълбоко машинно самообучение, който позволява намаляване на шума в ОКТ изображения на различни биологични образци и има потенциал за приложение в образната диагностика.

Разработени са импедансометрични сензори за био и физикохимични величини, конструиран е прототип на портативен импедансметър и е оптимизирана електронната схема за измерване на импеданс без необходимост от предварително калибриране на прибора. Импедансните измервания са високочувствителен и селективен метод за изследване на физични, химични, биологични обекти и материали – фотоволтаични и електрохимични клетки, тънки слоеве, живи организми, както и на процесите, протичащи в тях или при взаимодействието им с околната среда.

- **ПННФИ 3 „Подобряване на качеството на живот – храни, здраве, биоразнообразие, опазване на околната среда, градска среда и транспорт и др.“**

Разработени са тънкослойни материали (тънки композитни слоеве от зол-гел Nb_2O_5 матрица, дотирана с наночастици; композитни тънки филми от биосъвместим полимер, дотиран със сребърни наночастици, синтезирани посредством „зелен“ синтез) които са приложени като чувствителни среди за сензори и фотокатализатори.

Квантово-химичните методи са използвани за детайлно изследване на термодинамиката на получаване на комплекси на биомиметични лиганди (кукурбитурили, циклодекстрини) с витамини (витамин К) и лекарствени средства. Моделирани са взаимодействията на биологични лиганди (протеини, нуклеинови киселини и др.) с нативни/чужди метални катиони и/или лекарствени молекули.

Съществена част от проведените в ИОМТ изследвания имат **научно-приложен характер**. Разработваните теми са в съответствие с три от седемте приоритетни направления за развитие на приложните научни изследвания (ПНПНИ), формулирани в НСРНИ:

- **ПНПНИ 3 „Здраве и качество на живот. Превенция, ранна диагностика и терапия. Зелени, сини и екотехнологии, биотехнологии, екохрани“**

В това научно направление са извършени дейности по разработване и тестване на метод, базиран на SPR (Surface Plasmon Resonance) анализ, за определяне на кинетика на антипролиферативна и антивирусна активност на клетки, третирани с халконови производни, и на противовирусните препарати *ремдесивир* и *хидроксихлороквин* върху човешки коронавирус 229E (HCoV-229E) в клетъчни култури. Разработен е бърз количествен антигенен тест, базиран на SPR детекция на взаимодействието моноклонални антитела/SARS CoV-2 структурни протеини, като е достигната чувствителността на комерсиалните бързи антигенни тестове, като предимство на SPR метода е количествената детекция. За първи път експериментално е доказано взаимодействието на N и S структурните протеини на SARS CoV-2 с *heme*-групата на хемоглобина и миоглобина, с което се обясняват клинично наблюдаваните хипоксия и фероптоза. Разработени са метод и устройство за фазова детекция на SPR. Методът е приложен за измерване на бимолекулни реакции моноклонално антитяло/SARS CoV-2 протеини и кръвен антиген/*H. pylori*. Експериментално е потвърдено подобряването на чувствителността с около 40% и намаляването на границата на детекция с около 50%. Положителните резултати от тези изследванията имат приложен характер - ще позволят създаване на нова моделна система за оценка на бимолекулни взаимодействия и *in vitro* скрининг на ефективността както на новосинтезирани, така и на утвърдени антивирусни препарати.

Атомно-силова микроскопия (AFM) е приложена за изследване на еритроцити с цел диагностика на нарушения в коагулационната система при бременност с висок риск и за оценка на топологичните, морфометричните и наномеханичните характеристики на Т-лимфобласти, получени от пациенти с лимфобластна левкемия. Данните показват, че методът е подходящ за разработване на морфометричен алгоритъм за разграничаване на различни патологични състояния. Изследвана е силата на връзката между керамичен материал (ZrO_2 , стабилизирани с итрий), широко използван в денталната медицина за изработката на фасети, коронки и мостове на зъби, и цимента, необходим за тяхното залепване към зъбните тъкани. Установени са най-подходящите методи за третиране на циркониевата повърхност, осигуряващи най-добрата адхезия на цимента към нея. Демонстрирано е фотокаталитичното действие на успешно синтезирани чрез термично асистирана конверсия (ТАС) 2D нанослоеви от PtSe_2 като антибактериални покрития срещу *Escherichia coli*. Наблюдаваната фотоиндуцирана антибактериална активност е свързана с високата кристалинност, полупроводниковите свойства и химичния състав на PtSe_2 .

- **ПНПНИ 5 „Материалознание, нано и квантови технологии“**

Активно се работи за изследване на наноструктурирани тънки слоеве и многослойни покрития от благородни метали и р-блок елементи. Установени са условията за отлагане на тънки слоеве от $\text{Au}_x\text{Me}_{100-x}$ (където $\text{Me} = \text{Cd}, \text{In}, \text{Sn}, \text{Sb}$ и Bi), изследват се техните оптични и структурни свойства в зависимост от условията на получаване и вида на подложката.

Отложени многослойни покрития Ag₅₀:Cd₅₀ са изследвани като подложки за приложение на УВ повърхностно-усилена флуоресцентна и раманова спектроскопии.

През годината са продължени изследванията на наноматериали чрез методите на електронната микроскопия. Определени са морфологията, микроструктурата и фазовият състав на наночастици, получени чрез „зелен“ синтез и чрез лазерна аблация от смесени мишени, на различни каталитични материали, на въглеродни структури, третирани химически с различни разтворители, на микро- и нановлакна, получени чрез метода на електроовлажняване и др. Чрез метода на електронна дифракция са доказани фази и фазови преходи в изследваните наноматериали, което е от съществено значение за обяснение на техните свойства и приложения, за изясняване на механизмите на някои процеси, в които участват наноматериалите, както и за потвърждаване на технологиите им на синтез.

Анализирани са оптичните и биофизични свойства на азополимера PAZO и на нанокмпозитни слоеве, дотирани с квантови точки. Получени са данни за температурната зависимост на абсорбционните спектри на PAZO (poly[1-[4-(3-carboxy-4-hydroxyphenylazo) benzenesulfonamido]-1,2-ethanediyl, sodium salt) в широк интервал – от стайна температура до 250°C. Измерени са кинетиките на двулъчепречупване за нанокмпозитни слоеве от PAZO, дотиран с квантови точки (InP/ZnS, размер 7.5 ± 1 nm) при три различни концентрации. Определена е цитотоксичността на PAZO върху клетъчни линии.

Квантово-химичните методи са 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.

- **ПНПНИ 6 „Информационни и комуникационни технологии“**

Създадена е цифрова холографска установка за оптично възпроизвеждане на цифрови холограми с помощта на пространствено-светлинен модулатор. Генерирани са статични и динамични светлинни структури за нуждите на проекционната профилометрия с цел измерване на формата на микро и макро обекти. Тествани са алгоритми за спекъл метрологията и за възпроизвеждане на холограми, записани с конвенционални и пространствено некохерентни холографски системи. Проведени са изследвания в областта на записа и обработката на сигнали в некохерентната цифрова холография и динамичната спекъл метрология. Създаден е метод за ускорено компютърно генериране на холограми, което е от значение за цифровото визуализиране на тримерни обекти в информационните технологии. Методът се базира на анализ на подобие на холограмите на точкови източници, разположени на еднакво разстояние от оста на оптичната система в дадена равнина. Разработеният ускорен подход позволи провеждане на числени експерименти с различни нива на сигнала и дробовия шум за генериране на холограми на тестови обекти при брой на тестовите източници над 10000. Постигнато е осемкратно намаляване на времето за пресмятане. В областта на динамичната спекъл метрология са разработени алгоритъм и преносима система за мониторинг на нестационарни процеси с цел опазване на околната среда и безразрушителен контрол в материалознанието.

1.3. Полза / ефект за обществото от извършваните дейности

- Ползата за обществото от фундаментални и приложни изследвания и иновационните дейности на ИОМТ е свързана с разработването на високотехнологични материали, методи и технологии за оптични приложения и гъвкава прозрачна електроника, създаване на нови материали за регистриращи системи с приложение в екологията и здравеопазването. Реализацията на научните знания, научните резултати и на иновациите спомага за задоволяване на нуждите на обществото от нови материали,

процеси и услуги - както в неговите ежедневни потребности, така и за преодоляването на основните глобални предизвикателства във важни области като здравеопазване, цифрови технологии, климат, енергетика, мобилност, храни и природни ресурси. ИОМТ провежда активна политика по отношение стимулирането на патентната дейност и трансфера на технологии. Високата научна експертиза и отличната база подпомагат бързата и координирана реакция при спешна необходимост от научни разработки за решаване на остри проблеми - пример за това е разработеният в ИОМТ бърз количествен антигенен тест, базиран на SPR детекция на взаимодействието моноклонални антитела/SARS CoV-2 структурни протеини, като е достигната чувствителността на комерсиалните бързи антигенни тестове, като предимство на SPR метода е количествената детекция. В дългосрочен план получените резултати от тези научни изследвания ще позволят създаване на нова моделна система за оценка на бимолекулни взаимодействия и *in vitro* скрининг на ефективността както на новосинтезирани, така и на утвърдени антивирусни препарати.

- От полза за обществото е подготовката на висококвалифицирани специалисти, включително студенти, млади учени, докторанти и постдокторанти. В ИОМТ през 2023 г. са обучавани 8 докторанта, 4 от които са чужденци (от Индия, Руска федерация, Турция). По този начин се създават кадри, които са конкурентноспособни на пазара на труда, както в България, така и в чужбина.

Трябва да се отбележи, че изключително полезна е политиката на сътрудничество със средните общообразователни училища и центрове за професионално обучение - ИОМТ активно организира прояви за популяризиране на науката и се стреми да привлича младите хора към науката. През 2023 г. традиционната вече демонстрация „Приказна оптика” е представена на Европейската нощ на учените.



Фигура 2. Европейска нощ на учените, 29 септември 2023 г.

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 2023 г. в ИОМТ са проведени съвместни дейности на национално ниво с институти на БАН като Институт по полимери (ИП), Институт по електроника (ИЕ), Институт по физика на твърдото тяло

(ИФТТ), Институт по физикохимия (ИФХ), Институт по обща и неорганична химия (ИОНХ), Институт по органична химия с Център по фитохимия (ИОХЦФ), Централна лаборатория по приложна физика (ЦЛПФ) – Пловдив, с висши учебни заведения като Софийски университет (СУ) „Св. Климент Охридски“, Технически университет (ТУ) – София, Химикотехнологичен и металургичен университет (ХТМУ), Пловдивски университет (ПУ) „Паисий Хилендарски“, Университет по хранителни технологии (УХТ) в Пловдив, Югозападен университет (ЮЗУ) „Неофит Рилски“ в Благоевград, научни организации към Министерство на здравеопазването като Национален център по заразни и паразитни болести (НЦЗПБ) и Университетска многопрофилна болница за активно лечение „Царица Йоанна – ИСУЛ“.

Наред със съвместните изследвания специалисти от ИОМТ обучават студенти в СУ „Св. Климент Охридски“ и ЮЗУ „Неофит Рилски“ - Благоевград.

ИОМТ има дългогодишно сътрудничество със средните общообразователни училища и центрове за професионално обучение. Ученици от пет столични училища посетиха института през 2023 г. - ЧЕГ „Проф. Иван Апостолов“ (30.03.2023 г.), ЧОУ „Куест“ (31.03.2023 г.), ПЧМТ (07.04.2023 г.) НППГТО „М. В. Ломоносов“ (09.05.2023 г.) и 91 НЕГ (19.05.2023 г.) и се запознаха с работата на колегите в различните лаборатории, както и с възможностите на модерната апаратура в института. Студенти в ОКС „Магистър“, специалност „Електроника“ в ТУ, гр. София, посетиха ИОМТ на 27.04.2023 г. За тях бяха представени лекции и лабораторни демонстрации.



Фигура 3. Ученици от НППГТО „М. В. Ломоносов“ на посещение в ИОМТ.

