



**ИНСТИТУТ ПО ОПТИЧЕСКИ МАТЕРИАЛИ И ТЕХНОЛОГИИ**  
**“АКАД. Й. МАЛИНОВСКИ”**  
**БЪЛГАРСКА АКАДЕМИЯ НА НАУКИТЕ**

---

Ул. „Акад. Г. Бончев“, бл. 109, 1113, София, България

Телефон/факс: (+359-2) 872 00 73; e-mail: [iomt@iomt.bas.bg](mailto:iomt@iomt.bas.bg); <http://www.iomt.bas.bg>

---

# Годишен отчет

**2020**

## 1. ПРОБЛЕМАТИКА НА ИОМТ

### 1.1. Преглед на изпълнението на целите (стратегически и оперативни) на ИОМТ

От създаването си през 2010 г. Институтът по оптически материали и технологии „Акад. Йордан Малиновски“ (ИОМТ) провежда насочени фундаментални и приложни изследвания, ориентирани към решаването на важни проблеми за българската наука и икономика. През десетгодишното си съществуване ИОМТ се превърна в модерно научно звено с водеща роля в областта на оптичните материали и технологии. Провеждат се изследвания за създаване на нови високотехнологични оптични материали с приложение във фотониката, нанофотониката, сензориката и органичната оптоелектроника и на методи в оптичната метрология и холография за запис и оптична обработка на информация за визуализиране на обекти, неразрушаващ контрол и мониторинг на процеси. В изследователската работа активно участва научно-техническият отдел на института.

В научната си политика ИОМТ следва Националната стратегия за развитие на научните изследвания в Република България 2017-2030, препоръчваща насочени фундаментални изследвания, подкрепени от програмно и проектно финансиране. В ИОМТ активно се работи по многобройни национални и международни проекти и се участва в подаването на нови. През 2020 са разработвани и спечелени общо 52 проекта. Работи се по 12 бюджетно подкрепени планови задачи. Общият брой на финансираните от ФНИ проекти е 22, като 3 проекта приключиха в края на годината, 15 са текущи и 4 са спечелени и финансирани в края на годината. В 15 от проектите ИОМТ е базова организация. Проектите с финансиране от ФНИ са по конкурси за фундаментални изследвания (15), младежки проекти (2), подкрепа на програмата COST и M-ERA (2), за двустранно сътрудничество с Китай и Русия (2) и по програмата „Петър Берон“ (1). ИОМТ участва в проект за създаване на Център за върхови постижения по програма „Наука и образование за интелигентен растеж“ и в проект ИНФРАМАТ. През 2020 г. ИОМТ става партньорска организация в консорциума „Национален център по биомедицинска фотоника“ като научна инфраструктура от Националната пътна карта за научна инфраструктура 2020-2027 г. (НПКНИ). Участва се в 2 проекта по програмата COST и 2 проекта са подкрепени от Центъра за развитие на човешките ресурси (програма „Еразъм“). Успешно се изпълнява проект по програмата Хоризонт 2020, по който ИОМТ е съизпълнител, както и европейски проект по програмата M-ERA. През 2020 е спечелен проект по Хоризонт 2020 в рамките на акция „Мария-Склодовска-Кюри“ за съвместно обучение на докторанти с чужди университети. Продължи изпълнението на проект по съвместната програма на МОН и БАН „Образование с наука“. Тази година ИОМТ участва в подаването на 5 проектни предложения към ФНИ, като 4 са одобрени (ИОМТ е базова организация). Два от спечелените през 2020 г. проекти с ФНИ са за съвместни изследвания с научни групи от Китай и Русия, един е младежки проект и един проект е по програмата „Петър Берон“. Спечелени са 7 конкурса по Националната програма „Млади учени и постдокторанти“, одобрена с постановление на Министерския Съвет РМС № 577 от 17 август 2018 година, за подпомагане на една постдокторантска специализация и шестима млади учени. Продължава успешното сътрудничество по ЕБР с Тайван и Италия. През 2020 ИОМТ продължи да е съизпълнител с осигурено финансиране по проект на правителството на Южна Корея. Извършват се съвместни изследвания с научни групи от Гърция, Канада, Китай, Италия, Ирландия, САЩ, Тайван, Чехия, Финландия, Франция и Южна Корея.

Публикационната активност през 2020 г. е по-висока от тази през предходната година. Общият брой на публикуваните и приетите за публикуване статии е 89, от които 82 са в

световните бази данни Web of Science и Scopus. Публикуваните статии са 73, а приетите за печат – 16. Броят на статиите с импакт-фактор е нараснал повече от два пъти и е равен на 61 за сметка на статиите само с импакт-ранг, които са 13. Регистриран е 1 полезен модел и е подадена заявка за още един. Една заявка за изобретение е в експертиза. Цитатите за 2020 г. са 606, като 509 от тях са в световните бази данни Web of Science и Scopus, а 77 са в други международни издания и чуждестранни патенти и 12 са в дисертации в чужбина. Разпространението на научните резултати на международни и национални научни форуми обхваща 15 международни и 8 национални форума, на които са представени общо 79 доклада и постера. През 2020 ИОМТ е организатор на традиционния Пролетен семинар на докторантите и младите учени от институтите на БАН по „Интердисциплинарна химия“ в онлайн формат.

## **1.2. Изпълнение на Националната стратегия за развитие на научните изследвания в Република България 2017-2030.**

Извършените в ИОМТ дейности през 2020 г. отговарят на целите и политиките на Националната стратегия. ИОМТ изпълнява Стратегията в няколко приоритетни направления в областта на насочените фундаментални и приложни изследвания.

В областта на **енергийно ефективните технологии** се разработват бели органични светоизлъчващи диоди, като е синтезиран и идентифициран с ЯМР и ИЧ спектроскопия нов металоорганичен комплекс Иридий (III) бис [2-фенилбензо [d] тиазолато-N, C2'] - хинолин-8-олат ((bt)2Irq). Проведен е синтез и анализ на волфраматни стъкла с Nb<sub>2</sub>O<sub>5</sub> и нови стъклокерамични материали, дотирани с редкоземни йони за LED приложения.

Дейностите на ИОМТ за **опазване на околната среда и екологичен мониторинг** включват разработване на чувствителни и селективни порести материали за вграждане в многослойни системи с потенциал за оптично детектиране на летливи органични вещества и влага. Разработени са стекове на Браг от редуващи се порести и плътни зол-гел филми, изследвани са тънки слоеве от PVA с различен хидрофобно-хидрофилен баланс, разработвани са гъвкав сензор за влага и тънки слоеве от оксо-зеолитни композити за детекция на йони на тежки метали в отпадни води, изследвани са морфологичните, оптичните и сензорни свойства на тънки слоеве от зеолити, синтезирани от въглищни пепели, уловени от пречистващите филтри на ТЕЦ Марица Изток. Изследвани са нови плазмонни структури и нови био/газ разпознаващи елементи за био и газ сензори. Създадена е структура, базирана на дифракционна решетка, покрита със сребро. За пръв път са възбудени едновременно две плазмонни вълни в дифракционна решетка. Създаден е нов начин на възбуждане на плазмонен резонанс, базиран на кръгова поляризация. Директно е имобилизиран хемин и са установени неговите сензорни свойства към O<sub>2</sub>, NO и CO. Създадена е нова диспергираща среда за хаотична лазерна генерация.

Активно се работи в приоритетното направление **материалознание, нано и квантови технологии**. Демонстрирана е мултифункционалността на нанослоевете от ZnO:Al (AZO), отложени върху стъкло и гъвкави подложки от полиетилен терефталат (PET) чрез използване на ALD технология за последователно отлагане на атомни слоеве. Получени са AZO слоеве с висока оптична пропускливост във видимата и близката ИЧ области и електрически свойства, конкурентни на ITO покритията. Установено е влиянието на условията на отлагане върху фазовия състав и оптичните свойства на тънки метални слоеве от бисмут, индий, кадмий, антимон и калай. Охарактеризирана е микроструктурата и оптичните свойства на тънки слоеве от сребро, съдържащи сплави с кадмий, антимон, калай и индий. Установено е влиянието на термично третиране и облъчване с UV светлина и на параметрите на синтез върху размера и

формата на сребърни наночастици (НЧ) и са определени оптичните им свойства. Получени са НЧ от  $\text{Vi-Ag}$ . Изследва се влиянието на условията на отлагане, поръзността и масов транспорт в тънки халкогенидни слоеве от системите  $\text{As-S}$  и  $\text{Ge-Ge}$ . Изследвани са структурните и оптичните свойства на електрохимично нанесени слоеве от  $\text{ZrO}_2$  върху различни подложки, както и чувствителността им при отлагане върху кварцови резонатори. Синтезирани са 2D селениди и сулфиди на преходни метали и техните хетероструктури като компоненти на устройства в оптоелектрониката, фотониката и сензориката. Теоретично са изследвани електронната структура и оптичните (линейни и нелинейни) свойства на флуоресцентни супрамолекулни комплекси на базата на класически синтетични макроциклични молекули-домакини и по-интересни системи-домакини, известни и новосинтезирани багрила за фотоволтаични приложения и за маркиране на био-обекти, тавтомерни молекулни превключватели и оптични сензори, метални комплекси за органични LED, както и на родопсин. Синтезирани са НЧ от никел, платина и паладий с воден екстракт на *Rosa Damascena*, отпадък от етерично-маслената индустрия, и с водно-етанолни смеси. Синтезирани са сребърни и златни НЧ с воден екстракт на етерично-маслени култури – бял равнец, лавандула и български прополис. Изследвани са морфологията и микроструктурата и фазовия състав на сребърни НЧ, получени с импулсна лазерна аблация, с ТЕМ и рентгенова дифракция, както и на стъкла, обемни и каталитични материали. Изследвани са графенови материали, синтезирани и отложени с лазерна аблация. Изследвани са метални НЧ, получени с импулсна лазерна аблация в присъствие на магнитно поле.