През 2023 г. 6 хабилитирани учени от ИОМТ са участвали като експерти в научни журита по процедури за научни степени и академични длъжности в институти на БАН, СУ „Св. Климент Охридски“, Пловдивски Университет и National Yang Ming Chiao Tung University, Taiwan, като са изготвени 6 рецензии и 10 становища (общо 16 рецензии/становища). Учени от ИОМТ участват в експертни органи в областта на науката и висшето образование: Постоянната комисия по природни науки, математика и информатика към НАОА, Постоянните научно-експертни комисии по Химически науки и по Физически науки към ФНИ, Временните научно-експертни комисии по Химически науки и по Физически науки към ФНИ, Комитет за мониторинг и оценка на процедура „Създаване на мрежа от изследователски висши училища в България“ към ПВУ, Научно-иновационен съвет „Ресурсна ефективност и кръгова икономика“ и др.

През 2023 г. са изготвени 24 експертни оценки за проектни предложения в конкурси на ФНИ и междинни/окончателни отчети на проекти, финансирани от ФНИ. Учени от института са участвали като външни оценители по проект на СУ „Маркер за иновации и технологичен трансфер (SUMMIT)“. Изготвени са 110 анонимни рецензии на статии в реномирани списания и поредици.

Учени от ИОМТ са членове на престижни научни организации: SPIE, European Physical Society, OSA, Academia NET, American Chemical Society, Materials Research Society,

Women in Optics, European Peptide Society, Съюз на учените в България, Съюз на физиците в България, Съюз на химиците в България, Българско кристалографско дружество и др.

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. Впечатляващите находки от некропола при Требенище, които се намират в три различни държави (България, Северна Македония и Сърбия) от 10 октомври 2023 г. до 24 март 2024 г. са изложени в Националния археологически музей при БАН. Некрополът е открит преди повече от 100 г. край село Требенище в Република Северна Македония.



Фигура 4. Холограми на находки от некропола при Требенище.

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.



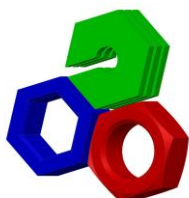
ИОМТ-БАН е партньор по Модул I (Синтез и изследване на нови материали) по проект ИНФРАМАТ - разпределена инфраструктура от центрове за производство и изследване на нови материали и техните приложения,

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 13 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; контактно лице за ИОМТ е доц. д-р Катерина Лазарова. През 2023 г. в рамките на два договора по проекта е закупено ново оборудване на стойност около 300 000 лв., включващо спектрофотометър Cary 7000 и измерител на мощност в широк диапазон PM100D. Изцяло е финансиран ремонт на лаборатория по спектрофотометрия и е осигурено ново офис оборудване. В периода януари-декември 2023 г. за работата на по-голямата част от апаратите са осигурени консумативи - различни видове газове и наем на бутилки (азот, аргон, кислород, синтетичен въздух и др.), кварцови кювети, кювети за измерване на Zeta-потенциал, игли и тестови течности за тензиометъра и др. Във връзка със закупуването на ново оборудване и с цел повишаване на квалификацията на специалистите в ИОМТ, е проведено обучение за работа и запознаване с функционалностите на новозакупения спектрофотометър, както и за работа с тензиометър и 3D профиломер. Извършени са изследвания по заявки за външни потребители (за над 10 публични и държавни организации), както и за множество партньори от ИНФРАМАТ. По двата договора са отчетени над 30 участия в научни форуми (постерни и устни доклади с изказана благодарност към проекта), както и 30 статии с резултати, получени с помощта на ИНФРАМАТ

оборудване в ИОМТ.



Фигура 5. Лабораторията по спектрофотометрия след извършения ремонт.



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.

През изминалата 2023 г., която е последната година за проекта, екипът за изпълнение, който се състои от петима изследователи с научна степен и един изследовател без научна степен, беше разширен с един инженер. Научно-изследователската работа по проекта продължи според заложената работна програма, като екипът на ИОМТ изпълняваше дейности от Работен пакет №2: „Електронни, оптични, сензорни и био-мехатронни системи и технологии“ и по-конкретно работи по следните задачи: 2.3_2.2.6 „Хибридни системи на основата на графен“, 2.3_2.2.7 „Хибридни системи и структури за мултифункционални оптични и оптоелектронни устройства“, 2.3_2.2.8 „Спектрални оптични интерферометрични методи за 3D и 4D охарактеризиране на биомехатронни елементи“ и 2.4_1.1 „Функционални материали и наноструктури за електрично и оптично детектиране на химически агенти. Химични и биохимични сензорни устройства за екологичен контрол“. Получените резултати по проекта са публикувани в 7 статии, излезли от печат, от които 2 в списания Q1 и 4 в списания Q2. Финансирането по проекта беше използвано за представяне на един поканен и един устен доклад на два международни научни форума, както и за участие на 5 члена на екипа в заключителната конференция по проекта. Беше извършено преразпределение на бюджета на ИОМТ, което осигури средства за заплащането на заплатите на екипите за управление и изпълнение до края на проекта, а също даде възможност за закупуване на така необходимото лабораторно обзавеждане на новите лаборатории на ИОМТ в кампус „Гео Милев“. През изминалата година също бяха доставени електронни елементи, стъклария, специализирани подложки, газове и газови принадлежности. Оборудването, закупено по проекта на стойност над 1 милион лева и временно разположено в сградата на ИОМТ, беше успешно пренесено в новата сграда на кампус „Гео Милев“, открита през м. декември 2023 г., в двете новообзаведени лаборатории на ИОМТ, заемащи обща площ от 120 кв. м. -

„Лаборатория за получаване на 2D материали и нанослое“ с ръководител проф. д-р Вера Маринова и „Лаборатория по спектрална оптична интерферометрия“ с ръководители доц. д-р Виолета Маджарова и проф. д-р Цветанка Бабева.

Част от екипа по проекта започна работа по апликационната форма за следващия етап и по дейности, свързани с участието на ИОМТ в сдружение с нестопанска цел Национален Център за върхови постижения „Мехатроника и чисти технологии“.

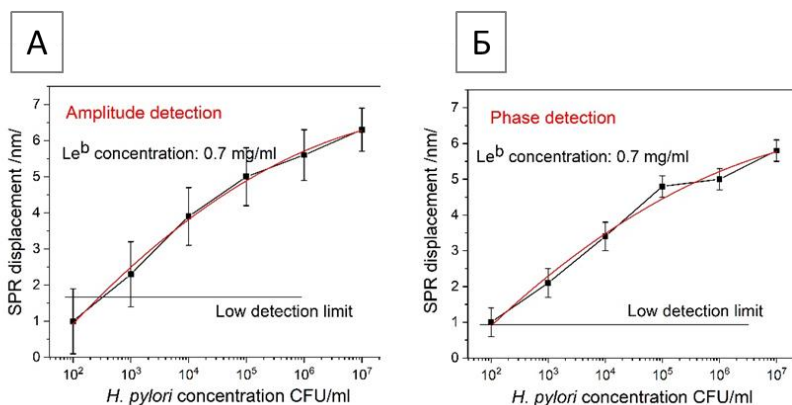


Фигура 6. Снимки от откриването на кампус „Гео Милев“ и новообзаведените и оборудваните лаборатории на ИОМТ, партньор по проект BG05M2OP001-1.001 – 008 „Национален център по мехатроника и чисти технологии“.



ИОМТ участва като партньорска организация в проект по НПКНИ 2020-2027 „Национален Център по Биомедицинска Фотоника – НЦБФ“.

В изпълнение на проекта „Национален Център по Биомедицинска Фотоника – НЦБФ“ бяха усвоени 100 000 лв за ДМА. Успешно бяха проведени търгове по ЗОП и бяха доставени флуоресцентен микроскоп, SPR спектрометър, източник за IR излъчване, рутерна фреза, дестилатор. По изследователската програма бе осъществено участие с постер в национална конференция с международно участие. Цел на изследването бе да се приложи новият разработен метод за фазово-чувствителна детекция на SPR. Методът бе приложен при детекция на *Helicobacter pylori*. Резултатите при амплитудния метод на детекция и при фазово-чувствителния са показани на Фиг. 7А и Фиг. 7Б, съответно. Общата точност на измерване беше оценена приблизително на ± 1 nm при амплитудна детекция, докато LOD беше близо до 1.8 nm (Фиг. 7А). Минималната концентрация на *H. pylori* с надеждно наблюдавано свързване с Le^b е приблизително 3 000 CFU. При фазово-чувствителната детекция общата точност на измерване беше оценена приблизително на ± 0.3 nm, докато LOD беше по-нисък от 1 nm (Фиг. 7Б). Надеждно наблюдавано свързване е приблизително 200 CFU, т.е. постигнато е



подобрене на чувствителността с повече от един порядък. Резултатите, съобщени на конференцията, са оформени в статия, която ще бъде публикувана в списание на ИОР.

Фигура 7. Резултати, получени при амплитудния (А) и при фазово-чувствителния (Б) метод на детекция.

2. РЕЗУЛТАТИ ОТ НАУЧНОИЗСЛЕДОВАТЕЛСКАТА ДЕЙНОСТ ПРЕЗ 2023 г.

Научноизследователската дейност в ИОМТ се провежда по две основни тематични направления със съдействието на Научно-техническия отдел. През 2023 г. изследванията обхващат изпълнението на 13 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. д-р Вера Маринова

ЗАДАЧА 1: Разработване на материали за сензорни и фотокаталитични приложения, ръководител проф. д-р Цветанка Бабева

Финансиране:

- бюджетно;
- Договор КП–06–Н38/7 (2019) с настоящ ръководител доц. д-р Катерина Лазарова;
- ИНФРАМАТ;
- „Национален център по мехатроника и чисти технологии“ BG05M2OP001-1.001-0008.

Цел на проекта е разработването на тънкослойни материали с помощта на мокри методи на отлагане и тяхното приложение като чувствителни среди за сензори и фотокатализатори. За постигането на основната цел са поставени следните изследователски задачи:

- 1) Синтезиране на метални оксиди чрез модифициран твърд темплейт, дотирането им с метални наночастици и включването им в многослойни системи;
- 2) Синтезиране на нови полимери с подобрена чувствителност и малък хистерезис и дотирането им с метални наночастици за подобряване на чувствителността;
- 3) Получаване чрез мокри методи на тънкослойни материали със силно развита повърхност, чиито свойства да бъдат оптимизирани в посока на приложението им като активни среди на QCM (Quartz Crystal Microbalance) сензори за влага и пари на летливи органични вещества.

През 2023 г. са получени следните основни научни резултати:

- Изследвани са порести тънки слоеве от Nb_2O_5 , получени чрез разработен в ИОМТ модифициран метод на твърдия темплейт. Методът включва смесване на ниобиев зол и

колоиден разтвор на частици SiO_2 (търговски продукт Ludox) в различни обемни съотношения, отлагане на слоеве чрез spin-coating, загряване на 320°C за 30 мин. и постепенно разтваряне / ецване на фазата от SiO_2 и изследване на оптичните и сензорни свойства на слоевете на всяка стъпка на разтваряне. Установено е, че морфологията, оптичните и сензорните свойства, както и омокрянето зависят от началната химическа композиция на слоевете и от времето на ецване. Намерено е оптимално време на ецване, при което оптичният сензорен отклик на слоевете към пари на ацетон е максимален. Установено е, че за оптично детектиране на пари на ацетон е необходимо наличие на определено количество SiO_2 фаза в слоевете;

- Изследвани са композитни тънки филми от биосъвместим полимер, дотиран със сребърни наночастици (AgNPs), синтезирани посредством „зелен“ синтез. Полимерът е синтезиран от колеги от Института по полимери на БАН и представлява PVA с присадени вериги от PMA, което го прави чувствителен към пари на ацетон и слабо чувствителен към влага. Сребърните наночастици се синтезират от колеги в ИОМТ в сътрудничество с колеги от УХТ–Пловдив. Определена е оптималната концентрация на AgNPs (1.2 wt%), при която се наблюдава най-силният сензорен отклик на нанокompозитния слой. Предполага се, че подобрието на свойствата се дължи на индуцирането на свободен обем около частиците, който подпомага раздуването на полимера. При по-нататъшното увеличаване на количеството частици полимерната матрица се втвърдява, което прави раздуването й все по-трудно и като резултат сензорният отклик намалява.

- Изследвани са структурните, морфологичните и оптичните свойства на тънки слоеве от ZnO, дотирани с Co и съвместно дотирани с Co и Al. Слоевете са получени чрез метода на електроаерозолно разпръскване на апаратура, конструирана в ИОМТ. Показано е, че Co води до съществено намаляване на размера на зърната на гранулираната повърхност и увеличаване на размера на кристалитите. Получените слоеве са прозрачни във видимата и близката ИЧ област. Дотирането води до увеличаване на показателя на пречупване и оптичната ширина на забранената зона. Като цяло е показано, че чрез метода на електроспрей, използвайки евтини и нетоксични прекурсори и разтворители могат да бъдат получени тънки слоеве от ZnO със свойства, сравними с тези, получени чрез други, много по-скъпи и технологично по-сложни методи.

Проведени са първоначални експерименти за функционализиране на кварцови осцилатори с цел използването им за детектиране на пари на летливи органични вещества чрез метода на кварцовата микровезна (QCM). Изследвана е чувствителна среда, базирана на нанокompозитни слоеве от зол-гел матрица от Nb_2O_5 с вградени наносфери от SiO_2 и е очертана посоката на изследванията.

В сътрудничество с колеги от Медицински Университет – Пловдив е изследвана силата на връзката между керамичен материал (ZrO_2 , стабилизирани с итрий), широко използван в денталната медицина за изработката на фасети, коронки и мостове на зъби, и цимента, необходим за тяхното залепване към зъбните тъкани. Установени са най-подходящите методи за третиране на циркониевата повърхност, осигуряващи най-добрата адхезия на цимента към нея. Резултатите са публикувани в статия в Доклади на БАН.

Разпространение на резултатите: Резултатите са публикувани в 6 (шест) публикации и са представени чрез 3 устни доклада (2 поканени) и 4 постерни доклада на 3 международни научни форуми.

ЗАДАЧА 2: Наноматериали и хетеро/хибридни структури за приложения в оптиката и фотониката, ръководител проф. дфн Вера Маринова

Финансиране:

- бюджетно;

- ФНИ (КП-06-Н-68/1 от 12.2023 г., КП-06-Н-58/12 от 11.2021 г., КП-06-КОСТ/15 към КОСТ Акция СА 20116);
- ЕУ (ТОСНА - Н2020-FETPROACT-01-2018, КП-06-ДО 02/2 М-ERA-NET, 24.10.2019-24.06.2024);
- ЕБР-БАН.
- „Национален център по мехатроника и чисти технологии“ BG05M2OP001-1.001-0008.

През 2023 г. дейностите по проекта са насочени към синтез на нанослоеви от оксидни и 2D наноматериали и асемблирането им в хибридни структури за приложения в оптиката и фотониката. Изследвани са структурните, електро-оптични и оптични свойства с цел приложения като прозрачни, проводящи електроди в течно-кристални дисплей устройства и за разработката на ново поколение 4G оптични елементи, които модулират геометричната фаза на светлината чрез манипулиране на поляризацията. Направени са течно-кристални дисплей устройства, при които подравняващия слой се обработва предварително (механично или чрез фотоподравняване) и са сравнени електро-оптичните им характеристики. Разработени и демонстрирани са полимерно-диспергирани течно-кристални устройства на основата на нанослоеви от 2D материали, чувствителни в ИЧ област на спектъра.

1. Изследвано е влиянието на UV-озон третиране и термично отгряване върху оптичните и електрични свойства на тънки филми от ZnO, легирани с Al (AZO), получени чрез ALD технология за последователно отлагане на атомни слоеве. Рентгеновата дифракция (XRD) потвърждава поликристална вюрцитна структура с предпочитана (100) ориентация, като размерът на кристалите се увеличава след термично отгряване, докато третирането с UV-озон не води до значителна промяна. Резултатите от рентгенова фотоелектронна спектроскопия (XPS) показват, че след обработка с UV-озон се образуват повече кислородни вакансии, докато след термично отгряване те намаляват. Установено е, че свойствата на AZO филмите могат да бъдат регулирани лесно, особено след UV-озон третиране, което е лесен и неразрушителен метод за намаляване на стойностите на съпротивлението, като в същото време не предизвиква значителни промени в поликристалната структура, морфологията на повърхността и на оптичните свойства.

2. Получените AZO нанослоеви се отличават с висока прозрачност и отлична проводимост, също така са силно хидрофобни и притежават много ниска свободна повърхностна енергия. Тези уникални свойства ги правят изключително подходящи за интегриране в течно-кристални дисплей устройства, където се явяват отличен заместител на широко разпространените ITO контакти. За първи път (доколкото ни е известно), е демонстрирана мултифункционална роля на AZO слой - освен като прозрачен, проводящ електрод, служи и като подравняващ слой за вертикална ориентация на течно-кристалните молекули. По този начин отпада необходимостта от нанасяне на допълнителен подравняващ слой, което прави структурите лесни и икономични за направа.

3. За фотоподравняване на течно-кристалните молекули е използван и слой от полимер, съдържащ азобензен в страничната верига. Електрооптични параметри като прагово напрежение, време за реакция и фазово забавяне на направеното течно-кристално устройство са характеризирани при различни стойности на интензитета на облъчващата светлина. Установено е, че в азимуталната равнина контролирането на интензитета подобрява закотвящата сила на течно-кристалните молекули с два порядъка и позволява да се манипулира посоката на ориентиране на течно-кристалните молекули.

4. Разработени са оптични елементи на основата на нематичен течен кристал, които модулират геометричната фаза на светлината чрез манипулиране на поляризацията. В процеса на асемблиране фотоподравняването на повърхността се осъществява чрез използване на поляризационен запис върху полимерен филм. Демонстрираните оптични елементи (дифракционна решетка и леща) могат да се разглеждат като поляризационно-

селективни трансмисионни холограми. В допълнение, поляризационното състояние и вълновият фронт на разработените оптични елементи могат да бъдат преобразувани едновременно, превръщайки се в ефективен начин за минимизиране и интегрирането им в следващо поколение оптични устройства за фотониката.

5. Успешно са синтезирани нанослоеви от PtSe₂ върху стъкло чрез селенизиране на предварително отложени Pt слоеве, използвайки метод за термично асистирано преобразуване (ТАС) при атмосферно налягане. Наличието на PtSe₂ е потвърдено от XPS и Raman анализи, като чрез ТЕМ и оптична елипсометрия е определена дебелината на слоевете и зависимостта от времето на отлагане на металния слой. Демонстрирано е интегрирането на получените прозрачни, проводящи слоеве от PtSe₂ в структури на основата на полимерно диспергирани течни кристали (PDLC), като превключватели в близката инфрачервена област. Предложеният евтин подход за синтез на PtSe₂ разкрива нови посоки за потенциални технологични приложения, включително оптоелектроника без ИТО.

Разпространение на резултатите: Резултатите са публикувани в 6 статии, от които 4 в списания с импакт фактор и 2 с SJR, както и 4 статии, рецензирани и отпечатани в пълен текст от конференции. Представени са 41 доклада/постерни съобщения на национални и международни конференции, в това число 3 поканени доклада и 12 устни доклада.

ЗАДАЧА 3: Наноструктуриране на тънки филми и многослойни покрития от благородни метали и p-block елементи, ръководител доц. д-р Росен Тодоров

Финансиране:

- бюджетно;
- ФНИ (проект КП-06-Н38/8 от 05.12.2019 г.).

Целта на задачата е да се установят условия за отлагане на тънки слоеве от метали и биметални сплави на базата на сребро, злато и химични елементи от p-block на Периодичната система, да се изследват техните структури и оптични свойства в зависимост от условията на получаване и вида на подложката. В биметалните сплави, които са комбинация на споменатите по-горе метали със сребро и злато, се очаква да се промени електронната структура, което ще се отрази на ефективността им за възбуждане на локализиран повърхностен плазмонен резонанс (LSPR) в ултравиолетовата (УВ) спектрална област. Получените резултати ще послужат за моделиране на покрития от метал и полупроводник като нови плазмонни материали за УВ светлина и практическо приложение в техники със свръхвисока чувствителност, като на повърхностно стимулирана Раманова спектроскопия (SERS) и плазмонно-усилена ултравиолетова флуоресценция.

Установяване на условията за отлагане и изследване зависимостта на оптичните константи от дебелината на тънки слоеве от системите Au_xMe_{100-x} (където Me = Cd, In, Sn, Sb и Bi). Тънките слоеве са отложени чрез два метода. Рентгеновият микроанализ показва, че химическият състав на покритията отговаря на теоретично зададения. Фазовият състав е определен чрез рентгенова дифракция (XRD). Рентгенограмите на тънките филми показваха, че реакция между златото и p-block металите се получава още по време на отлагане на покритията. XRD анализът показва, че успешно са отложени тънки филми, съставени от една кристална фаза за следните интерметални съединения: AuCd₃, Au₃In, Au₇In₃, AuIn₂, Au₅Sn, AuSn, AuSn₂ и AuSb₂.

През годината са довършени изследванията на зависимостта от състава на оптичните свойства на тънки филми за системата Au-Sb. XRD анализът показва, че тънките филми са хетерогенни смеси на Au, AuSb₂ и Sb. Чрез елипсометрични изследвания е определена зависимостта на комплексната диелектрична функция от съотношението на различните фази и техния състав. Проследена е зависимостта на комплексната диелектрична функция в

случай на интерметални съединения на злато и калай за интервала от дебелини от 10 до 100 nm. Рентгеновата дифракция показва, че още при отлагане на подслоеве от двата метала се получава реакция и образуване на интерметални съединения AuSn и AuSn₂. Анализът на диелектричната функция показва, че тънките покрития притежават добра ефективност за възбуждане на LSPR в спектралния интервал 2.8-4.8 eV.

Довършени са изследванията на тънки филми от системата Ag-Cd. Анализирани са оптичните свойства и зонната структура на тънки филми от Ag-Cd чрез спектрална елипсометрия, рентгенова фотоелектронна спектроскопия и DFT пресмятания.

Ултравioletова повърхностно-усилена флуоресцентна спектроскопия на органични и неорганични вещества на основата на LSPR. Изследване възможността за функционализиране с различни аминокиселини. Отложените многослойни покрития са изследвани като подложки за приложение на УВ повърхностно-усилена флуоресцентна и Раманова спектроскопии. На основа на резултатите от елипсометричните измервания са избрани оптималните състави, за които може да се очаква усилване на емисията в УВ-спектралната област. За тестване е използван триптофан, който притежава флуоресцентен пик при 350 nm. Изследването е проведено при различни концентрации на разтвори във вода (от 1×10^{-2} до 1×10^{-13} %). Използването на тънки слоеве със състав Ag₅₀:Cd₅₀ показва усилване на флуоресцентния сигнал и регистриране на концентрации от $\sim 10^{-10}$ %.

Заедно с изследванията с използването на флуоресцентна спектроскопия са започнати експерименти по изследване на контрола на функционализацията на сребърни и златни наночастици. Измерените емисионни спектри на триптофан показват отместване на максимума на излъчване към по-малките енергии на фотона. Това отместване е в зависимост от състава на металното покритие и показва възможност за контрол на селективността.

Ефективността на тънките филми AuSn като подложки за SERS е изследвана чрез изградената установка за Раманова спектроскопия, чрез възбуждане с 488 nm линия на Ar-лазер и спектрометър Ocean M4000, като е наблюдавано Раманово разсейване от триптофан до концентрации 1×10^{-9} % .

Разпространение на резултатите: Резултатите са публикувани в 2 статии в списания от категория Q2 и 4 статии в списания с SJR. Резултатите са представени на 1 международна конференция.

ЗАДАЧА 4: Изследване и анализ на морфометричните и механичните характеристики на формените елементи с помощта на атомно силов микроскоп, ръководител доц. д-р Величка Стрижкова

Финансиране:

- бюджетно;
- ИНФРАМАТ.