По приоритетното направление **информационни и комуникационни технологии** се разработват структури за манипулиране на светлината във “flat optics” формат чрез интегриране на материали като графен и графеноподобни 2D материали. Изследва се интерфейсът течен кристал-полиамид-графен и се работи върху направа на устройства на основата на биосъвместими огъващи се подложки от PDMS. Изследван е графен като прозрачен електрод за терахерцови електрооптични устройства. Проведени са систематични теоретични и експериментални изследвания на фото-превключватели на две 4-заместени азотин фталимидни багрила, както и на механизма на превключване между енол/кето формата и E /-Z изомерите на четири нови хидантоинови шифови бази, съдържащи функционалните групи 2-хидрокси-1-нафтил и 1-нафтил. Изследвана е дифракционната ефективност при поляризационен запис в тънки слоеве от азополимера PAZO с разтворители вода и метанол. Достигната е ефективност от 27% и височина на релефа над 500 nm. За дотиране на азополимерен слой с НЧ е използван методът на електро разпръскване. Внедрени са НЧ от  $\text{ZnO}$  с размери 40 – 100 nm. Изследвани са поляризационни холографски решетки в нанокомпозитни слоеве, съдържащи PAZO и НЧ от титанов диоксид ( $\text{TiO}_2$ ) с размер 21 nm. С елиптично поляризирана светлина с елиптичност от -1 през 0 до +1 са получени хирални структури в тънки слоеве от азополимера PAZO и хибридни материали от PAZO и НЧ от  $\text{TiO}_2$ . Моделирана е зависимостта на дифракционната ефективност от дължината на вълната за повърхностно-релефни решетки с различни пространствени честоти, височина и профил на релефа, записани в азополимера PAZO. Сравнени са поляризационни холографски решетки в азополимерни образци с и без надслой от оптично прозрачен адхезив и покривно стъкло. В областта на цифровата обработка на сигнали е анализирано директно извличане на фазата при извъносев и съосен цифров холографски запис с и без допълнително фазово отместване с помощта на транспортното уравнение на интензитета и е доказано съществено по-голямото му бързодействие в сравнение с конвенционалното извличане на фазата. Анализирано е оптичното поведение на интерференчна структура от два съгласувани по параметри клина на Физо с цел създаване на светоделител с контролируемо отношение между преминалата и отразената

мощност. Разработени са алгоритми за компресия на данните в динамичната спекъл метрология за случая на неравномерно осветяване на обекта при ниско и висококонтрастен спекъл чрез грубо квантуване на записаните 8-битови спекъл-изображения. Съществен дял в научната дейност на ИОМТ е посветен на приоритетното направление **мехатроника и чисти технологии**, като продължава изграждането на Национален Център за върхови постижения.

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

Уникалното оборудване и високото ниво на експертност в ИОМТ позволяват изследвания в приоритетни научни области като среди за оптичен запис, информационни технологии, еко и енерго-спестяващи технологии, биофотоника, високо чувствителни сензори, неразрушаващ контрол и опазване на културното наследство. Научната дейност на ИОМТ, ориентирана към създаване на нови оптични материали и технологии, допринася за изграждането на икономика, базирана на знанието. Тази дейност в ИОМТ се осъществява чрез взаимно-свързани политики като 1) осигуряване на проектно финансиране, 2) партниране с други научни организации в страната, 3) активно международно сътрудничество, 4) обучаване на специалисти, 5) разпространение на резултатите чрез публикуване във водещи списания и участие на престижни конференции, 6) организиране на национални и международни научни форуми.

В ИОМТ активно се използва финансирането на конкурсен принцип, което води до обогатяване на тематиката, ускорява генерирането на резултати и засилва интегрирането с други научни звена. През 2020 г. в ИОМТ са провеждани съвместни дейности на национално ниво с институти на БАН като Института по полимери (ИП), Института по електроника (ИЕ), Института по физика на твърдото тяло (ИФТТ), Института по физикохимия (ИФХ), Института по обща и неорганична химия (ИОНХ), както и с висши училища като Физическия факултет и Факултета по химия и фармация на Софийския университет (СУ) “Св. Климент Охридски”, Техническият университет – София, Химико-технологичния и металургичен университет (ХТМУ), Пловдивския Университет (ПУ) „Паисий Хилендарски“, Университета по хранителни технологии (УХТ) в Пловдив, Юго-западния университет „Неофит Рилски“, Висше училище по телекомуникации и пощи (ВУТП) и други. Наред със съвместните изследвания специалисти от ИОМТ обучават студенти в ТУ - София, ХТМУ, ВУТП и Югозападния университет „Неофит Рилски“ в Благоевград. Всяка година ИОМТ организира Пролетен семинар по интердисциплинарна химия за млади учени и докторанти. ИОМТ-БАН е партньор по проект ИНФРАМАТ, част от НПКНИ, който осигурява ефективното използване на научно-изследователската инфраструктура в самия институт и в други научни звена чрез интегриране на големи и/или уникални апаратури, необходими за получаване и комплексно охарактеризиране на нови материали с приложение в промишлеността, био-медицината и околната среда. Осигурява се достъп до научната инфраструктура за всички изследователи и промишлени ползватели на национално и регионално ниво, като по този начин се стимулира устойчивото развитие на България и региона в областта на получаване на нови материали. През 2020 г. е сформиран Консорциумът с участието на ИОМТ на „Националния център по биомедицинска фотоника“, също обект от НПКНИ. ИОМТ участва в изграждането на “Национален център по мехатроника и чисти технологии”. ИОМТ е съизпълнител на проект ТОСНА по програмата Хоризонт 2020 за провеждане на научни изследвания заедно с още 8 научни институции в Европа. През 2020 г. бе одобрен за финансиране проект PLENOPTIMA по Хоризонт 2020 за съвместно обучаване на докторанти с чуждестранни университети, в който ИОМТ участва с 4 университета от Европа. ИОМТ участва като партньорска организация в проект Holowave на Технологичния университет на Дъблин, по който се предвижда обучението

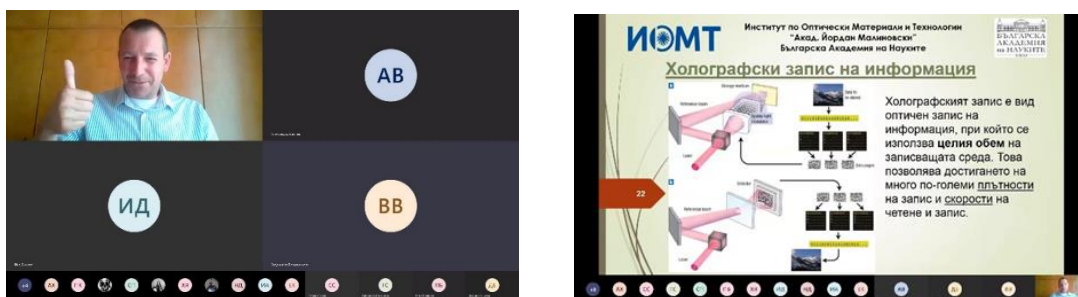
на докторант от Ирландия в института. Специалисти от института са ръководители на дипломанти и докторанти в Тайван. ИОМТ има активен принос в укрепването на авторитета на българската наука чрез изпълнение на проекти по програмите COST, Еразъм, ЕБР и в рамките на сътрудничеството с университети и институти в Европа, Северна Америка и Азия.

Над 91% от публикациите в ИОМТ са индексирани в световните бази данни Web of Science и Scopus. Въпреки пандемичната обстановка, резултатите от изследванията в института са представени на 15 международни конференции, сред които и такива, организирани от OSA, SPIE, IOP и AIP. В 42.3 % от публикациите за 2020 г. са представени изследвания с чуждестранни научни групи. Специалисти от ИОМТ участват в програмни комитети и организирането на международни конференции по холография на OSA (Optical Society of America) и Оптичното дружество на Тайван. През 2020 г. специалист от ИОМТ е бил гостуващ редактор в списанията Applied Optics и JOSA A на OSA Publishing (категория Q1 и Q2 по Scopus). Тази активност на ИОМТ издига престижа на България в целия свят. Редно е да се очаква, че добрите резултати на ИОМТ ще допринесат за подобряване на обществените нагласи по отношение на българската наука като цяло и Българската Академия на науките в частност и ще доведат до положителна промяна в статута на българския учен, както се посочва в Националната стратегия.

#### 1.4. Взаимоотношения с други институции.

ИОМТ има дългогодишно сътрудничество със средните общообразователни училища и центрове за професионално обучение. През тази година, обаче, не бяха проведени практически демонстрации на място, а само онлайн лекции и упражнения за ученици от 7, 10 и 11 клас от училища в София и Костенец (фиг.1).

През 2020г. специалисти от ИОМТ са участвали като експерти в Научни журита по конкурси за присъждане на научни степени и звания в София, Пловдив и Варна като са изготвени 13 становища и 8 рецензии. Специалист от ИОМТ е член на Постоянната научно-експертна комисия по Химически науки към ФНИ. Друг специалист е член на Временната научно-експертна комисия по Физически науки към ФНИ. Изготвени са 9 експертни оценки за проектни предложения в конкурса за фундаментални изследвания през 2020 г. Специалисти от ИОМТ участват в експертни комисии на БАН. Специалист от ИОМТ е член на Постоянната комисия по природни науки, математика и информатика към НАОА.



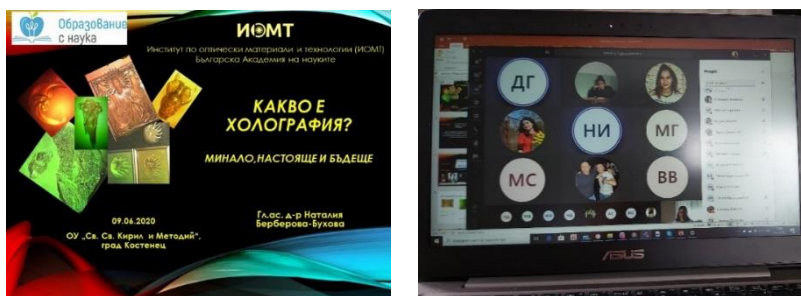
Фиг. 1. Онлайн лекция по холография за ученици.

## 1.5. Общонационални и оперативни дейности, обслужващи държавата

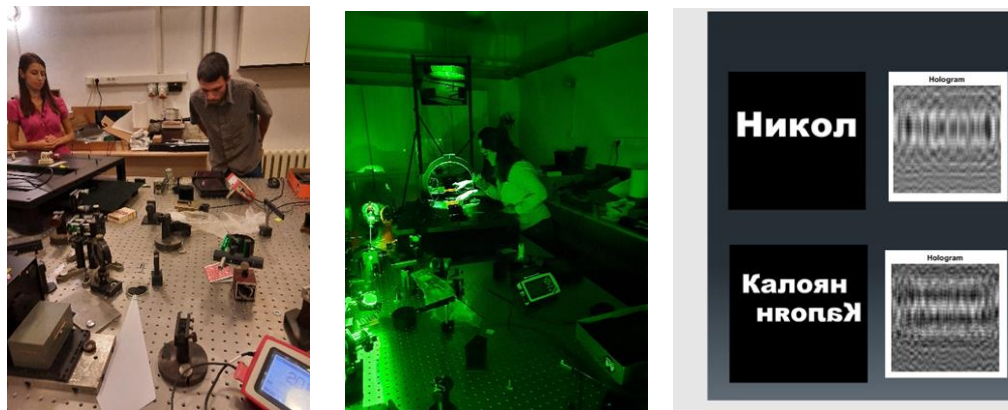
### 1.5.1. Практически дейности, свързани с работата на национални, правителствени и държавни институции, индустрията, енергетиката, околната среда, селското стопанство, национални културни институции и др.

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 Северна Македония, артефакти от Самуиловата крепост в гр. Петрич и от Перперикон, холограми на реликви на Васил Левски и други. Изложбата предизвиква винаги голям интерес у ученици, студенти и учени от България и чужбина, но през 2020 г. вследствие на въведената карантина външни посетители нямаха достъп до изложбата.

По програмата „Образование с наука“ продължи изпълнението на проект „Холографски запис на реален 3D обект с изследователски подход в образованието“, включващ въвеждането на изследователски подход при изнесено обучение на ученици. През 2020 г. въвеждането на изследователския подход бе осъществено чрез поредица от онлайн лекции и лабораторни демонстрации в реално време в лаборатория „Холография“ в ИОМТ-БАН, при които учениците имаха възможност да проследят стъпките при аналогов холографски запис и да се запознаят с принципите на цифровата холография като мощен съвременен инструмент за неразрушаващ контрол (фиг.2 и фиг.3).



Фиг.2. Популярна лекция по холография пред ученическа аудитория.



Фиг.3. Демонстрации в реално време в лаборатория „Холография“ в ИОМТ и цифрови холограми на имената на двама ученика, участвали в обучението по проект „Образование с наука“.



В рамките на програмата „Образование с наука“ ИОМТ участва в Научно-образователния фестивал „Намереното поколение“, който се проведе в Националния дворец на културата от 24 до 26 януари 2020 г. Фестивалът бе организиран от „Апетит за образование чрез практика“ и институционалната подкрепа на МОН и събра на едно място професионалисти от цяла България, както и бизнеси и организации, които работят съвместно за популяризирането на иновациите в образованието.

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

- Проект Д01-284/17.12.2019 ИНФРАМАТ за Национална Научна Инфраструктура;

Проектът е част от НПКНИ.

Научен и технически координатор: Институт по физикохимия „Акад. Ростислав Каишев“, БАН. ИОМТ-БАН е партньор по проекта.

ИОМТ е партньор по Модул I (Нови материали), по който в ИОМТ се интегрира специализирано оборудване за получаване и комплексно охарактеризиране на нови материали и се концентрира експертност на високо ниво (човешки ресурси). Осигурява се отворен достъп до разпределената инфраструктура и съвременни инструментални техники (материални ресурси) за учени от партниращите институции, както и за всички изследователи и промишлени ползватели на национално и регионално ниво. На територията на ИОМТ се намират 10 инфраструктурни единици, които функционират в рамките на ИНФРАМАТ и за които са осигурени консумативи, сервизно обслужване и профилактика.

<p>Трансмисионен Електронен Микроскоп HRTEM JEOL JEM 2100</p>  <p>доц. д-р Даниела Карашанова <a href="mailto:adi@iomt.bas.bg">adi@iomt.bas.bg</a></p> <p>↓ Свалете бланка</p>	<p>Спектроскопски фазово-модулиран елипсометър с променлив ъгъл UVISEL 2, Horiba Jobin Yvon</p>  <p>доц. д-р Виолета Маджарова <a href="mailto:vmadjarova@iomt.bas.bg">vmadjarova@iomt.bas.bg</a></p> <p>↓ Свалете бланка</p>	<p>Спектрофлуорометър FluoroLog3-22, Horiba JobinYvon</p>  <p>гл.ас. д-р Петър Иванов <a href="mailto:petar@iomt.bas.bg">petar@iomt.bas.bg</a></p> <p>↓ Свалете бланка</p>	<p>3D оптичен профилометър Zeta-20, Zeta Instruments</p>  <p>гл.ас. д-р Величка Стрижкова-Кендерова <a href="mailto:vily@iomt.bas.bg">vily@iomt.bas.bg</a></p> <p>↓ Свалете бланка</p>
---	--	--	---

Фиг.4. Заявяване на искане за измерване с наличната апаратура на ИОМТ на уеб-страницата на института.

След успешно завършване на първи етап на проект ИНФРАМАТ, финансовите средства, отпуснати за ИОМТ по етап 2, бяха три пъти повече. Това позволи отделяне на основната сума от бюджета за закупуване на нова апаратура и дооборудване, а именно устройство за безмаскова литография, пространствено-светлинен модулатор и поляриметър. Благодарение на финансите, предвидени за осигуряване на поддръжка на наличната апаратура, е извършен скъпоструващ ремонт на спектроскопски фазово-модулиран елипсометър, закупени са резервни части за бокс



за работа в инертна атмосфера и консумативи за апаратите от инфраструктурата. Също така бяха проведени специализирани вътрешни обучения на студенти, докторанти и стажанти за работа с оборудването на ИНФРАМАТ в ИОМТ от работещите с апаратурата специалисти.

По изпълнение на една от основните цели на проекта - интензифициране на връзките с публичния и частен сектор и засилване на взаимодействията между институциите на ИНФРАМАТ през периода са извършени множество услуги за публични и държавни организации, както и за частни фирми с помощта на част от оборудването, подкрепяно от ИНФРАМАТ (фиг.4).

През периода на етап 2 на проекта са отчетени 24 статии и 25 участия в научни конференции с изказана благодарност за получаване на резултати при използване на инфраструктурните единици на ИнфрамаТ.

- 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.

Целта на проекта е изграждането на нов тип национален център за върхови постижения по мехатроника и чисти технологии, който да мобилизира научно-изследователския потенциал за постигане на качествено ново ниво на познанието в няколко взаимно припокриващи се икономически сегмента: механика, роботика, енергийна ефективност, устойчиво използване на суровини и ресурси, редуциране на парникови емисии.

Координатор на проекта е Институтът по обща и неорганична химия към БАН. ИОМТ е един от 18-те партньора и участва в Центъра чрез създаване на две лаборатории:

- Лаборатория по спектрална оптична интерферометрия, чиято научна програма цели разработване на спектрални оптични интерферометрични методи и софтуери за 3D и 4D охарактеризиране на биомехатронни елементи.
- Лаборатория за получаване на 2D материали и нанослоеви, която цели разработване на методология за създаване на хибридни системи и структури за мултифункционални оптични и оптоелектронни устройства.

През 2020 г. работата беше основно съсредоточена върху провеждане на открита процедура за доставка на планираната за закупуване апаратура. Търгът беше обявен през месец юни и включваше 9 обособени позиции на обща сума от 1 035 771, 90 лв. (един милион, тридесет и пет хиляди, седемстотин седемдесет и един лева и деветдесет стотинки) с вкл. ДДС. Договорите с избраните изпълнители бяха сключени в края на ноември 2020г. и доставката на апаратурата се очаква през първото тримесечие на 2021 г.

През годината беше назначен и екип за управление на проекта, състоящ се от счетоводител и администратор, както и беше обявен и проведен успешно конкурс за допълване на научния екип.

Относно научната програма, през годината са проведени предварителни експерименти върху органично-неорганични хибриди, както и експерименти за създаване на методология за елипсометрично измерване на оптични характеристики на тънкослойни образци в течни среди и измерване на пропускане/отражение в среда с променяща се влажност. Част от резултатите са публикувани в три научни публикации в списания от категорията Q1 и Q2 (J. Opt. и Coatings).

- Европейски проект по програма Хоризонт 2020 FET Proactive ТОСНА 824140 "Dissipationless topological channels for information transfer and quantum metrology"

Проектът стартира в началото на 2019 и ще приключи в края на 2023. Партньори по проекта са 1) Каталонски институт по нанонаука 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.

През 2020 г. по проекта е закупена и пусната в експлоатация апаратура на стойност 180 000 лв. Получени са 2D монокристали от  $WTe_2$  по метода CVT (Chemical Vapor Transport). Полученият полуметален материал има слоиста структура, позволяваща да се ексфолира като тънки слоеве, включително до монослоеви с помощта на 2D система за трансфериране на ултратънки слоеве чрез механична ексфолиация от обемни кристали и създаване на хетероструктури (фиг.5).  $WTe_2$  притежава изключително висока магниторезистивност. Електроните във  $WTe_2$ , за разлика от други двумерни полупроводници, могат лесно да се движат между слоевете. Получени са също така двумерни слоеве с помощта на CVD (Chemical vapour deposition) метод.



Фиг.5. 2D система за пренос: създаване на хетероструктури и анализ на ексфолираните образци

- Европейски проект по програмата Хоризонт 2020 Plenoptic Imaging (PLENOPTIMA) H2020 Marie Skłodowska-Curie Innovative Training Network No 956770



Бенефициенти по проекта са пет научни групи в областта на нанофотониката, визуализирането на обекти и machine learning съответно от Университета на Тампере – Финландия (водеща организация), INRIA – Франция, Университета на Средна Швеция, Техническият университет в Берлин, Германия и ИОМТ. PLENOPTIMA е 4 годишен проект (2021–2024), който има за цел да създаде интер-дисциплинарни 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 ще се проведе съвместно обучение на 15 докторанти (т.нар. Early Stage Researchers) по 15 индивидуални проекта. През 2020 г. стартира подготовката на споразуменията между отделните партньори за съвместно обучение и кампанията за набиране на кандидати.

## 2. РЕЗУЛТАТИ ОТ НАУЧНОИЗСЛЕДОВАТЕЛСКАТА ДЕЙНОСТ ПРЕЗ 2020 Г.

Научно-изследователската дейност в ИОМТ се провежда по две тематични направления и се подкрепя от работата на Научно-техническия отдел. През 2020 г. изследванията обхващат изпълнението на 12 планови задачи. Задачите включват бюджетно финансиране и 16 договорни разработки, финансирани от ФНИ към МОН. Провеждани са изследвания по 7 проекта по линия на международното сътрудничество (2 проекта по програмата COST, 2 по ЕБР, 1 проект по договор на правителството на Южна Корея и 2 проекта по програмите Хоризонт 2020 и M-ERA). Описанието на постигнатите резултати в отчета е дадено по тематични направления и по планови задачи.

2.1. Тематично направление „Високотехнологични оптични материали за приложение във фотониката, сензорната техника и органичната оптоелектроника”,  
ръководител проф. д-р Вера Маринова

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

**Финансиране:** Бюджетно; ФНИ (проекти ДН 08/15, ДН 17/18)  
Проекти по националната научна програма "Млади учени и постдокторанти" 2020, модул "Постдокторанти" (1) и модул „Млади учени“ (2)

**Сътрудничество:** Институт по полимери – БАН, Технически университет – София  
ИОХЦФ-БАН  
Centre for Industrial and Engineering Optics, Dublin, Ireland  
Laboratoire Catalyse & Spectrochimie, Caen, France  
Department of Chemistry, McGill University, Montréal, Canada

Основната цел на тази задача е да се разработят чувствителни и селективни порести материали, които да се вградят в многослойни системи, които от своя страна да се използват за оптично детектиране на летливи органични вещества и влага. През годината са получени следните основни резултати:

- Проектирана и изработена е специална сензорна клетка за едновременно поставяне на тествания образец и контролния сензор. Клетката е с прозрачни, взаимно паралелни стени и малък обем, даващ възможност 1) да бъде поставена в измервателната камера на спектрофотометъра и 2) средата в нея да бъде сменяна бързо. Сензорът се контролира с *Arduino* програмирана платка.