През последните години атомно-силовата микроскопия (AFM) се превърна в обещаващ метод за наблюдение на морфологията и за количествено измерване на морфометричните и механичните свойства на формените елементи. Определянето на клетъчните характеристики е от голямо значение за разбирането на някои от основните механизми на различни заболявания. С AFM може да се определи формата и повърхностните топологични характеристики на клетките в процес на изследване, включително грападостта на мембраната, както и нейната еластичност. Грападостта на плазмената мембрана е ключов параметър, отразяващ основните клетъчни характеристики като адхезия, подвижност, вътреклетъчен контакт и др. През 2023 г. са получени следните основни резултати: На базата на получените данни е установен ускорен процес на стареене на еритроцити, изолирани от жени с преекламписия (PE) в сравнение с този на съответните контролни групи, изразяващ се в:

- наноструктурните промени на еритроцити, получени от жени с прееклампсия настъпват на по-ранен етап в процеса на стареене на клетките, в сравнение с контролите;
- нарастването на популацията на клетките с намалена функционалност (спикулоцити и сфероцити), както и намаляването на радиуса на клетките, настъпва значително по-рано във времето на проследяване при пациентите с изследваната патология в сравнение със съответните контролни групи;
- грапавостта на клетъчната мембрана за изследваните пациентки намалява експоненциално до 10-и ден, достигайки минимална стойност, докато при контролите грапавостта намалява линейно във времето на проследяване;
- симулацията на оксидативен стрес при контролни еритроцити предизвиква подобен ефект на морфологични и наноструктурни трансформации, наблюдавани при клетките от пациентки с РЕ, което предполага, че степента на оксидативно и възпалително увреждане, генерирано при РЕ, най-вероятно допринася за патологичните промени, наблюдавани в червените кръвни клетки, получени от жени, засегнати от тази патология;
- приложеното AFM изследване на плазма допринесе за установяването на наличие на значителни агрегати в пробите на пациентите с РЕ, което е в подкрепа на твърдението, че свръхекспресирани нива на ROS (*reactive oxygen species*) при жени с прееклампсия може да предизвикат дисрегулация на някои протеини и като резултат - токсично отлагане на агрегати в телесните течности.

Тези констатации може да послужат за по-нататъшно изследване, за да се разкрие възможната връзка между термичната стабилизация на албумина, повишеното възпалително състояние и оксидативния стрес и неправилното нагъване на протеините при РЕ.

Атомно-силовата микроскопия е приложена за да се оценят топологичните, морфометричните и наномеханичните характеристики на Т-лимфобластите, получени от пациент с лимфобластна левкемия (ALL), и да се сравнят с тези на нормалните лимфоцити от здраво дете. Едно от най-важните открития в това изследване е идентифицирането на два типа Т-лимфобластни клетки, за които е установено, че се различават както по морфометрични характеристики, така и по еластични свойства. По-голямата част от Т-левкемичните клетки (около 75%) се характеризират с по-малки размери и силно намалени стойности на модула на Young в сравнение с нормалните левкоцити. Според френско-американско-британска (FAB) класификация, която категоризира ALL в три подкласа (L1, L2 и L3), типът L1 има малък размер. Следователно може да се приеме, че изследваният случай може да бъде причислен към L1 Тип. Това откритие корелира добре с микроскопското изследване на изображения на кръвни натривки. Установено е, че малка част (25%) от лимфобластите на пациента имат по-големи размери. Трябва да се отбележи, че клетките при този вид левкемия не са напълно хомогенни.

Разпространение на резултатите: Резултатите са публикувани в 2 статии в списания от категория Q1, 1 статия е приета за печат.

ЗАДАЧА 5: Повърхнинен плазмонен резонанс в близката инфрачервена област (1-2.5 μm), базиран на дифракционни решетки, ръководител проф. д-р Георги Дянков

Финансиране:

- Бюджетно;
- ФНИ (ДК1/10 от 29.03.2021, ДФНИ ПН33/1 от 2019 г., КП-06-Китай/1 20.11.2020).

Получени основни научни резултати през 2023 г.:

1. Разработен и апробиран е метод, базиран на SPR (повърхнинен плазмонен резонанс) анализ за определяне на кинетиката на антипролиферативната и антивирусна активност на третирани с халконови деривати (с разнообразно заместени ароматни ядра) клетки и на противовирусните препарати ремдесивир (RDV) и хидроксихлороквин (HCQ) върху човешки коронавирус 229E (HCoV-229E) в клетъчни култури.

2. Разработен е бърз количествен антигенен тест, базиран на SPR детекция на взаимодействието моноклонални антитела/SARS CoV-2 структурни протеини, като е достигната чувствителност приблизително 110 fM. Това е съизмеримо с комерсиалните бързи антигенни тестове, като предимството на SPR метода е количествената детекция.

3. За първи път експериментално е доказано взаимодействието на N и S структурните протеини на SARS CoV-2 с хем-групата на хемоглобина и миоглобина, с което се обясни клинично наблюдаваните хипоксия и фероптоза.

4. Разработени са дифракционни решетки с нови метални покрития за работа в диапазона над 1.5 μm .

5. Разработен е метод и устройство за фазова детекция на SPR. Методът е приложен за измерване на бимолекулни реакции – моноклонално антитяло/SARS CoV-2 протеини и кръвен антиген/*H. pylori*. Експериментално се потвърди подобряването на чувствителността с около 40% и намаляването на границата на детекция с около 50%.

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 от категория Q4. Докладвани са на 6 международни научни форума като 2 постера, 4 доклада, от които 2 по покана.

ЗАДАЧА 6: Импедансометрични сензори на био- и физикохимични величини, ръководител доц. д-р Ивайло Живков

Финансиране: Бюджетно

През 2023 г. са получени следните основни резултати:

- Оптимизирана е електронна схема към едночипов дигитален импеданс конвертор/анализатор AD5933 за измерване на импеданс без необходимост от предварително калибриране на прибора. Проведени са измервания на въглеродни капацитивни сензори за измерване на температура в обхвата 5 – 20 kHz. Установена е експоненциална зависимост от честотата, което е типична характеристика на кондензатор. Измерената фазово-честотна характеристика показва стойности около минус 90°, което потвърждава капацитивния характер на сензора. Измерена е и кинетичната крива на сензора. Установена е ясно изразена промяна в капацитета на сензора при промяна на температурата с около 40°C от 1 на 2.2 pF. С така конструирания прибор е измерен и откликът на сензор на огъване. При огъване под ъгъл от около 90° е измерена ясно различима промяна в капацитета от 5.6 на 6.3 pF. Тези стойности демонстрират високата чувствителност на прибора.
- Разработена е схема на модул за корекция на синусоидалния сигнал, приложен към образеца, който понижава изходното съпротивление и позволява повече степени за регулиране амплитудата на сигнала.
- Разработена е схема за предотвратяване претоварването на измервателния модул в чипа, която също така осигурява автоматично превключване обхватите на измерване.
- Разработена е схема за галванично разделяне на измервателния прибор от управляващия го компютър и захранващата мрежа, което съществено понижава шумовете в процеса на измерване.

Разпространение на резултатите: Предвид все още недостатъчните тестове на прибора, както и предварителния характер на получените резултати от измервания с него през първата година от проекта не е предвидено разпространение на резултати.

ЗАДАЧА 7: Синтез на халкогениди на преходни метали и Ван дер Ваалсови хетероструктури, ръководител проф. д-р Димитър Димитров

Финансиране:

- бюджетно;
- EU-Хоризонт 2020 ТОСНА 824140;
- Договор с ФНИ № КП-06-Н 58/12;
- BG05M2OP001-1.001-0008-C01- Национален център по мехатроника и чисти технологии

Нискоразмерните структури под формата на обемни кристали и нанолъспи са от значителен интерес поради тяхната уникална 2D функционалност и обещаващи приложения в електрониката, фотониката, сензорните устройства и фотоволтаичните слънчеви клетки. Представена е алтернативна концепция за растеж на кристали NbSe₂ чрез техника на пренасяне на химически пари (CVT), използваща бром като агент за пренасяне на парите и впоследствие синтезираните кристали са анализирани чрез рентгенова дифракция (XRD), Raman спектроскопия и рентгенова фотоелектронна спектроскопия (XPS). Рентгеновият дифракционен анализ разкри хексагонални 2H-NbSe₂ и 4H-NbSe₂ фази и са получени характерни Raman и XPS спектри, типични за кристален NbSe₂. Чувствителността към околната среда на кристалите NbSe₂ се проявява чрез луминесценция, приписвана на окислен Nb на повърхността на пробите.

Изследвани са фотокаталитичните свойства на PtSe₂ за приложение като антибактериални покрития. Установена е антибактериална активност на няколко слоя PtSe₂ покрития върху стъклени подложки срещу *Escherichia coli* при условия на тъмно и при облъчване. 2D PtSe₂ нанослое са синтезирани чрез селенизиране на предварително отложени Pt филми, като се използва метод за термично подпомагано преобразуване (TAC). Синтезирани са PtSe₂ покрития с 3 различни дебелини, оценени чрез елипсометрични измервания съответно на 7 nm, 9 nm и 12 nm. Рентгеновите дифракции (XRD) показват дифракционни пикове, характерни за PtSe₂ с подобряване на кристалността при увеличаване на времето за отлагане на Pt. Подобна тенденция на увеличаване на грапавостта беше открита чрез измерване на топологията на повърхността с помощта на атомно-силова микроскопия (AFM). Спектрите на Раман разкриват типични режими на PtSe₂, докато намаляване на съотношението Se/Pt и преход от р-легиран към п-легиран PtSe₂ за по-дълги времена на отлагане на Pt е установено чрез анализ с рентгенова фотоелектронна спектроскопия (XPS). Изследването на забранената зона на PtSe₂ чрез спектрална елипсометрия показва намаление от 0.77 до 0.64 eV при увеличаване на времето за отлагане на Pt, добре корелирано с UV-VIS спектрите на пропускане. Образуването на реактивни кислородни видове (ROS), главно хидроксилни радикали (радикал ·OH) върху повърхността на PtSe₂ при облъчване със светлина е демонстрирано чрез EPR анализ. Антибактериалната активност на PtSe₂ покритията е изследвана чрез прилагане на стандартна ISO процедура за полупроводникови фотокаталитични материали: (i) на тъмно антибактериалната активност се увеличава с увеличаването на времето за отлагане на Pt и жизнеспособността на бактериите е намалена до 30% (Pt 3 s) и 15% (Pt 10 s) след третиране в продължение на 6 часа. Ефектът се приписва на нарастващата дебелина на филма, грапавост и повърхностното покритие, което улеснява механичното унищожаване на бактериалната клетка; (ii) при облъчване със светлина активността на PtSe₂ (Pt 3 s) е подобна на тази на тъмно, показваща ниска чувствителност към светлина. Обратно, PtSe₂ (Pt 8 s) и (Pt 10 s) изглеждат много ефективни при облъчване

със светлина, като жизнеспособността на бактериите след 6 часа е съответно само 7.3% и 1.2%. Наблюдаваната фотоиндуцирана антибактериална активност е свързана със синергията на няколко параметъра, т.е. висока кристалност, полупроводниково поведение и химичен състав. Настоящата работа отваря пътя за по-нататъшно изследване на PtSe₂ като фотоактивен антибактериален материал, механизма на неговата антибактериална активност и възможността за приложение като антибактериално покритие върху прозрачни евтини подложки.

Разпространение на резултатите: Публикувани са 7 статии и са представени 36 постера/доклада на международни и национални конференции.

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

ЗАДАЧА 8: Фотоанизотропни материали за приложения в поляризационната холография и фотониката, ръководител проф. д-р Лиан Неделчев

Финансиране:

- бюджетно;
- ФНИ (проекти КП-06-Н38/15, КП-06-КОСТ/19)
- SRA-C2 ETRI – IOMT, Южна Корея (2023);
- програма „Млади учени и постдокторанти“, модул „Млади учени“ (ПМС 206/07.04.2022).