- Проектирани и изработени са стекове на Браг, състоящи се от редуващи се порести и плътни зол-гел филми от  $\text{Nb}_2\text{O}_5$ , които променят оптичните си характеристики под действие на пари на ацетон. За детекция е използвано измерването на пропускане. Установено е, че за получаване на максимална чувствителност ивицата на ниско пропускане (*stop band*) на стека трябва да се намира в областта 415 – 450 nm. Чрез сравнение на измерени и изчислени стойности на отражението преди и по време на излагане на стека на парите на тестваното вещество е

потвърдено, че парите дифундират през всички слоеве. Възпроизводимостта на сензорния отклик е изследвана и потвърдена чрез циклично излагане на сензора на пари на ацетон и продухване с аргон. Наблюдава се, обаче, забавяне във времето на отговор, сравнено с това за единичен слой.

- Продължиха изследванията върху тънки слоеве от PVA с различен хидрофобно-хидрофилен баланс, получени чрез различна степен на ацетализация на PVA в посока на оптимизиране на сензорния им отклик чрез загряване при различни температури, отлагане под формата на слоеве с различни дебелини и дотиране с SiO<sub>2</sub> частици. Резултатите показаха, че загряването на по-висока температура (180°C) се отразява най-силно върху чистото PVA, като при него се получи най-силно намаляване на хистерезиса. Изследванията на образци с различни дебелини (80 и 200 nm) показаха, че при по-дебелите филми динамичният обхват на сензора се стеснява значително и те могат да се използват за точно детектиране само на висока влажност, RH>80%. Модифицираните PVA филми, легирани с подходящо количество частици SiO<sub>2</sub>, са много подходящи за оптично определяне на влажността, предлагайки линейност в целия диапазон на влажност. Изследванията са в сътрудничество с колектив от ИП на БАН.

- В сътрудничество с колектив от ИП-БАН са синтезирани присадени PVA-g-PNIPAM съполимер с четковидна структура и амфибилни полимери на основата на PVA със странични вериги от поли(метилакрилат). Намерени са подходящите разтворители и експериментални условия за отлагане на тънки слоеве, които са характеризирани оптично и тествани като чувствителни среди за влага и пари на ацетон, съответно. Първоначалните експерименти показват сензорен отклик, който обаче не е задоволителен. Беше определена посоката, в която да се оптимизира структурата и състава на полимерите.

- Проведени са първоначални експерименти за създаване на гъвкав сензор за влага, като са изследвани три типа гъвкави подложки: поли(етилен терефталат) (PET), полилактид (PLA) и композитен полисилоксан (Compo-Sil от General silicones Co, Ltd, Тайпе, Тайван). Подложките бяха покрити с тънък (30 nm) слой от Au-Pd, върху който се отлага модифицирания PVA съполимер с ацетално съдържание 24%. Изследвано е влиянието на вида на подложките върху оптичните и сензорни свойства на образците. Показано е, че най-подходяща е подложка от поли(етилен терефталат) (PET), при която се получават гладки и прозрачни слоеве и хистерезис, сравним с най-ниския, който е получен за стъклена подложка.

- Изследвана е приложимостта на тънки слоеве от оксо-зеолитни композити за детекция на йони на тежки метали в отпадни води. Композитите са изградени от зол-гел матрица от SiO<sub>2</sub>, дотирана с наноразмерни зеолити (Linde Type L (LTL)), отложени са чрез *spin-coating* под формата на прозрачни тънки филми и са загряти на две температури (170°C и 320°C). Оптичните им свойства и дебелината са изследвани посредством елипсометрични измервания при потапяне в разтвори с различна концентрация на Cu йони. Показано е, че по-подходящи са образците, предварително загряти на 320°C, защото при тях не се наблюдава раздуване. Те показват намаляване на показателя си на пречупване при потапяне в разтвор с Cu йони. Изследванията са в сътрудничество с колективи от Centre for Industrial and Engineering Optic, Dublin, Ireland; Laboratoire Catalyse & Spectrochimie, Caen, France; Department of Chemistry, McGill University, Montréal, Canada.

- Изследвани са морфологичните, оптичните и сензорни свойства на тънки слоеве от зеолити, синтезирани от въглищни пепели, уловени от пречистващите филтри на ТЕЦ Марица Изток. Тънките слоеве са отложени чрез хидротермална активация върху кварцови подложки с предварително създадени зародиши. Слойт с най-добро оптично качество и съответно най-

голямо пропускане, е този, отложен в продължение на 12 часа хидротермална активация върху подложки, обработени ултразвуково в продължение на 12 часа и при добавка към реакционната смес на NaCl. Проведени са също измервания на оптичния отклик на слоевете, като е изследвана промяната на отражението преди и след експозицията им в пари на ацетон. Най-интензивна промяна се наблюдава за слоя с най-добро оптично качество. Изследванията са в сътрудничество с колективи от Техническият университет-София и ИОХЦФХ-БАН.

#### Разпространение на резултатите

Резултатите са публикувани в 10 статии: 7 в списания от категорията Q2, 1 в списание с SJR и 2 в материали от конференции в пълен текст. Представени са 5 устни доклада и 1 постер на международни конференции, както и 1 устен доклад на национална конференция.

---

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

---

**Финансиране:** Бюджетно; ФНИ (проекти Н08/9, Н28/8)  
Проект по националната научна програма "Млади учени и постдокторанти" 2020, модул "Млади учени"  
EU проект ТОСНА 824140, Хоризонт 2020  
EU проект M-ERA-NET

**Сътрудничество:** Национален Чиао Тунг Университет, Тайван (ЕБР проект)  
Институтт по Микроелектроника и Микросистеми, (CNR-IMM), Италия (ЕБР проект)  
COST акции CA17123 и CA18823

Наскоро устройствата на основата на течни кристали (Liquid Crystal, LC-mediated devices), благодарение на тяхната отлична анизотропия и възможност за преко конфигуриране, разкриха нови хоризонти за разработването на следващо поколение пренастройваеми оптични елементи - т.нар "geometrical phase elements" или "4G Optics". Разработването на нови структури за манипулиране на светлината във "flat optics" формат изисква интегрирането на нови материали, сред които графенът и графеноподобните 2D материали показват уникални оптични и електрооптични свойства. По темата през годината са получени следните резултати:

- **Изследване и приложение на графен и графеноподобни 2D материали**
  - *Изследване на интерфейса течен кристал-полиамид-графен и направа на устройства на основата на биосъвместими огъващи се подложки от PDMS.*

Подробно са изследвани повърхностното взаимодействие между LC молекули, графен и подравняващ слой по време на асемблирането на регулируеми течно-кристални фазови модулатори върху произволни подложки. Чрез детайлно изследване на повърхностната свободна енергия на графена е представен подходящ подбор на полиамид (PI) като полярен слой за безконтактно равнинно подравняване на LC молекули. За характеризиране на интерфейса графен-полиамид са определени енергията на закотвяне на повърхността и ъгълът на предварителен наклон на течно кристалните молекули. Освен отличната повтораемост на фазовата модулация в широкомащабна площ на асемблираните LC структури, е демонстриран

и регулируем LC фазов модулатор на основата на графен върху PDMS подложка, който показва голям потенциал за бъдещи интегрирани фотонни устройства и био-ориентирани технологии без използването на ITO покрития.

- *Приложение на графен като прозрачен електрод за терахерцови електрооптични устройства*

Демонстрирано е приложението на многослоен графен върху гъвкави, циклоолефинови полимерни филми (Zeonor) като прозрачен електрод за терахерцови електрооптични устройства. Структурните и електромагнитните свойства на графен-циклоолефинови полимерни филми, както и тяхната пространствена вариация са систематично изследвани чрез микро-Raman, терахерцова (THz-TDS) и инфрачервена (MIR) спектроскопии. Измерени са THz и MIR прозрачност, ниво на Ферми и време за релаксация на носителите. Благодарение на наноразмерната дебелина и много ниската абсорбция на използваните циклоолефинови полимерни филми, както и високата пропускливост и проводимост, са демонстрирани нов клас прозрачни и гъвкави електроди ( $4 \text{ cm}^2$  площ на графеновите слоеве), работещи в терахерцовия спектър с изключително ниски загуби.

- *Изследване на електро-оптичните характеристики на наноразмерни слоеве от ZnO:Al (AZO) върху огъващи се подложки*

Демонстрирана е мултифункционалността на нанослоеви от AZO, отложени върху стъкло, както и върху гъвкави подложки от полиетилен терефталат (PET) чрез използване на ALD технология за последователно отлагане на атомни слоеве.

Получените AZO слоеве показват висока оптична пропускливост във видимата и близка инфрачервена области от спектъра и електрически свойства, конкурентни на ITO покритията. AZO слоевете, отложени върху гъвкави PET подложки показват стабилна устойчивост на листовото съпротивление след повече от 1000 цикъла на огъване. Демонстрирани са приложения в асемблирането на 2 типа устройства: течно кристали устройства върху твърди подложки и гъвкави устройства на основата на диспергиран в полимер течен кристал (PDLC) и са определени техните работни характеристики.

#### Разпространение на резултатите

Резултатите са публикувани в 6 статии в списания, като 2 са от категорията Q1, 2 са Q2 и 2 са в списание с SJR. Публикувани са 4 статии в материали от конференции в пълен текст. Представени са 24 презентации на международни конференции, от които 3 поканени доклада, 7 устни доклада и 14 постерни съобщения.

---

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

---

Финансиране: Бюджетно; ФНИ (проект КП-06-Н38/8)  
Проект по националната научна програма "Млади учени и постдокторанти" 2020, модул "Млади учени"

Сътрудничество: Лаборатория по твърдотелна химия към Университета в Пардубице, Чехия

През изтеклата година работата по задачата включва изследване на влиянието на условията на получаване и на състава върху оптичните и структурни свойства на тънки слоеве от тънки метални покрития. Решени са следните задачи:

1. Установяване влиянието на условията на отлагане върху фазовия състав и оптични свойства на тънки метални слоеве от бисмут, индий, кадмий, антимон и калай

2. Отлагане и охарактеризиране на микроструктура и оптичните свойства на тънки слоевете от сребро, съдържащи сплави с елементи от преходните групи – кадмий, антимон, калай и индий.

3. Установяване на влиянието на термично третиране и след облъчване с ултравиолетова светлина на структурните и оптични свойства на отложените метални покрития.

4. Намиране на условия за възпроизводимо синтезиране на сребърни НЧ. Изследване на влиянието на параметрите на синтез върху размера и формата на частиците и изследване на оптичните свойства на получените сребърни НЧ. Първоначални експерименти за получаване на НЧ от Bi-Ag.

5. Продължаване изследванията за влияние условията на отлагане, поръзността и масов транспорт в тънки халкогенидни слоеве от системите As-S и Ge-Se.

○ Изследвани са тънки слоеве на метали от V период на периодичната таблица - Cd, In, Sn, Sb и техни сплави със сребро с цел оценяване на влиянието на електронната обвивка при включването им в сплави със сребро и определяне на оптимални състави за възбуждане на локализиран плазмонен резонанс в УВ областта. Експерименталната работа е част от проект КП-06-Н38/8 на ФНИ. Изследвано е отлагането на тънки слоеве от системите Ag-In и Ag-Bi чрез термично изпарение по два метода. Съставът на отложете тънкослойни покрития се контролира чрез рентгенов микроанализ. Фазовият състав е определен чрез рентгенова дифракция, а повърхностната морфология и топология са анализирани чрез сканираща електронна микроскопия и атомно силова микроскопия. Оптичните свойства са изследвани чрез спектрална елипсометрия и UV-Vis-NIR спектрофотометрия. От получените спектри на комплексната диелектрична функция на тънките слоеве са определени областите в които се очаква да притежават максимална ефективност за възбуждане на локализиран плазмонен резонанс.

○ Изследвано е влиянието на условията на синтезиране на сребърни и двуметални НЧ. Изследвани са условията за синтез на НЧ от сребро по полиол метода за намиране условия за контролиране на размера и формата на НЧ. За улавящ агент е използван полимер (PVP) с две различни молекулни тегла. Установена е зависимост между размера и формата на частиците и съотношението PVP/Ag при двата използвани полимера. Направеният фазов анализ показва, че условията на синтез определят формиране на кубична и хексагонална фаза и респективно определят формата на НЧ. Геометрията на частиците влияе и върху оптичните им свойства. Преминването от сферична НЧ до нанонишка отстранява абсорбционния пик, дължащ се на диполната поляризуемост на свободните електрони към по-малките дължини на вълната, а изменението на размера влияе върху интензитета му.

○ През тази година са започнати експерименти за синтез на двуметални НЧ, като се предвиждаше синтез на Ag/In и Ag/Bi НЧ с полиол метода  $AgNO_3$   $In(NO_3)_3 \cdot xH_2O$  и  $Bi(NO_3)_3 \cdot 9H_2O$ . Направени са опити за синтез на НЧ от индий по полиол метода с прекурсор е  $In(NO_3)_3 \cdot xH_2O$ . Направен е също синтез на НЧ от сребро-индий по модифициран полиол метод чрез едновременно на капване на разтвори на сребърен и индиев нитрат.

Рентгеново-фазовият анализ на синтезираните In и Ag-In НЧ не установи реакция между двата метала. За реализиране на реакция ще бъдат продължени експериментите върху



установяването на подходящи условия на синтез чрез вариране на съотношението между концентрациите на прекурсорите, температурата на разтвора по време на синтез и концентрация на стабилизиращия агент, както и молекулното му тегло.

Окислението на НЧ при използване на метални нитрат-хидрати е причина да не се проведат експерименти за синтез на Ag/Bi НЧ. Затова са използвани за синтез на НЧ хлорид хидрати на изследваните по-горе метали. За първоначален обект е избрана системата Ag-Sn поради това, че във фазовата ѝ диаграма се наблюдава интерметално съединение  $Ag_3Sn$  и неговата регистрация може да се използва като индикатор, че по време на синтеза е получена реакция. Използваните вещества за синтеза на НЧ от калай са: метален прекурсор – калаен хлорид хидрат ( $SnCl_2 \cdot 2H_2O$ ) сребърен нитрат ( $AgNO_3$ ), улавящ агент – PVP, стабилизиращ агент –  $NaBH_4$ , разтворител – вода. Синтезът на НЧ от калай е извършен при смес на водни разтвори на калаен хлорид и PVP при стайна температура и последващо добавяне на воден разтвор на  $NaBH_4$  при повишена температура при постоянно бъркане.

При биметалните НЧ от калай-сребро освен воден разтвор на  $SnCl_2 \cdot 2(H_2O)$ , е добавен и воден разтвор на  $AgNO_3$  към водния разтвор на PVP. Атомното съотношение на сребро към калай е  $Ag_{75}Sn_{25}$ . При смесване на разтворите, течността се оцвети в млечно лилаво/розово и при добавяне на воден разтвор на  $NaBH_4$  цветът стана черен. От направената рентгенограма на получените НЧ от калай се наблюдава наличие на тетрагонална фаза на калай (JCPDS 18-1380) Sn(110) и слабо интензивен пик на Sn(200). Рентгенограмата на синтезираните НЧ от сребро и калай с атомно съотношение 3:1 показва ясно изразен пик на калай Sn(110), както и по-слабо интензивни пикове на среброто Ag(111) и Ag(200). Забелязва се и наличие на пиковете на кристала  $Ag_3Sn$  (JCPDS 44-1300). Експериментът ще бъде повторен за установяване на условията за пълно реагиране на двата елемента и получаване на наночастици  $Ag_3Sn$ . Предвидените експерименти в сътрудничество с Университета в Пардубице, Чехия, не са осъществени поради пандемията.

#### Разпространение на резултатите

Резултатите са публикувани в 1 статия в списание Q1 и 1 статия в Q2, както и в материалите на две конференции на OSA. Приети са за печат 2 статии с импакт-ранг. Резултатите от задачата са представени на 3 международни конференции (2 устни доклада и 1 постер) и като 2 участия на национални мероприятия (2 устни доклада).

---

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

---

Финансиране: Бюджетно; ФНИ (проекти H29/7 и H29/10);  
договор с Оптима-Електроник ЕООД –гр. Пловдив

Сътрудничество: Институт по обща и неорганична химия –БАН

През годината са получени следните основни резултати:

- **Разработване на бели органични светоизлъчващи диоди**

Синтезиран и идентифициран чрез  $^1H$ NMR и IR спектроскопия е нов металоорганичен комплекс Иридий (III) бис [2-фенилбензо [d] тиазолато-N, C2'] - хиолин-8-олат ((bt) $2Irq$ ).

Изследвани са неговите фотофизични, електрохимични и електролуминесцентни свойства с цел приложение при изработването на бели органични светоизлъчващи диоди (WOLED). Комплексът излъчва жълто-оранжева светлина в разтвор на  $\text{CH}_2\text{Cl}_2$  (DCM) и във вакуумно отложен тънък слой с максимални по интензитет пикове, съответно при 578 и 666 nm, с рамене при 628 и 720 nm.

Изработени са устройства със следната базова OLED структура Анод/HTL/EL/ETL/Катод, където: HTL е транспортиращ положителни заряди слой от N, N'-бис (3-метилфенил) -N, N'-дифенилбензидин (TPD), включен в матрица от поли (N-винилкарбазол) (PVK); EL е електролуминесцентен слой от Алуминий (III) бис (2-метил-8-хинолинолато)-4-фенилфенолат (BAIq); ETL е транспортиращ отрицателни заряди слой от Трис-(8-хидроксихинолин) алуминий ( $\text{Alq}_3$ ) или Цинк (II) бис (2-(хидроксифенил) бензотиазол ( $\text{Zn}(\text{bt})_2$ ).

Комплексът бе използван като самостоятелен емитер и като допант в електролуминесцентния или транспортиращия положителни товари слой, в концентрации от 0 до 16,5 т.%.

Установено бе, че:

- Електролуминесцентните спектри и на двата типа OLED са сбор от синьо-зелената емисия на BAIq и жълто-оранжевата на Ir комплекс.
- CIE координатите на излъчваната светлина остават в белия диапазон на спектъра за широк интервал от концентрации на допанта.
- Най-добрата токова ефективност и CIE координати, близки до тези на идеалната бяла светлина (0,3300; 0,3300), демонстрират устройствата с 2 т.% дотиран HTL (6 Cd / A, (0,2735; 0,3613)) и 16,5 т.% дотиран EL (5,1 Cd / A, (0,2721; 0,3284)).
- И двата типа устройства работят на основата на механизма на „залавяне на заряда“ (charge trapping mechanism).

#### ○ Синтез, структура и луминесцентни свойства на волфраматни стъкла, съдържащи $\text{Nb}_2\text{O}_5$

Изследвани са новосинтезирани хомогенни прозрачни стъкла с номинален състав  $35\text{WO}_3:(25-x)\text{La}_2\text{O}_3:25\text{V}_2\text{O}_5:15\text{Nb}_2\text{O}_5:x\text{Eu}_2\text{O}_3$ ,  $x = 0.5, 1, 2, 3$  и  $5$  (мол. %), получени посредством използване на техниката „закаляване на стопилката“.

Установено е, че

- с нарастване на  $\text{Eu}_2\text{O}_3$  цветът на стъклата се променя от светлокафяв до тъмнокафяв; стойностите на  $T_g$  и  $T_x$  (установени с DTA анализ) нарастват; термичната стабилност на стъклата срещу кристализация се увеличава. Аморфната мрежа е изградена от следните структурни единици: припокриващи се октаедри от  $\text{NbO}_6$  (ленти на  $840\text{ cm}^{-1}$ ,  $620\text{ cm}^{-1}$ ,  $470\text{ cm}^{-1}$ ), и  $\text{WO}_4$  ( $620\text{ cm}^{-1}$ ), тетраедри от  $\text{WO}_4$  (ленти на  $950$ ,  $840$  и  $470\text{ cm}^{-1}$ ), триъгълници от  $\text{VO}_3$  (ленти на  $1390$ ,  $1320$ ,  $1260$ ,  $1190$  и  $1115\text{ cm}^{-1}$ ) и  $\text{VO}_4$  единици (лента на  $1060\text{ cm}^{-1}$ ).

- Наблюдаваната фотолуминесцентна емисия на стъклата се характеризират с пет пика, присвоени на 4f преходите на  $\text{Eu}^{3+}$  йони, т.е.  $^5\text{D}_0 \rightarrow ^7\text{F}_j$  ( $j = 0, 1, 2, 3, 4$ ). 1 мол. %  $\text{Eu}_2\text{O}_3$  е оптималната допирана концентрация в изследваните  $35\text{WO}_3: 25\text{La}_2\text{O}_3: 25\text{V}_2\text{O}_5: 15\text{Nb}_2\text{O}_5$  стъклена матрица, при която се наблюдава най-високата емисия на фотолуминесценция при възбуждане със светлина с дължина на вълната  $396\text{ nm}$  се дължи на 4f преходи на  $\text{Eu}^{3+}$  йони:  $^5\text{D}_0$

→  ${}^7F_j$  ( $j = 0-4$ ). Най-висока емисия демонстрира стъклото, съдържащо 1 mol%  $\text{Eu}_2\text{O}_3$ , характеризиращо се с време на живот 24 ns.