Научните изследвания по проекта през 2023 г. могат да бъдат групирани в следните основни направления, отговарящи на плана за работа по проекта:

- Двумерни поляризационни холографски решетки с/без повърхностен релеф

Чрез двуекспозиционен запис с кръгово поляризирани снопове (с лява и дясна кръгова поляризация), ъгъл на запис $2\theta = 20^\circ$ и дължина на вълната 442 nm са получени двумерни (2D) поляризационни решетки в тънки азополимерни слоеве. Разгледани са три случая: 1) запис от страната на слоя, 2) запис от страната на подложката, 3) запис в образец, при който азополимерния слой е защитен от двете страни със стъклени подложки. В първия случай се наблюдава силно изразен повърхностен релеф, който доминира поляризационните свойства на решетките. В последните два случая формирането на релеф е успешно предотвратено и решетките имат поляризационни свойства близки до тези на идеалната обемна поляризационна решетка. Резултатите са представени в 2 публикации и 2 доклада на конференции. Също така през годината излезе от печат статия, в която се анализират методите за запис и параметрите на два типа поляризационно-селективни бифокални лещи.

- Цифрова поляризационна холография

Извършена е поредица от прецизни настройки и калибриране на SLM-а в оптичната схема за цифрова поляризационна холография. Записани са бинарни поляризационни решетки, както и 2D решетки, и е извършен анализ на поляризационните им свойства и на повърхностния им релеф. Резултатите са представени като постерен доклад и предстои оформянето им като публикация.

- Анализ на оптичните и биофизични свойства на азополимера PAZO и на нанокompозитни слоеве, дотирани с квантови точки

Получени са данни за температурната зависимост на абсорбционните спектри на PAZO в широк интервал – от стайна температура до 250°C. Измененията в спектъра са значителни, като едно възможно обяснение е протичането на *транс-цис* изомеризация, но ще бъдат проведени допълнителни анализи за проверка на тази хипотеза. Измерени са кинетиките на двулъчепречупване за нанокompозитни слоеве от PAZO, дотиран с квантови

точки (InP/ZnS, размер 7.5 ± 1 nm) при три различни концентрации. Определена е цитотоксичността на PAZO върху определена клетъчна линия.

- Инсталиране и проучване на възможностите на поляризационна камера

Инсталиран е софтуер за управление и обработка на данните на поляризационната камера модел CS505MUP1, Kiralux. Извършена е детайлна литературна справка за изследвания, използващи същата или подобна камера, при която бяха намерени над 20 публикации, свързани с приложения на поляризационни камери. Шест от тези статии описват приложението на същия модел поляризационна камера.

- Обзорна статия за нанокompозитни фотоанизотропни материали

Разгледани са оптичните и фотоанизотропни свойства на широк набор от нанокompозитни материали, съдържащи азополимери и азобагрила с различен химичен състав, дотирани с метални или неметални наночастици. Обзорът е с обем 38 стр., обхваща 224 източника и се базира на 10-годишните изследвания на нашата група върху този клас оптични материали.

Разпространение на резултатите: Резултатите са публикувани в 5 публикации, от тях 1 в списание с категория Q1, 2 публикации с Q2, 1 публикация в списание с импакт ранг. Резултатите са представени на 7 конференции с 10 постера/доклада, от които 5 по покана.

ЗАДАЧА 9: Изследване на термодинамика на реакции на асоциация и изомеризация с методите на изчислителната химия, ръководител доц. д-р Силвия Ангелова

Финансиране:

- бюджетно;
- договор с ФНИ № КП-06-Н58/12;
- програма „Млади учени и постдокторанти“, модул „Постдокторанти“.

В рамките на проекта е планирано изследване с методите на изчислителната химия на термодинамика на реакции на асоциация и изомеризация. През втората година (2023 г.) на изпълнение на проектното предложение са извършени планираните в плана за работа дейности. Като продължение на започнатите през първата година на проекта изследвания на супрамолекулни комплекси на базата на кукурбитурили са проведени теоретични изчисления за серия от флуорогенни багрила и техни комплекси на включване в кукурбит[7]урил и кукурбит[7]урил като системи-домакини. Същата методология е използвана за детайлно изследване на термодинамиката на получаване на комплекси на биомиметични лиганди (кукурбитурили, циклодекстрини) с витамини (витамин К) и лекарствени средства.

Част от изследванията през годината е посветена на изучаване на взаимодействието на биологични лиганди (протеини, нуклеинови киселини и др.) с нативни/чужди метални катиони и/или лекарствени молекули.

В ход са изследвания на структурата и свойствата на двуменсионни (2D) халкогениди на преходни метали (TMD). Проведени са квантово-химични изчисления за генерирани слоеве MoS₂, като са тествани различни комбинации от метод и базисен набор/псевдопотенциал. Подбран е и модел на слой – клъстер с 24 атома преходен метал и 48 атома на халогенен елемент. Подбран е хибриден метод за провеждане на изчисленията (ONIOM), който се очаква да осигури адекватно отчитане на интерфейсите взаимодействия при разумно изразходване на изчислителните ресурси. Изследването на тези системи е обект на тематичен проект с базова организация ИФТТ и партньорска организация ИОМТ, финансиран от ФНИ (КП-06-Н58/12).

Квантово-химичните методи са успешно приложени за изследване на структурата и свойствата на нови флуоресцентни хемосензори за метални катиони и рН.

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 13 публикации (от които 9 в списания от категория Q1 и 2 в списания от категория Q2). Представени са общо 11 доклада/постера на 7 национални и международни конференции.

ЗАДАЧА 10: 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, КП-06-КОСТ/19);
- SRA-C2 ETRI – IOMT 2023, Южна Корея;
- Проект № 956770 „Plenoptic Imaging“ – PLENOPTIMA;
- BG05M2OP001-1.001-0008 „Национален център по мехатроника и чисти технологии”

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).

През 2023 г. е предложен метод за ускорено пресмятане на компютърно генерирани холограми в система за НЦХ за моделиране на холографския запис. Методът се базира на анализ на подобие на холограмите на точкови източници, разположени на еднакво разстояние от оста на оптичната система в дадена равнина. Тези холограми са с еднаква структура, както следва от описанието на системата с помощта на формализма на Френелова дифракция, но са завъртяни една спрямо друга. Предвид обстоятелството, че обектът в дадена равнина се представя като съвкупност от еквилидистантни точки, ускореното пресмятане изисква генериране на цифрови холограми само за половината от точките в първия квадрант на координатната система Оху, разположени под линията $x = y$. Останалите холограми се получават посредством операциите флипиране и транспониране. Проведеното сравнение между образите, възстановени от холограми, генерирани по стандартния начин и чрез ускорено пресмятане, показва пълно съвпадение. Разработеният ускорен подход позволи провеждане на числени експерименти с различни нива на сигнала и дробовия шум за генериране на холограми на тестови обекти при брой на точковите източници над 10000. Постигнато е осемкратно намаляване на времето за пресмятане. Качеството на възстановените образи при наличието на шум е сравнено с помощта на различни метрики с резултата от холограма, генерирана без шум. Основният извод е, че е налице силно зашумяване на възстановения образ, което съвпада с експерименталните наблюдения.

Фокусът на изследването в областта на ДСМ бе поставен върху интензитетно-базираното измерване в спекъл фотометрията с обработка само на две изображения в серия от корелирани спекъл изображения, получени при осветяване с лазер на променящ се във времето обект. Обработката на две изображения позволява да се построи двумерна карта на активността на процесите, протичащи в наблюдавания обект, със съществено подобрена разделителна способност по време и така да се следят бързо протичащи процеси. Интерференчната спекъл картина е изключително чувствителна към микро промени в

топографията или показателя на пречупване на изследвания обект. Пространствените флукуации на интензитета в спекъл-картините са източник на шум в картата на активността и намаляват чувствителността на метода, затова е необходимо усредняване в пространствената област. За да се запази висока разделителната способност в тази област, е предложено усредняване в правоъгълна област, която съдържа голям брой точки успоредно на едната пространствена ос и покрива една или две точки по другата ос. Проведените симулации и експерименти доказват ефективността на разработения подход за проследяване на нестационарни процеси във времето с добро запазване на детайлите в картата на активността. През 2023 г. също така продължи анализът на динамично спекъл измерване в условията на външен шум чрез разработване на преносима система за динамичен спекъл анализ на базата на мобилен телефон и лазер с малки размери и ниска цена. Записаните от камерата на мобилния телефон спекъл изображения се съхраняват в паметта на преносим компютър. Проведените експерименти доказват ефективността на разработената система.

Разпространение на резултатите: 5 публикации, от тях 2 публикации с Q2 и 1 публикация в списание с импакт ранг. 4 доклада (един по покана) и 2 постера на международни конференции.

ЗАДАЧА 11: 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 правителство на Южна Корея (MSIT) (Development of Holo-TV Core Technologies for Hologram Media Services).

Целта на проекта е разработване на специализиран метод за намаляване на шума и сегментиране на образи от оптичната кохерентна томография (ОКТ) с цел изучаване на различни образци с приложение в биомехатрониката. През 2023 г. са получени следните основни научни резултати:

- Разработване на протокол за снемане на последователност от обемни изображения за целите на динамичен спекъл

Проведени са множество експерименти за снемане на обемни (тримерни) данни на равни интервали от време, които да позволят количествен анализ на времевите флукуации в сигнала, които се дължат на различна активност в биологични образци. Създадена е процедура за снемане на 64 обемни образци, които ни позволяват да приложим разработеният от нас модел за динамичен спекъл анализ, съгласно предходните ни теоретични модели за влиянието на времевата разделителна способност при динамичен спекъл. Разработените корелационно-базираните алгоритми са приложени върху 64-те обемни изображения и са получени карти на активностите в различни дълбочини на изследван обект (листо на фикус).

- Разработване на специализиран софтуер за намаляване на спекъл шума в ОКТ изображенията

По тази задача е разработен модел, основан на дълбоко машинно самообучение, който позволява реконструирането на ОКТ изображение директно от снетите от системата интерферометрични сигнали, без необходимост от линеализиране на сигнала по вълново число преди обратното Фурие преобразуване (IFT). Методът представлява модифициран UNET attention gating (насочващо изчакване) and residual connections (остатъчни връзки).

Разработеният модел води не само до намаляване на времето за получаване на едно ОКТ изображение, но и до подобряване на традиционните метрики за оценка на реконструкция на изображения - SSIM, PSNR и MSE. В PSNR метриката, например, има подобрене с повече от 4 dB в сравнение с традиционния метод за реконструиране, използван в ОКТ уреда.

- Извършване на експерименти върху различни обекти и тестване на разработения метод за намаляване на спекъл шума върху експериментално получените данни

Извършени са множество експерименти върху разнообразни образци, които имат различна структура в дълбочина – вени, зъб, плод череша, плод киви, плод лимон и др. За всички образи са подготвени референтни ОКТ изображения чрез усредняване на 5 до 32 изображения, в зависимост от спецификата на обекта. Разработеният модел е приложен върху ОКТ изображения от изследваните образци. Всички традиционните метрики за оценка на реконструираните изображения - SSIM, PSNR и MSE са подобрили, като при ОКТ изображенията на вени и плод лимон има подобрене от над 4 dB в сравнение с традиционния метод за реконструиране, използван в ОКТ уреда.

Разпространение на резултатите: Предстои публикуване.

ЗАДАЧА 12: Холографска интерферометрия и безразрушителна оптична метрология, ръководител доц. д-р Бранимир Иванов

Финансиране:

- Бюджетно;
- ФНИ (проект КП-06-КОСТ/19).

По плановата задача са извършени следните основни дейности:

1. Създадена е цифрова холографска установка за оптично възпроизвеждане на цифрови холограми с помощта на пространствено-светлинен модулатор. Генерирани са статични и динамични светлинни структури за нуждите на проекционната профилометрия с цел измерване на формата на микро- и макро-обекти. Тествани са алгоритми за спекъл метрология и за възпроизвеждане на холограми, записани с конвенционални и пространствено некохерентни холографски системи.

2. Изградена е цифрова интерферометрична оптична система ESPI, работеща с поляризационна камера „Thorlabs” за фазово-отместваща цифрова интерферометрия със съосни обектен и опорни снопове в реално време чрез използване на поляризирана светлина. Системата позволява едновременен запис на интерферограми с наличие на фазови отмествания в светлинното поле.