○ **Нови стъклокерамични материали, дотирани с редкоземни йони за LED приложения**

Изследвани са новосинтезирани прахообразни проби от  $\text{Ca}_2\text{GeO}_4$ , легирани с 0.5, 1, 2, 3, 4 и 5 ат %  $\text{Eu}^{3+}$ , с цел използването им като материали за изработването на неорганични светоизлъчващи диоди. Структурата, фазовият състав и концентрациите на добавки в образците са потвърдени посредством XRD анализи. Емисионните спектри на възбуждане показват характерните за  $\text{Eu}^{3+}$  йон пикове. Най-интензивен, в диапазона от 300 до 500 nm, е пикът, регистриран на 393 nm, съответстващ на прехода  ${}^7F_0 \rightarrow {}^5L_6$ . Във фотолуминесцентни спектри на излъчване също са установени присъщите на  $\text{Eu}^{3+}$  йон характеристични пикове. Доминиращи са  ${}^5D_0 \rightarrow {}^7F_{2,4}$  електронни диполни преходи. Те са разцепени, което доказва присъствието на допанта в повече от една кристалографска позиция. CIE координати на пробите са в червената област и слабо се влияят от концентрацията на  $\text{Eu}^{3+}$  йон. Пробата, легирана с 1 ат %  $\text{Eu}^{3+}$  има координати, близки до тези на стандарта за червена светлина (0.6270, 0.3726). Получените резултати потвърждават, че дотираният с  $\text{Eu}^{3+}$   $\text{Ca}_2\text{GeO}_4$  може да се използва като червено фотолуминесцентно вещество за LED приложения.

Разпространение на резултатите

Няма участия на конференции поради пандемията. Резултатите са обнародвани като публикации, от които 2 в списания от категория Q1, 2 в списания от категория Q2, 1 в списание от категория Q4 и една публикация с импакт-ранг.

---

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

---

**Финансиране:** Бюджетно; ФНИ (проекти Д18/8 и КП-06-Н33/1)  
Проектно предложение № КП-06-К1/27, одобрено за финансиране по сесията на ФНИ COVID19

**Сътрудничество:** Институт по електроника, БАН

Работата по темата е свързана с изпълнението на два договора с ФНИ (Д18/8 и КП-06-Н33/1), както и с одобрено за финансиране по сесията на ФНИ COVID19 проектно предложение КП-06-К1/27 и е защитена докторска дисертация.

○ **По договор Д18/8** през годината бе извършена научно-изследователска работа по две относително независими, но свързани теми:

- Нови плазмонни структури;
- Нови био/газ разпознаващи елементи.

Основните резултати по отделните теми са както следва:

- Нови плазмонни структури

Установено е влиянието на абсорбиращия слой, разположен под металния, в структура,

базирана на покрити с Au и Ag дифракционна решетка. Създадена е структура, базирана на дифракционна решетка, покрити със сребро. Установени са технологичните параметри на отлагане на Ag слоеве, които гарантират много добра ефективност. Постигната е ширина на резонанса от 15 nm, което е три пъти по-малко от случая с Au покритие. За пръв път са възбудени едновременно две плазмонни вълни в дифракционна решетка. Създаден е нов начин на възбуждане на плазмонен резонанс, базиран на кръгова поляризация, при което се възбуждат едновременно два спектрално независими поляризационни резонанса. Регистрацията е чрез поляризационно разделяне, независимо за всеки резонанс, което осигурява висока точност на детекция на молекулярните взаимодействия.

- **Нови био/газ разпознаващи материали и сензори**

За първи път директно е имобилизиран хемин и са установени неговите сензорни свойства към O<sub>2</sub>, NO и CO. Създадена е нова диспергираща среда, в която се реализира хаотична генерация на лазерно лъчение (random lasing). Разпознаващите молекули могат да се враждат в такава среда, като молекулярните реакции я променят, респективно и условията за генерация. Предимствата в биосензориката са: а) възможността за генериране на няколко лазерни мода, като всеки един от тях е повлиян по различен начин – многоканална детекция; б) детекцията не е сложна (напр. не е нужно да се изпълняват условия за резонанс); може да се използва детекция на кохерентността като критерии за молекулярна реакция (в т.ч. и за образна детекция); в) разпознаващите молекули се имобилизират относително лесно – чрез дифузия в обемна среда.

Средата представлява бинарна смес от родамин 6G и родамин В, вградени в матрица от епоксидна смола. Към момента са изследвани структурните и оптичните свойства, както и свойствата като активна среда. Средата е наноструктурирана, съставена от зърна със среден размер около 300 nm, което позволява инкорпориране на разпознаващи молекули. Изследвани са абсорбционните и флуоресцентните характеристики. Осъществена е генерация при прагова мощност на възбуждане 1.7 mJ, като разходимостта е малка, което позволява детекция в далечно поле.

- **По договор ПН33/1** поради ограниченията, свързани с COVID-19, доставките на консумативи се забавиха, което забави и изпълнението на задачите. Извършената работа е по инфраструктурното обезпечаване на проекта: създаден е анаеробен бокс.

- **По проектно предложение КП-06-К1/27** с одобрено финансиране извършената работа е в областта на разработване на нови експериментални методи за имобилизация на клетки върху биочип и проследяване на циклите им на развитие чрез плазмонен резонанс.

#### [Разпространение на резултатите](#)

Резултатите са обнародвани като 2 публикации в списания с категория Q1 и 1 в списание от категория Q4. Резултатите са представени като 4 постера на две международни конференции и един устен и един постерен доклад на две национални конференции.

---

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

---

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

○ Изследвани са структурните и оптичните свойства на електрохимично нанесени слоеве от  $ZrO_2$  върху различни подложки. Електрохимичната система, в която се осъществява отлагането, е термостатична баня с обем (5L) и температура  $70^\circ C$ , в която е поставена триелектродна клетка (времето за отлагане е 10 и 20 минути.). Като референтен електрод се използва наситеният каломелов електрод (SCE). Разтворът в системата е воден със съдържание на  $ZrOCl_2$  (5 mM) и  $KCl$  (100 mM). За подложки са използвани  $SnO_2$ , ИТО и неръждаема стомана.

○ XRD спектрите на слоевете  $ZrO_2$ , нанесени върху подложки  $SnO_2$  и ИТО, показват доста различни дифракционни модели. В слоевете, нанесени върху подложка на  $SnO_2$ , са представени пет дифракционни максимума, дължащи се на  $ZrO_2$ . Този с най-висок интензитет съответства на (101) и е в тетрагоналната фаза. Другите четири пика съответстват на кристалографските направления (111), (112), (202) и (013), като те са в моноклинна фаза. Три дифракционни максимума, дължащи се на  $ZrO_2$ , се наблюдават при слоевете, отложени върху ИТО, като и трите са в моноклинната фаза и съответстват на кристалографските направления (11-1), (111) и (21-1). Изчисленията от дифракционните максимума показват, че средният размер на зърната се увеличава с времето на отлагане за кристалографските направления с висока интензивност.

○ Изчисленията на средната грапавост показват, че тя зависи повече от вида на подложката и по-малко от времето на отлагане, с изключение на слоевете, отложени върху ИТО (поради по-бавното образуване на зърна върху този тип подложки). SEM микрографиите показват, че морфологията на наноструктурираните слоеве  $ZrO_2$  също зависи от вида на субстрата, както и отражението на слоевете, и в по-малка част от времето на отлагане, наблюдавано за слоевете, нанесени върху ИТО и  $SnO_2$ . Спектрите на фотолуминесценция на пробите, събрани при стайна температура и дължина на вълната на възбуждане от 235 nm, показват, че всички проби имат широки емисионни ивици с пикове, центрирани при 410 - 430 nm (типични за  $ZrO_2$ ) и интензивност в зависимост от времето на отлагане. Слоевете със сходни свойства могат да се използват като структури за улавяне на светлина в различни оптоелектронни и тънкослойни устройства.

○ Изследвана е и чувствителността на електрохимично нанесени слоеве  $ZrO_2$  и  $ZnO$  върху кварцови резонатори. Електрохимичната система, в която се осъществява отлагането е с по-малък обем (500mL), температурата е същата както при предишните отлагания ( $70^\circ C$ ), а времето за отлагане е 15 минути). Като референтен електрод отново се използва наситеният каломелов електрод (SCE). Разтворът в системата отново е същият (воден със съдържание на  $ZrOCl_2$  (5 mM) и  $KCl$  (100 mM)). Използваните кварцови резонатори имат диаметър 14 mm и дебелина 200  $\mu m$  и има номинална честота 10 MHz. Златните електроди, нанесени от двете страни, имат диаметър съответно 12,2 mm и 6,4 mm, а електрохимичните слоеве се отлагат върху големия електрод.

○ Чувствителността на резонаторите с отложен върху тях по електрохимична технология слой от  $ZrO_2$  и  $ZnO$  е изследвана спрямо три вида летливи вещества (метанол, етанол и амониак) и се реализира в херметична кутия от плексиглас с обем 22,5 литра.

○ Средната грапавост силно зависи от вида на слоевете, отложени върху кварцовите резонатори и е три пъти по-висока за слоевете ZnO. SEM изображенията също показват разлики в отлагането на двата типа слоеве, като слоевете от ZnO имат много по-развита повърхност от слоевете от ZrO<sub>2</sub>. Чувствителността зависи от активната повърхност на слоевете, като тези с по-развита повърхност са по-чувствителни и в трите изпитвани вещества. Резонаторите възстановяват първоначалната честота след края на експеримента, но относително бавно (около 24 часа). При нагряване времето, необходимо за връщане към първоначалната честота, е значително намалено и с наблюдаваната добра чувствителност и селективност ги прави подходящи за използване като газови сензори.

○ Отложени са и слоеве от ZrO<sub>2</sub> чрез метода на електроспрей, но резултатите от изследванията не показват наличието на кристална структура. Работи се по усъвършенстване на метода на отлагане с цел получаването на слоеве с кристалитна структура.

#### Разпространение на резултатите

Резултатите са представени като 5 постера и 1 устен доклад на международни конференции и обнародвани като 2 публикации в списание с категория Q4 и в списание с импакт-ранг.

---

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

---

Финансиране: Бюджетно; ФНИ (проекти ДН08/9 и COST 01/2)

Сътрудничество: Институт по Физика на Твърдото Тяло, БАН  
Department of Electrophysics-NCTU (Taiwan)  
Institut Quantique, Université de Sherbrooke (Canada)

Тази задача се осъществява от 01.08.2020 (общо пет месеца). За този период е извършено следното:

- Създаване на референтна база данни за селениди и сулфиди на преходни метали (преходни метали – W, Pt, Pd, Nb).
- Окомплектоване на експериментална база за синтез/получаване на посочените материали по метода ХОГФ (CVD); система за контролирано (чрез автоматични регулатори на потока-MFCs) подаване на два различни реакционни /инертни газове към CVD реактора и система за електрическо захранване на тръбната пещ. Закупуване на система за UV/ozone обработка на подложки и слоеве от халкогениди на преходни метали
- Експерименти за получаване на 2D WSe<sub>2</sub>, PtSe<sub>2</sub> и обемни кристали (по методите CVT и Високо-температурни разтвори /флюсов метод) от NbSe<sub>2</sub>, WTe<sub>2</sub>, ванадати на преходни метали

#### Разпространение на резултатите

Резултатите са обнародвани като 2 публикации в списания с категории съответно Q1 и Q2 и в сборник от конференция. Резултатите са представени като 1 поканена лекция, 2 устни доклада и 2 постера на международни конференции.

2.2. Тематично направление „Мониторинг на процеси и визуализирана обекти с холографски методи за запис и обработка на информация“,  
ръководител проф. д-р Димана Назърва

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

Финансиране: Бюджетно; ФНИ (проекти ДН08/10, КП-06-М38/2, КП-06-Н35/15)  
Договор SRA-C2/10.02.2020 ETRI-IOMT 2020, Южна Корея

Сътрудничество: ХТМУ  
Висше училище по телекомуникации и пощи  
Технологичен университет на Дъблин

○ Проведени са изследвания на дифракционната ефективност при поляризационен запис в две серии тънки слоеве от азополимера PAZO (poly[1-[4-(3-carboxy-4-hydroxyphenylazo) benzenesulfonamido]-1,2-ethanediyl, sodium salt]), като за разтворители са използвани вода и метанол. Слоеве са с дебелини, вариращи от 280 до 1550 nm. В образците са записани поляризационни холографски решетки, като записът бе извършен с два снопа с ортогонални кръгови поляризации (лява и дясна кръгова), съдържащи ъгъл  $20^\circ$  от He-Cd лазер с дължина на вълната 442 nm. Направен е сравнителен анализ на дифракционните ефективности в двете серии образци и при различните дебелини, както и анализ с атомно-силов микроскоп на повърхностно-релефните решетки. Установено е, че при дебелини на слоевете под 600 nm, по-висока дифракционна ефективност се постига за слоевете от серията, отложена с разтворител метанол. Достигната е ефективност от 27%, а също така е установена височина на релефа над 500 nm.

○ Като алтернативен метод за дотиране на азополимерен слой с НЧ е използван методът на електро разпръскване. По този начин в тънки слоеве от азополимера PAZO (с дебелина под 200 nm) са внедрени НЧ от ZnO с размери 40 – 100 nm. Времето на електро разпръскване варира от 0 секунди (недотирани образци) до 10 минути, като по-дългото време води до по-висока концентрация на НЧ в получения нанокompatитен слой. Определено е фотоиндуцираното двулъчепречупване ( $\Delta n$ ) в нанокompatитните слоеве, като за напмпващ е използван He-Cd лазер с дължина на вълната 442 nm, а за пробен – DPSS лазер, излъчващ на 635 nm (извън ивицата на поглъщане на материала). Установено е оптималното време за дотиране чрез електро разпръскване – 90 s, при което е достигната максимална стойност на двулъчепречупването -  $\Delta n_{\max} = 0,083$ . Това отговаря на над 25% увеличение спрямо недотирания слой.

○ Проведено е детайлно проучване на литературата във връзка с оптични свойства на тънки слоеве от азобагрила в полимерна матрица. Изготвена е сравнителна таблица за параметрите при индуциране на двулъчепречупване и поляризационен холографски запис в азобагрила. Въз основа на направения сравнителен анализ, са идентифицирани азобагрила, подходящи за запис посредством наличните в ИОМТ лазерни източници. Отложени са слоеве от азобагрилото Дисперсно червено 1 (DR1) и Дисперсно червено 13 (DR13) в матрица от полиметилметакрилат (PMMA) с различни дебелини и концентрации на азобагрилата по отношение на матрицата. Измерени са спектрите на поглъщане в диапазона 350 – 800 nm и е



установено, че пикът на поглъщане за DR1 е при 492 nm. Получени са кинетиките на фотоиндуцираното двулъчепречупване в изготвените образци при напompване при с 442 и 532 nm. Въз основа на получените кинетики на  $\Delta n$  са определени основни характеристики на тези анизотропни материали – максимално двулъчепречупване, време на отклик и стабилност на записа.

- Проведено е изследване на параметрите на поляризационни холографски решетки, записани в нанокмпозитни слоеве, съдържащи азополимера PAZO и НЧ от титанов диоксид ( $\text{TiO}_2$ ) с размер 21 nm и концентрации от 0 до 5 тегловни % при използване на вода и метанол като разтворители. Установени са оптималните концентрации на НЧ при двата разтворителя, водещи до максимална стойност на дифракционната ефективност (ДЕ): 1% НЧ и 12,6% ДЕ за образците от воден разтвор и 3% НЧ и 27,2% ДЕ за образците, отложени от метанолов разтвор. Определени са височините на повърхностния релеф за всеки от образците като е достигната стойност от 530 nm при 3% НЧ и разтворител метанол.

- Чрез облъчване с елиптично поляризирана светлина с елиптичност, варираща от  $-1$  (ляво кръгово поляризирана) през  $0$  (линейно поляризирана) до  $+1$  (дясно кръгово поляризирана), са получени хирални структури в тънки слоеве от азополимера PAZO и хибридни материали на основата на PAZO и НЧ от  $\text{TiO}_2$ . Определени са зависимостите на завъртането на азимута на поляризация  $\Delta\theta$ , както и на изходната елиптичност  $e_{\text{out}}$  от входната елиптичност  $e_{\text{in}}$ . Направен е теоретичен анализ на влиянието на хиралните структури и породеното от тях кръгово двулъчепречупване върху дифракционната ефективност на поляризационни холографски решетки, записани с два снопа с ортогонални линейни поляризации.

- Извършено е моделиране на зависимостта на дифракционната ефективност от дължината на вълната за повърхностно-релефни решетки с различни пространствени честоти, височина и профил на релефа, записани в азополимера PAZO. При моделирането са зададени пространствени честоти в диапазона 1200 – 1800 линии/mm, височина на релефа в интервала 100 – 400 nm, както и синусоидален и триъгълен профил на релефа. Резултатите показват, че най-висока дифракционна ефективност в  $+1$ -ви порядък (над 30%) може да се постигне при релеф с височина 400 nm. Пространствената честота и профилът на релефа имат по-слабо влияние върху стойността на ДЕ.

- Извършен е сравнителен анализ на поляризационните параметри на поляризационни холографски решетки, записани в азополимерни образци със и без надслой от оптично прозрачен адхезив и покривно стъкло. Алтернативна технология за нанасяне на надслоя е чрез вакуумно изпарение. Установено е значително подобрене на поляризационните характеристики при образците с надслой. То се изразява в намалена зависимост на дифракционната ефективност на структурата от азимута на линейно поляризиран пробен сноп. При образците без надслой модулацията на ДЕ е 86%, а при решетките с надслой тя е 7,4% или повече от 10 пъти по-ниска.

#### Разпространение на резултатите

Резултатите са обнародвани като 7 публикации, от тях 1 в списание с категории Q1, 1 - Q2, 4 публикации с импакт-ранг и 1 в WoS/Scopus. Резултатите са представени като 2 устни доклада и 7 постера на международни конференции и 2 доклада на национални конференции.

---

**2.2.2. Теоретични изследвания на електронна структура и оптични (линейни и нелинейни) свойства на органични съединения и комплекси,**  
ръководител доц. д-р Силвия Ангелова

---

Финансиране: Бюджетно  
Проект по националната научна програма "Млади учени и постдокторанти" 2020, модул "Млади учени"

Сътрудничество: Университет на Алкала, Алкала де Енарес (Мадрид), Испания  
Софийски университет "Св. Климент Охридски", Факултет по химия и фармация  
ХТМУ  
Пловдивски университет "Паисий Хилендарски".

В рамките на проекта е проведено изследване с методите на изчислителната химия на електронната структура и свойствата на нови органични съединения и комплекси (супрамолекулни структури). Обектите на изследване са:

- флуоресцентни супрамолекулни комплекси на базата както на класически синтетични макроциклични молекули-домакини (циклодекстрини, каликсарени и др.), така и на базата на по-интересни системи-домакини (кукурбитурили и бамбусурили);
- известни и новосинтезирани багрила за фотоволтаични приложения и за маркиране на биологични обекти;
- тавтомерни молекулни превключватели и оптични сензори с потенциално практическо приложение;
- метални комплекси за приложение като органични светоизлъчващи диоди;
- родопсин - светлочувствителен рецепторен протеин (зрителен пигмент) в окото и взаимодействието му с  $Zn^{2+}$  катиони за осъществяване на фототрансдукционните функции на фоторецепторите в ретината.

Извършени са следните дейности:

- Моделиране на взаимодействието на есенциални моно- и дивалентни метали ( $Na^+$ ,  $K^+$ ,  $Mg^{2+}$ ,  $Ca^{2+}$ ) с кукурбит[7]урил и кукурбит[8]урил. Изследването на комплексите на кукурбитурили и катионни молекули-гости е разширено, като е моделирано и взаимодействието на кукурбит[7]урил и кукурбит[8]урил с катионно багрило, което се използва като лекарствено средство за ракови заболявания и множествена склероза.
- Моделиране на взаимодействието на тривалентни метални катиони ( $Al^{3+}$ ,  $Ga^{3+}$ ,  $In^{3+}$ ,  $La^{3+}$ ,  $Lu^{3+}$ ) с кукурбит[7]урил и кукурбит[8]урил. Дейностите по моделиране на взаимодействието на избраните тривалентни метални катиони с СВ[7] и СВ[8] са изпълнени.
- Изследване на структура и свойства на багрила на базата на хинолизиниеви катиони, хетеробетайни, 1,8-нафталимиди и др.
- Дизайн на тавтомерни молекулни превключватели и оптични сензори. Анализ и обобщение на получените резултати.
- Изследване на структура и свойства на метални (иридиеви) комплекси за приложение като органични светоизлъчващи диоди.
- Теоретично моделиране на взаимодействието на зрителния пигмент родопсин с метални катиони ( $Zn^{2+}$  и други).