3. В областта на безразрушителния контрол е изградена установка за цифрова спекъл интерферометрия, работеща с камера с висока разделителна способност „Basler” за изследване на равнинни и извънравнинни премествания и деформации при статично и динамично механично натоварване на образци. Реализирани са различни конфигурации за измерване стойностите на аксиални и трансверзални премествания в изследваните образци.

4. Изградена е установка за цифрова спекъл фотография, реализирана на базата на поляризационна камера и един осветяващ лазерен сноп. Работното светлинно поле е модулирано от оптичен дифузор за визуализиране полето на преместванията и определяне полето на деформациите при прилагане на опън към образец от композитни материали. Обработката на данните се извършва от софтуер с отворен достъп.

Разпространение на резултатите: 1 публикация, 4 участия на конференции.

ЗАДАЧА 13: Анализ на морфологията, микроструктурата и фазовия състав на наноматериали, ръководител доц. д-р Биляна Георгиева**Финансиране:**

- бюджетно.

През отчетния период с помощта на „зелен“ метод (редукция на сребърен нитрат с воден екстракт от цветове на *Lavandula angustifolia* - отпадъчен продукт от етерично-маслената индустрия) са синтезирани сребърни наночастици. Частиците са изследвани с трансмисионния електронен микроскоп (ТЕМ), като е определена морфологията, микроструктурата и фазовият им състав. Направено е също така разпределение на наночастиците по размер. Резултатите показват, че успешно са синтезирани сребърни наночастици, с размери от 0 до 12 nm и от 12 до 35 nm, т.е. с ясно разграничени две популации. Индексирането на електронните дифрактограми доказва наличие и на двете фази на среброто - кубична стенноцентрирана и хексагонална. Синтезираните по този метод сребърни наночастици намериха приложение в разработването на среди за оптични сензори за детекция на ацетон на базата на полимерни тънки филми.

Чрез импулсна лазерна аблация във въздух на мишени с различни съотношения на ZnO и TiO₂ в ИЕ-БАН са получени композитни наночастици от ZnO и Zn₂TiO₄. С ТЕМ е установено наличието и доказано образуването на фазата Zn₂TiO₄ в матрицата от ZnO, която внася значителна промяна във фотолуминесценцията (съотношението на ултравиолетовата и видимата компонента) на чистия ZnO. Композитът намира приложение като среда в газов сензор.

С помощта на ТЕМ са изследвани морфологията и фазовият състав на композитни наночастици от Au/TiO₂, Pt/TiO₂, Pd/TiO₂ и Zn/TiO₂, получени също по метода на лазерна аблация от смесена мишена, но във водна среда. Частиците са синтезирани с дължина на вълната 1064 nm и последващо облъчени с 266 nm. Доказано е, че след облъчването има наличие на кристални фази от наноструктурирани биметални сплави като кубичен AuTi, тетрагонален Pd₅Ti₃, орторомбичен Pd₃Ti₂, тетрагонален PdTi₂, орторомбичен Pt₅Ti₃, кубичен Pt₃Ti, орторомбичен TiZn₁₆, а също метални кристални фази на кубично и хексагонално Au, кубична Pt и PtO, тетрагонален PdO, моноклинен Ti₆O₁₁, анатаз TiO₂, хексагонални наночастици ZnO; наночастици ядро-обвивка от Pt/Ti_xO_y и Pd/Ti_xO_y и Au-декориран Ti_xO_y.

През годината са изследвани и триметални NiMoW катализатори, нанесени върху два вида порьозен Al₂O₃, получен по зол-гел метод и хидротермално. Чрез ТЕМ са визуализирани порите и е определен средният им размер и разпределението им по размер. Потвърдено е, че нанасянето на металите чрез импрегниране води до запълване на част от порите (50% за зол-гел и 34% за хидротермалния Al₂O₃), установено и с други аналитични методи, което обяснява намаляването на каталитичната активност на образците. Катализаторите са приложени в реакцията на хидродесулфуризация на тиофен и 4,6-диметил-добензо-тиофен и отново изследвани с ТЕМ. Електронната дифракция разкрива формиране на сулфидна фаза на два от металите със състав: Mo₁₈Ni_{4.14}S₂₄. Визуализирана е слоестата структура на образувания се след реакцията сулфид с разстояние между слоевете 5.9 Å.

Изследвани са още един вид катализатори Ni/VCY15 за приложение в аноди на горивни клетки за производството на енергия без отделяне на вредни емисии. Изследвана е редукцията и ре-оксидирането на Ni-сол в присъствие на вода и нагряване при 1100°C и в присъствие на етилен гликол и нагряване на същата температура. Направен е сравнителен

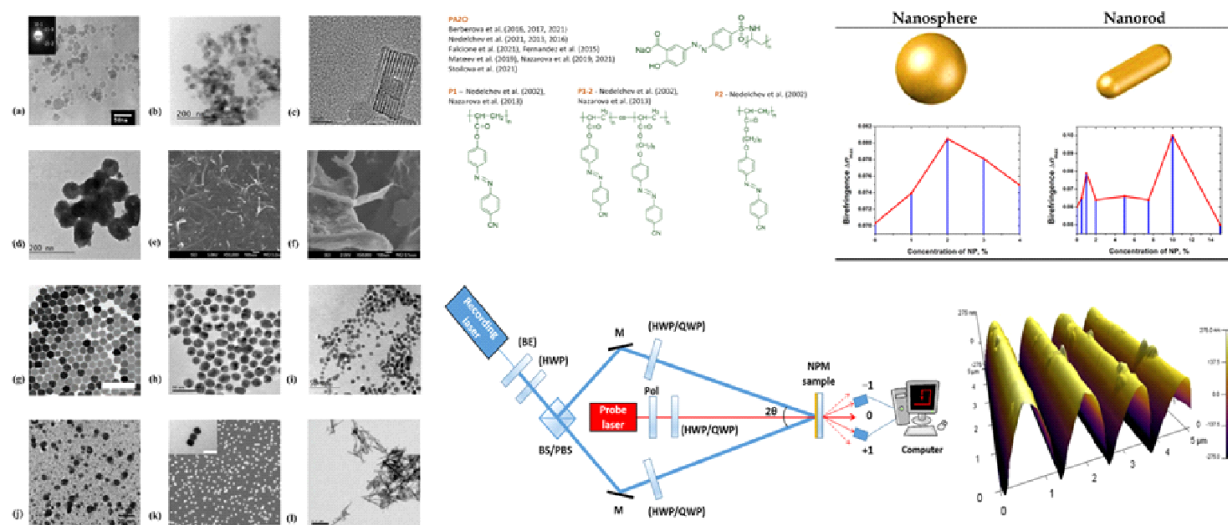
ТЕМ анализ на микроструктурата и фазовия състав на катализаторите преди и след реакцията. Доказани са орторомбичен $\text{BaCe}_{0.9}\text{Y}_{0.1}\text{O}_{2.9}$, кубичен Ni и хексагонал $\text{Ni}(\text{OH})_2$ преди реакцията и орторомбичен $\text{BaCe}_{0.9}\text{Y}_{0.1}\text{O}_{2.9}$ и кубичен NiO след ре-оксидирането.

През периода продължи работата по проект ФНИ - КП-06-Н58/2 “Изследване на възможностите за отлагане на дву- или повече слойни структури от типа графен-буферен слой-монокристална силициева подложка”. Целта на проучването през годината беше да се изясни на фундаментално ниво химическото взаимодействие при течно базирана функционализация на широко разпространени търговски продукти с установено качество (два вида монокристален графит и два вида сажди с ацетон, толуен и фенол) като междинен етап за по-нататъшни приложения и/или модификация на получените продукти. Резултатите от ТЕМ анализа показват, че в следствие на химичната обработка настъпват промени в морфологията и микроструктурата на изследваните въглеродни материали. Електронните дифракции разкриват, че при химичната обработка на висококачествения графит с толуен настъпва фазов преход - получаване на фулерен C60 и дефектна въглеродна структура с тази на графит нитрат. Експерименталните резултати от различните методи за анализ на тези въглеродни материали съвпадат много добре с квантово-химичните изчисления, направени предварително, с цел да се изяснят текущите взаимодействия, техните енергийни ефекти и предизвиканите структурни промени от посочените органични химикали и моделни структури на графен и графеноподобни материали.

През 2023 г. година е проведено мащабно микроскопско изследване на материали от нетъкан текстил, получени от общ предилен разтвор на два или три полимера и допълнително добавени активни съединения в ИП-БАН. С помощта на ТЕМ е доказано формирането на влакна от типа ядро-обвивка от полиетилен оксид (PEO) и пчелен восък (BW) с 5-нитро-8-хидроксихинолин (NQ), в първия случай и на влакна с ядро от PEO и двойна обвивка, поли(L-лактид) (PLA) и NQ или 5-хлоро-7-йодо-8-хидроксихинолин (CQ) и BW, както и от PEO, поли(ϵ -капролактон) (PCL) и NQ и BW, във втория. Така е доказана хипотезата за фазово разделяне на компонентите на предилния разтвор по време на процеса на електроовлажняване. В допълнение ТЕМ изследвания са проведени и с цел доказване на съдържанието на ядрото и обвивките чрез последователната селективна екстракция на BW и на полиестера съответно с хексан и тетраhydroфуран. За да се оцени възможността за прилагане на влакнести материали от PEO/BW/NQ, PEO/PLA/BW/NQ, PEO/PCL/BW/NQ и PEO/PLA/BW/CQ за растителна защита са извършени микробиологични изследвания с използване както на фитопатогенни микроорганизми (*Pseudomonas corrugata*, *Fusarium graminearum* и *Fusarium avenaceum*), така и на полезни микроорганизми (*Pseudomonas chlororaphis*, *Bacillus amyloliquefaciens* и *Trichoderma asperelum*). Установено е, че влакнестите материали имат антибактериална и противогъбична активност както срещу фитопатогенни, така и срещу полезни микроорганизми. Това е първият доклад за активност на влакнести материали, натоварени с 8-хидроксихинолинови производни не само срещу фитопатогенни, но и срещу полезни микроорганизми, които са от значение за селското стопанство.

Разпространение на резултатите: 8 публикации (3 в списания от категория Q1, 3 в списания от категория Q2 и 2 в списания от категория Q4) и 2 постера.

2.1. Най-значимо научно постижение на ИОМТ: Нанокompозитни фотоанизотропни материали за приложения в поляризационната холография и фотониката, ръководители на разработката: проф. д-р Димана Назърва и проф. д-р Лиан Неделчев

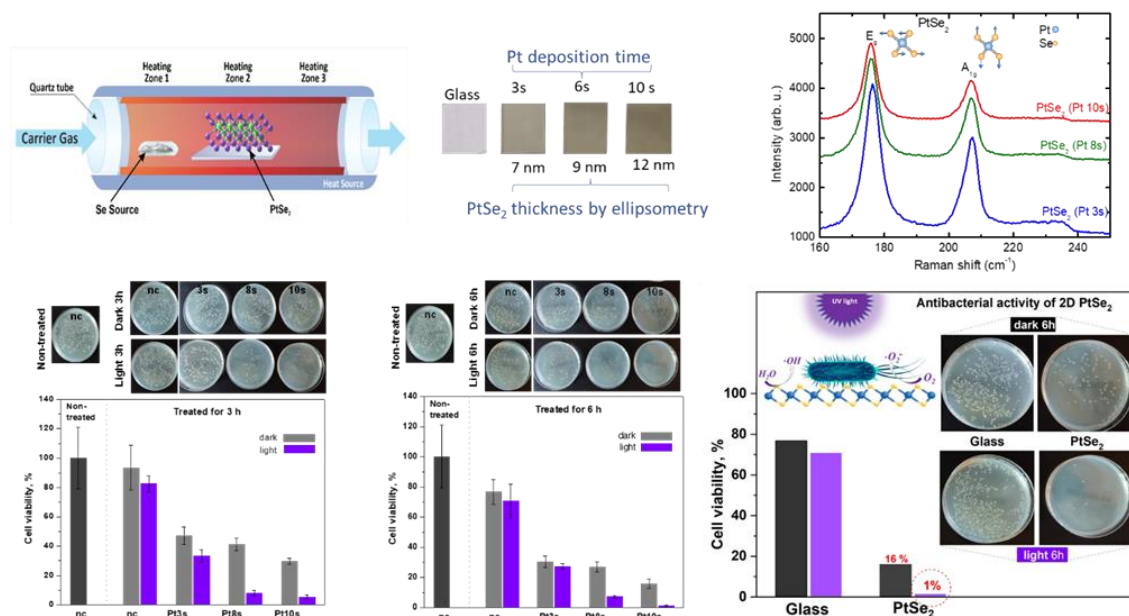


Фигура 8. ТЕМ изображения на различни видове НЧ и химични структури на някои азополимери, използвани за получаване на фотоанизотропни нанокompозити; влияние на формата на наночастиците върху вида на кривата на двулъчепречупване от концентрацията на НЧ; оптична схема за поляризационен холографски запис и АФМ изображение на получения повърхностен релеф.

Фотоанизотропните материали, по-специално азобагрилата и азополимерите, са обект на значителен изследователски интерес през последните десетилетия. Това се дължи на приложенията им в поляризационната холография и 4G оптиката, позволяващи създаването на поляризационно-селективни дифракционни оптични елементи с уникални свойства, включително кръговополяризационни светоделители, поляризационно-селективни бифокални лещи и много други. Използвани са множество методи, целящи увеличаване на фотоиндуцираното двулъчепречупване на тези материали и получаване на поляризационни холографски елементи с висока дифракционна ефективност. Колективът под ръководството на проф. д-р Димана Назърва и проф. д-р Лиан Неделчев прилага един нов подход, а именно дотиране на азобензен-съдържащи материали с наночастици с различни състави, размери и морфология. Получените нанокompозити показват значително подобрене на фотоанизотропните свойства, включително увеличено фотоиндуцирано двулъчепречупване, което води до по-висока дифракционна ефективност и по-голяма модулация на повърхностния релеф в случай на поляризационен холографски запис. Разгледани са три възможни хипотези за обяснение на механизма на нарастване на фотоанизотропията в тези нанокompозити: увеличаване на свободния обем, а оттам и мобилността на азохромофорите; разсейване на светлината от наночастиците, позволяващо да се адресират азогрупите, ориентирани перпендикулярно на равнината на слоя; ефекта на локалния плазмонен резонанс, в случай на метални наночастици. Проведено е обширно изследване, в което са разгледани и сравнени оптичните и фотоанизотропни свойства на широк набор от нанокompозитни материали, съдържащи азополимери и азобагрила с различен химичен състав, дотирани с метални или неметални наночастици. Това проучване се базира на 10-годишните изследвания на научната група върху този клас оптични материали.

Научното изследване е финансово подкрепено от ФНИ, договори № КП-06-Н38/15 и № КП-06-КОСТ/19. Резултатите са публикувани в обзорна статия с обем 38 стр., която обхваща 224 източника: D. Nazarova, L. Nedelchev, N. Berberova-Buhova, G. Mateev, Nanocomposite photoanisotropic materials for applications in polarization holography and

2.2. Най-значимо научно-приложно постижение на ИОМТ: Двизмерни PtSe₂ нанослоеви с антибактериална активност, ръководител проф. дфн Вера Маринова



Фигура 9. Синтез на 2D нанослоеви от PtSe₂, Раманови спектри и антибактериално поведение срещу *Escherichia coli*, тествано чрез стандартна ISO процедура.

2D нанослоеви от PtSe₂ са синтезирани чрез селенизация на предварително отложени Pt филми, като е използван метод за термично подпомагано преобразуване (ТАС). Чрез промяна на времето за отлагане на Pt слой (Pt 3 s, Pt 8 s и Pt 10 s) са получени образци с различни дебелини, съответстващи на 7 nm, 9 nm и 12 nm, определени чрез елипсометрични измервания. Рамановите спектри показват типични за 2D PtSe₂ вибрационни модове, като намаляване на съотношението Se/Pt и преход от р-тип легиран към n-тип легиран PtSe₂ за по-дълги времена на отлагане на Pt е установено чрез XPS анализ.

Антибактериалното поведение срещу *Escherichia coli* е тествано чрез стандартна ISO процедура: (i) на тъмно антибактериалната активност се увеличава с увеличаване времето за отлагане на Pt, като жизнеспособността на бактериите намалява до 30 % (Pt 3 s) и 15 % (Pt 10 s) след 6 часа третиране (ефектът се свързва с увеличената дебелина на филма, грапавостта и повърхностното покритие, което улеснява механичното унищожаване на бактериалната клетка); (ii) при светлинно облъчване активността на PtSe₂ (Pt 3 s) е подобна на тази на тъмно, с ниска чувствителност към светлината. Обратно, PtSe₂ (Pt 8 s) и (Pt 10 s) са много ефективни, като жизнеспособността на бактериите след 6 часа е само 7.3 % и 1.2 %, съответно. Фотоиндуцираната антибактериална активност е вследствие взаимодействието на няколко параметъра, като висока кристалинност, полупроводниково поведение и химичен състав. Доколкото ни е известно, това е първото съобщение за антибактериална активност на 2D PtSe₂, което предопределя по-нататъшни изследвания по отношение на механизма на действие и практически приложения като антибактериално покритие върху прозрачни, евтини подложки.

Научното изследване е финансово подкрепено от ФНИ договори КП-06-Н58/1 и КП-06-ДБ/3 програма „Петър Берон и НИЕ“, като основните резултати са публикувани в: N.

Todorova, N. Minev, V. Marinova, K. Buchkov, V. Videva, R. Todorov, P. Rafailov, V. Strijkova, V. Psycharis, T. Giannakopoulou, I. Papailias, D. Dimitrov and C. Trapalis, Two-dimensional PtSe₂ coatings with antibacterial activity, *Appl. Surface Sci.*, 611, Part A (2023) 155534 (WoS IF:7.4, Q1) <https://doi.org/10.1016/j.apsusc.2022.155534>.

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 (СЕА), 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)“.

За доказване на теоретично предсказан магнетизъм, индуциран в монокристали от WTe₂, легирани с ванадий, са получени и изследвани монокристали и нанослоеви/наноклъстери от WTe₂:V. Монокристалите от WTe₂, легирани с ванадий, са получени по 2 метода - Chemical Vapor Transport (CVT) и флюсов метод, като и по двата метода получените образци са с много добро качество, установено чрез рентгенова дифракция и Раманова спектроскопия. Легиране на WTe₂ с ванадий от 1.8 at. % е установено чрез XPS анализ в монокристал, израснат по флюсов метод. За получаването на нанослоеви/люспи от 1T'-WTe₂ с ванадиев допинг (V:WTe₂) са използвани течни прекурсори AMT, AMV и NH₄VO. Използван е кварцов тръбен реактор с три независими термични зони при атмосферно налягане CVD (AP-CVD). Проведени са експерименти за характеризиране на транспортните свойства на WTe₂ и V:WTe₂, наблюдавани са и ефекти на магнитна близост (*proximity effects*), когато WTe₂ е в контакт с полупроводников феромагнетик Cr₂Ge₂Te₆. Демонстрирана е възможността за индуциране на магнетизъм на повърхността на топологични изолатори от типа Bi₂Se₂Te (BST) чрез магнитен допинг с редкоземни елементи (Er, Dy). Монокристалите от Bi₂Se₂Te са синтезирани с използване на модифициран метод на Бриджман. Характеризирането с рентгенова дифракция и Раманова спектроскопия показва високо качество на кристалите и кристално подреждане на далечен порядък. Демонстрирано е структурното и химическо качество на Bi₂Se₂Te преди и след включване на редкоземните магнитни примеси. Установен е преход от хексагонално към тригонално изкривяване, предизвикано от магнитното легиране с Dy и Er на ексофолирани кристали Bi₂Se₂Te. Установено е, че големият размер на Er и Dy (в сравнение с други видове легиращи примеси) влияе на вида на легирането в топологичния изолатор. Освен това големите им магнитни моменти могат да помогнат за намаляване на необходимата концентрация на легиране и за стабилизиране на квантово аномален ефект на Хол (QАHE) при високи температури.



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

Бенефициенти по проекта са пет научни групи в областта на нанофотониката, визуализирането на обекти и машинното обучение съответно от Университет на Тампере – Финландия (водеща организация), INRIA – Франция, Университет на Средна Швеция, Технически 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 Руската федерация) и втора (приемаща) организация (host institution) на други двама (Мехмет Угур Гюделек и Айтач Йозкан от Турция). През 2023 г. са проведени две школи и два практикума, съответно в INRIA - Франция школа на тема „Plenoptic Processing and Compression“ и практикум на тема „Innovation and Project Management“, и в Технически университет в Берлин - школа на тема „Plenoptic Visualization and Experience“ и практикум на тема „Plenoptic Processing and Display“. Докторантът Мариам Викар проведе стаж в Университета на Тампере, Финландия. Докторантът Михаил Левченко проведе стаж в Технически университет в Берлин, Германия. Докторантът Айтач Йозкан проведе своя стаж в ИОМТ-БАН.

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 2023 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 RATE 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 ИФТТ-БАН, Каталонски институт по нанонаука и нанотехнологии, ICN2, Испания и Националния институт по физика на материята, Румъния.

През 2023 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), както и проект с Electronics and Telecommunications Research Institute (ETRI), Южна Корея - „Quality assessment of GP-SIDH, polarization holography, and speckle analysis“.

Приключи изпълнението на проект по програма „Петър Берон“ на ФНИ (КП-06-ДБ/3), по който се проведе съвместни изследвания с висококвалифициран изследовател (д-р Надя Запрева Годорова) от Института по нанонаука и нанотехнология в Атина, Гърция.

Продължава съвместната работа на учени от ИОМТ с научни групи от LCS-Saen, 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.

В обобщение може да се каже, че международното сътрудничество стимулира

развитието на научните изследвания на ИОМТ и поддържането им на високо ниво; перспективите за съществуващите сътрудничества са позитивни, налице са и предпоставки за реализиране на нови сътрудничества с водещи научни групи.

4. УЧАСТИЕ НА ИОМТ В ПОДГОТОВКАТА НА СПЕЦИАЛИСТИ

ИОМТ е организатор на традиционния Пролетен семинар на докторантите и младите учени от институтите на БАН „Интердисциплинарна химия“, чието 16-о издание се проведе в ИОМТ в периода 24.04.2023 г. – 26.04.2023 г. В него взеха участие 16 млади учени, докторанти и студенти от 10 института на БАН (ИЕЕС, ИП, ИЕ, ИК, ИМК, ИМикробиология, ИБФБМИ, ИФТТ, ИМеханика, ИОМТ). 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 332 млади учени, докторанти, студенти и постдокторанти, а над 70 изявени български учени, работещи в актуални области на съвременната наука с повече от 120 научни доклада са допринесли за утвърждаването на Семинара като важно събитие в научния календар на ИОМТ. През 2023 г. във връзка с честването на 100-годишния юбилей от рождението на академик Йордан Малиновски Научният съвет на ИОМТ учреди две награди на името на нашия патрон, едната от които беше връчена на участник в 16 Пролетен семинар. Носител на наградата на името

на акад. Йордан Малиновски за най-добро представяне по време на семинара на физикохимично изследване е гл. ас. д-р Борислава Младенова от ИЕЕС-БАН с тема на доклада “Ефект на сребърни наночастици върху работните характеристики на хибридни суперкондензатори”.



Фигура 10. Участници в семинара и носителът на наградата за най-добро представяне по време на семинара.

Специалисти от ИОМТ са провеждали лекционно обучение по бакалавърски и магистърски програми в 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), Пречистване на флуиди (30 часа) и са участвали в изпитни комисии на докторанти и главни асистенти в ИОМТ, ИП, Università di Genova (Италия).

През 2023 г. ИОМТ участва в обучението на докторанти по програми, утвърдени от Центъра за обучение към БАН, като са изнесени следните специализирани курсове - „Електронната микроскопия и електронната дифракция в структурния и фазов анализ на материалите“ (45 часа), „Поляризационна холография: принципи, материали и приложения“ (30 часа) - „Цифрова холография и оптична метрология“ (30 часа), и „Основи на фотониката“ (30 часа).

През 2023 г. в ИОМТ са обучавани 8 докторанта по докторска програма „4.1. Физически науки“:

- 3 редовно обучение;

- 1 задочно обучение;
- 4 проектни по член 5а от ЗРАСРБ в рамките на проекта PLENOPTIMA.

През 2023 г. не са провеждани нови конкурси за редовни докторанти, няма и защитени дисертации за ОНС „Доктор“.

През 2023 г. млади учени са работили по проекти по Националната програма „Млади учени и постдокторанти“ към МОН (един по модул „Млади учени“ и един по модул „Постдокторанти“) и по проект „Конкурс за финансиране на фундаментални научни изследвания на млади учени и постдокторанти“ към ФНИ. Активната научна работа на младите учени по проекти допринася за развитието им като специалисти и за успешното им интегриране в европейското изследователско пространство. ИОМТ осигурява отлични условия за развитие на научния потенциал на младите учени. Докторантите, защитили дисертации в Института, продължават научната си кариера, усъвършенстват работата си със специализирана апаратура, участват активно в научни проекти на Института, специализират в чужбина.



Млади учени от ИОМТ са отличени през 2023 г. за постиженията си: докторант Блага Христова Благоева получи награда за най-млад учен „Акад. Иван Евстратиев Гешов“ в научно направление „Нанонауки, нови материали и технологии“, а за постижения в научно направление „Биомедицина и качество на живот“ гл. ас. д-р Николета Мирославова Кирчева получи награда за млад учен „Проф. Марин Дринов“.

Фигура 11. Докторант Блага Благоева и гл. ас. д-р Николета Кирчева (тържествено събрание по случай Деня на светите братя Кирил и Методий, на славянската азбука, просвета и култура и на славянската книжовност, зала „Проф. Марин Дринов“ на БАН).

Докторант Блага Благоева получи награда за изявен млад учен в областта на оптичните материали и технологии, посветена на 100-годишнината от рождението на акад. Йордан Малиновски.



Проект на тема „Биочип за клинични проби за бързо количествено и качествено установяване на вируси“ с ръководител гл. ас. д-р Евдокия Белина (Хикова) е финансиран с 25 000 лв. в третото издание на конкурса „Наука с бъдеще“.

Гл. ас. д-р Николета Мирославова Кирчева е лауреат в тазгодишната кампания на националната програма „За жените в науката“ в България на ЮНЕСКО – България, СУ „Св. Климент Охридски“ и L'Oréal България.

Фигура 12. Гл. ас. д-р Евдокия Белина (Хикова), чийто проект Фондация „Америка за България“ финансира с 25 000 лв.



Фигура 13. Гл. ас. д-р Николета Кирчева (официална церемония за връчване на наградите „За жените в науката“ в СУ „Свети Климент Охридски“).

През 2023 г. успешно се проведоха конкурси за заемане на академични длъжности: един конкурс за академичната длъжност „Професор“, два за „Доцент“, един конкурс за академичната длъжност „Главен асистент“ което е показател за активната работа на учените и тяхното кариерно израстване.

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 2023 г. няма заявени патенти за интелектуална собственост.

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 ЗВЕНОТО

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 2023 г. от такава дейност са постъпили общо 54 516 лв.

6.2. Отдаване под наем на помещения и материална база.

През 2023 г. като получен наем за предоставеното на ИОМТ за стопанисване недвижимо имущество са отчетени 10 588 лв. Съгласно нормативните изисквания, половината от тази сума е издължена на БАН – Администрация по партия „Развитие“.

6.3. Сведения за друга стопанска дейност.

През изтеклата година от дължимите сервизни такси на наемателите (СКА ООД и АРВИ ПРИНТ ЕООД) са събрани 3 600 лв.

Във връзка с честването на 100-годишнината от рождението на акад. Йордан Малиновски, са получени 2 000 лв. от партньорски организации.

Постъпленията от такси за обучение на редовните и задочни докторанти са размер на 1 150 лв.

7. КРАТЪК АНАЛИЗ НА ФИНАНСОВОТО СЪСТОЯНИЕ НА ИОМТ ЗА 2022 г.

Полагаемата се за ИОМТ бюджетна субсидия за 2023 г. е в размер на 2 403 902 лв., а получената в отчетната година – 2 422 596 лв. след гласуване на корекция за 2023 г. от ОС на БАН. Основните пера, по които тя е разходвана, са:

- 1 909 670 лв. за плащания към персонала, нает по трудови правоотношения;
- 9 639 лв. за възнаграждения по болнични листове съгласно КСО;
- 10 120 лв. изплатени обезщетения по чл.224, ал. 1 от КТ за неизползван отпуск;
- 4 826 лв. изплатени обезщетения по чл.222, ал. 3 от КТ при пенсиониране;
- 36 000 лв. за изплащане на стипендии на редовните докторанти;
- 13 976 лв. за възнаграждения по проведени защиты за научно израстване на персонала;

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

- от субсидията са платени данък сгради и такса битови отпадъци на стопанисваните от ИОМТ недвижими имоти – 4 418 лв;
- с остатъка от субсидията е покрита регламентираната част от издръжката на звеното и на докторантите.

През 2023 г. ИОМТ-БАН участва в следните проекти, финансирани от ФНИ:

- партньорска организация по КП-06-Н29/7 и КП-06-Н29/10 (координатор за ИОМТ доц. д-р Рени Томова) и базова организация по КП-06-Н28/8 с ръководител проф. дфн Вера Маринова. През годината се изпълняваха вторите им етапи и договорите бяха приключени през месец юни.

- партньорска организация по договор КП-06-Н33/1 с ръководител проф. дхн Никола Малиновски, продължава изпълнението на етап 2.

- договор КП-06-ДО02/2 по Програма М-ЕРА, етап 2, с ръководител проф. дфн Вера Маринова.

- договор ИНФРАМАТ с координатор от страна на ИОМТ доц. д-р Катерина Лазарова, поредните етапи на който бяха отчетени в края на м. юни и м. ноември.

- 2-ри етапи на следните договори от 2019 г.: КП-06-Н38/7 с ръководител за етап 2 доц. д-р Катерина Лазарова (приключен м.11.23 г.), КП-06-Н38/8 ръководител доц. д-р Росен Тодоров (приключен м.11.23 г.) и КП-06-Н38/15 ръководител проф. д-р Лиан Неделчев (продължава и през 2024 г.).

- от 2020 г.: КП-06-Китай/1 с ръководител проф. д-р Георги Дянков (отчетен през м.12), КП-06-Русия/7 с ръководител проф. дфн Елена Стойкова (отчетен през м.06), КП-06-ДБ/3 Петър Берон и НИЕ с водещ учен Надя Тодорова и научен ръководител проф. дфн Вера Маринова, който бе отчетен през м.04.2023 г.

- Договор ДК1/10 (COVID-19), в който ИОМТ бе базова организация, ръководител проф. дхн Никола Малиновски. Отчетен през м. април 2023 г.

- първи етап на Национален център по мехатроника и чисти технологии, в който ИОМТ един от партньорите. Приключил на 31.12.2023 г.

- два проекта от 2021 г.: КП-06-Н58/12 с ръководител проф. дфн Вера Маринова и КП-06-Н58/2 с ръководител проф. д-р Даниела Карашанова, в които ИОМТ е партньор. Първите етапи на договорите свършиха и бяха отчетени през м. ноември и декември.

- споразумение за партньорство Д01-183 за осигуряване на поддръжане, модернизиране и устойчиво развитие на обекта „Национален център по биомедицинска фотоника“, включен в НПКНИ. Координатор за ИОМТ е проф. д-р Георги Дянков.

- Изпълняваха се финансираните през 2022 г. от ФНИ четири 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.

Продължава програмата на МОН за подпомагане на „Млади учени и постдокторанти“ в която участват д-р Георги Матеев и гл. ас. д-р Николета Кирчева.

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. дфн Вера Маринова, проф. д-р Димитър Димитров и доц. д-р Димитрина Керина.

Продължава работата по международната програма „Хоризонт 2020“ (ТОСНА). Водещи учени: проф. дфн Вера Маринова и проф. д-р Димитър Димитров.

На два транша през м.март и м.август на 2023 г. бяха получени 60 205 лв (50 000 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.11.2023 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 самият край на годината се получи финансиране от ФНИ по два проекта от конкурсите за фундаментални научни изследвания - 2023 г.: КП-06-Н78/9 с ръководител проф. д-р Георги Дянков и КП-06-Н79/8 ръководител доц. д-р Силвия Ангелова.

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 – 248 068 лв.
- извънтрудови възнаграждения в размер на 158 988 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 428 412 лв.;
- придобити компютри и хардуер на стойност 23 209 лв.;
- за материали с общо и специализирано предназначение, компютърни компоненти, принадлежности и тонер са изразходвани 174 506 лв.;
- за външни услуги, от които значителна част са таксите правоучастие – 90 156 лв.;
- за участие в различни научни прояви са осъществени командировки в страната за 13 483 лв. и в чужбина за 102 901 лв.

През 2023 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 на избрания НС 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. проф. д-р Даниела Карашанова (ИОМТ) - председател
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) - заместник-председател
13. доц. д-р Величка Стрижкова (ИОМТ)
14. проф. д-р Оля Стоилова (ИП)
15. проф. д-р Николай Недялков (ИЕ)

На 30.06.2023 г. съставът на НС е допълнен с нови членове (протокол № 37/30.06.2023):

16. доц. д-р Наталия Берберова - Бухова (ИОМТ)
17. доц. д-р Бранимир Иванов (ИОМТ)
18. докторант Благовест Наполеонов, представител на младите учени (ИОМТ)

Списъкът на 18-членния състав на НС е публикуван на страницата на ИОМТ: <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
 ИМК – Институт по минералогия и кристалография „Акад. Иван Костов“
 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
 МОН – Министерство на образованието и науката
 НАОА – Национална агенция за оценяване и акредитация
 НЕГ – Немска езикова гимназия
 НП – Национална програма
 НПГПТО – Национална професионална гимназия по прецизна техника и оптика „Ломоносов”
 НПКНИ – Национална пътна карта за научна инфраструктура
 НС – Научен съвет
 НСРНИ – Националната стратегия за развитие на научните изследвания в Република България
 НЦБФ – Национален център по биомедицинска фотоника
 НЦХ – некохерентна цифрова холография
 ОКТ – оптична кохерентна томография
 ОСУ – Общо събрание на учените
 ПВУ – План за възстановяване и устойчивост
 ПННФИ – приоритетни направления за насочени фундаментални изследвания
 ПНПНИ – приоритетни направления за приложни научни изследвания
 ПУ – Пловдивски университет „Паисий Хилендарски”
 ПЧМГ – Първа частна математическа гимназия
 СУ – Софийски университет „Св. Климент Охридски”
 ТЕМ – трансмисионен електронен микроскоп
 ТУ – Технически университет
 УВ – ултравиолетов
 УХТ – Университет по хранителни технологии
 ФНИ – Фонд „Научни изследвания“
 ХТМУ – Химикотехнологичен и металургичен университет
 ЦЛПФ – Централна лаборатория по приложна физика
 ЧЕГ – Частна езикова гимназия
 ЮЗУ – Югозападен университет „Неофит Рилски“

 AFM – atomic force microscopy
 ALD – atomic layer deposition
 CVD – chemical vapor deposition
 IFT – Inverse Fourier Transform
 LSPR – Localized surface plasmon resonance
 OSA – Optical society of America
 QCM – Quartz crystal microbalance
 ROS – Reactive oxygen species
 SPIE – Society of Photo-Optical Instrumentation Engineers
 SPR – surface plasmon resonance
 ТАС – thermal assisted conversion
 ТЕМ – transmission electron microscopy
 ТМД – transition metal dichalcogenides
 ХПС – X-ray photoelectron spectroscopy
 ХРД – X-ray powder diffraction