## Разпространение на резултатите

Обнародвани са 6 публикации, от които 2 в списания с категория Q1, 2 – с категория Q2, 1 – с категория Q4 и една с импакт-ранг. Представени са 2 устни доклада и 2 постера на национални конференции

---

### 2.2.3. Кохерентни методи за холографско визуализиране, формиране на снопове и мониторинг на процеси, проф. дфн Елена Стойкова

---

Финансиране: Бюджетно; ФНИ (проекти ДН 08/13, ДН 17/7)  
Договор SRA-C2/10.02.2020 ETRI-IOMT 2020, Южна Корея

Сътрудничество: ХТМУ  
Технически университет – София  
Университета на Тампере, Финландия  
Университета на Дейтън, САЩ  
Институт по електронни технологии на Южна Корея  
Изследователски институт по електроника и телекомуникации на Южна Корея

Тази бюджетна задача е продължение на изследванията в областта на кохерентните методи за холографско визуализиране, формиране на светлинни снопове и динамична спекъл-метрология. Изпълнени са следните задачи:

- В областта на **холографското визуализиране** е изследвана точността на извличане на фазата от цифрова холограма с помощта на уравнението за пренос на интензитета. Използването на уравнението на пренос на интензитета позволява аналитично възстановяване на фазата без прилагане на алгоритъм за разгъване на фазата, която в цифровата холография се определя по модул  $2\pi$ . Това уравнение е приложимо за прозрачни обекти, за които разпределението на интензитета е равномерно в равнината на обекта. Изследванията включват: 1) разработване на програмни кодове за моделиране на съосна и извън-осева схема на запис на цифрови холограми и за извличане на фазата от възстановените от холограмите разпределения на интензитета; 2) анализ на точността на определяне на фазата при съосна, фазово-отместваща и Фурие цифрова холография; 3) съпоставяне на бързодействието на метода с използване на уравнението на пренос и на конвенционалното извличане на фазата в цифровата холография; 4) експериментална проверка на метода с уравнението на пренос за Фурие цифрова холография. При съосна схема на запис е установено, че изкривяванията вследствие на кодирането на нулев порядък и образ-близнак в записаната цифрова холограма са съпоставими за конвенционалния алгоритъм и при възстановяването с уравнението на пренос. При фазово-отместващия метод изкривявания на практика липсват, а при извън-осевата схема те са много малки. Времето за извличане на фазата с уравнението на пренос е на два порядъка по-малко от времето, необходимо за конвенционалния алгоритъм, особено за обекти, при които изменението на фазата е десетки радиани. В областта на холографското визуализиране е завършен анализа на различните методи за компютърно генериране на холограми от гледна точка на реалистичност на възстановения образ и бързодействие на метода.

- В областта на **формиране на светлинни снопове** продължи изследването на оптичното поведение на клин на Физо и на оптичен елемент от два интерференчни клина с

различни дебелини и ъгли при върха. Комбинацията от тънък и дебел клин позволява да се използва големия свободен спектрален диапазон на тънкия клин и високата спектрална разделителна способност на дебелия клин. Теоретичното описание на пропускането на оптичен елемент, изграден от един или два клина, е направено за модела на безкрайна плоска вълна и Гаусов сноп, при който комплексната амплитуда се представя като сума от плоски вълни с различни амплитуди и посоки на разпространение. Анализирани са възможностите за използването на клина като светоделител с контролируемо отношение между мощността на преминалия и отразения сноп. Провежданите изследвания са съвместна разработка с Техническият университет – София.

○ В областта на оптичната спекъл метрология, която се базира на запис на серия от спекъл изображения, формирани върху 3D обект при лазерно осветяване, са проведени изследвания за подобряване на качеството на измерването. Статистическата обработка на серията от изображения във всяка точка дава на практика моментна картина на скоростта на процесите, които протичат в обекта и причиняват микро-промени на повърхността. Изследвана е възможността за намаляване на обема от данни, необходим за построяване на картата на активността при интензитетно-базирания динамичен спекъл анализ. Изследванията включват както моделиране на корелирани спекъл-картини, така и запис на серии от експериментални картини за тестови обекти. Тъй като картата на активността в даден момент се получава от голям брой корелирани във времето изображения с 256 нива на интензитета, визуализацията на процесите във времето чрез построяването на голям брой карти изисква огромно количество данни. Изследвано е компресирането на данните чрез грубо квантуване на интензитета в записаните спекъл изображения за случая на неравномерно осветяване на образеца. Разработени са алгоритми за грубо квантуване на спекъл данни за висок и нисък контраст на спекъла или съответно за асиметрично и симетрично разпределение на записания интензитет в спекъл изображенията. Разработеният подход е приложен към експериментални данни, получени при съхнене на полимер при различни температури. Разработено е количествено характеризиране на активността при неравномерно осветяване и променлива отражателна способност върху повърхността на образеца чрез въвеждане на два нови начина за нормиране на оценките. Показано е, че алгоритмите с нормиране са приложими към данни, представени с малък брой нива на квантуване. Получено е добро съответствие в картите на активността, пресметнати от данни, квантувани с 256 нива и 16 нива. Проверена е ефективността на динамичния спекъл анализ при намален брой спекъл картини, което подобрява времевата разделителна способност. Изследвано е как намаляването на броя на изображенията, участващи в обработката, влияе върху чувствителността на метода за обект с малка площ, заобиколен от фон.

#### Разпространение на резултатите

Представени са 4 устни доклада и 2 постера на международни конференции. Публикувани са 4 статии в категория Q1 и 4 доклада в пълен текст в OSA Technical Digest (WoS и Scopus).

---

#### 2.2.4. Хибридни неорганични-органични материали за приложение в слънчеви клетки и оптичен запис, ръководител доц. д-р Деян Димов

---

Финансиране: Бюджетно; ФНИ (проект ДН18/5)

Сътрудничество: ХТМУ

Химически факултет към Технологичния университет на Бърно, Чехия.

През изминалата, 2020, година са синтезирани и изследвани два типа багрила на базата на шифови бази. Проведени са теоретични и експериментални изследвания върху фото-превключватели на две 4-заместени азометин фталимидни багрила (EAMP1, EAMP2). Резултатите от проведените експериментални изследвания показват, че: (а) Ароматните заместители в 4-позиция на фталимидния пръстен, свързан с  $-CH=N-$ , оказват силно въздействие върху E / Z фотоконверсията и върху обратната термична релаксация; (б) Кинетичният фактор на антрацена в молекулата на EAMP1 е доминиращ в процеса на E  $\rightarrow$  Z  $\rightarrow$  E фотоизомеризация, следователно може да се обозначи като T-тип фотохромен превключвател; (в) 4 - (диметиламино) фенил донорния заместител в EAMP2 стабилизира Z-изомера чрез T-образна конформация, следователно двупосочното превключване е термодинамично контролиран процес и може да бъде означен като P-тип фотохромен превключвател. Направени са измервания на флуоресценцията във фотостационарно състояние в различни разтворители. Установена е силна чувствителност на емисията от полярността и вискозитета на разтворителя. Също така характерът на двустепенна флуоресценция на багрилата зависи от електронната структура на донорните заместители. EAMP1 багрилото показва изместена в червено емисия в по-малко полярния 1,4-DOX в сравнение с AcCN. При достигане на фотостационарно състояние (PSS) квантовият добив нараства значително в AcCN и 1,4-DOX. Причината за увеличаване на квантов добив е по-малкият брой на  $\pi \rightarrow \pi^*$  ( $S_0 \rightarrow S_2$ ) преходите в Z-изомерите и нарастването на броя  $n \rightarrow \pi^*$  ( $S_0 \rightarrow S_1$ ) преходи. Поведението на молекулярен ротор е изследвано в бинарни смеси от глицерол и етанол в различни съотношения като E-изомери. Резултатите показват, че с увеличаване на вискозитета, емисията постепенно нараства, което означава, че състоянията на вътрешномолекулен пренос на заряд с усукване (TICT) намаляват, а емисията от локализираните възбудени състояния (LE) нараства, поради отслабване на въртенето, т.е. в следствие на вибрационна или безизлъчвателна релаксация. Средният живот на EAMP2 е по-дълъг от този на EAMP1, преди изомеризация в един от двата разтворителя, което се обяснява с по-слабата емисия на EAMP1 и високата скорост на безизлъчвателна релаксация. При достигане на PSS EAMP1 има по-дълъг живот, особено в по-малко полярния 1,4-DOX, поради нарастване на  $n \rightarrow \pi^*$  преходите и намаляване на TICT състоянията. Удълженият живот в състояние на PSS и на двете багрила в полярни и неполярни разтворители се дължи на намаляване на преходите  $\pi \rightarrow \pi^*$  ( $S_0 \rightarrow S_2$ ) и увеличаване на  $n \rightarrow \pi^*$  ( $S_0 \rightarrow S_2$ ) преходите, при което флуоресценцията значително нараства.

Проведени са теоретични и експериментални изследвания върху механизма на превключване между енол/кето формата и E/Z изомерите на четири нови хидантоинови шифови бази, съдържащи функционалните групи 2-хидрокси-1-нафтил и 1-нафтил. Оптимизираните молекулни геометрии на съединенията H2N1 и H2N2 показват планарни конформации, като иминови (енолни) тавтомери, докато енаминът (кето) на H2N2 има непланарна конфигурация в следствие на въртене на 5,5'-дифенилхидантоиновия пръстен под приблизително 90° спрямо равнината на 2-хидрокси-1-нафтиловия пръстен. Предполагаме, че това е причината за по-

ниската ESIPT ефективност в сравнение с тази на H2N2 базите. ESIPT ефективността и на двете съединения се повлиява благоприятно от полярните разтворители. HN1 и HN2 се характеризират с непланарна конформация като E-изомери, което е типично за шифовите бази, докато Z-изомерите имат усукана конформация при връзката  $-\text{CH} = \text{N}-$ . Бързия преход между енол/кето и E/Z е потвърден за всички съединения чрез кинетични изследвания, при което фотостационарно състояние е достигнато за 60s при осветяване с UV-светлина с дължина на вълната 350 nm. Степента на фотоконверсия на E/Z превръщането е по-висока в сравнение с енол/кето тавтомеризацията. Наблюдава се необичайна, слаба, обратна релаксация Z/E, като пълно превръщане се постига за 6800 s. Предполагаме, че Z-изомерите са допълнително стабилизиращи чрез нековалентни взаимодействия. Съотношението между енолната и кето формата е определена спектрално чрез измервания на флуоресценцията при възбуждане с пикосекунден лазер с дължина на вълната 355 nm. Резултатите потвърждават данните от кинетичните измервания, които показват по-висока степен на превръщане на H2N2 в енолния тавтомер в сравнение с H2N1.

Фотохимични преобразувания на изследваните фотопревключватели при UV осветление с  $\lambda = 365 \text{ nm}$ : А) имин  $\rightarrow$  енамин фотоиндуцирана тавтомеризация и обратен пренос на протон към иминова при релаксация на тъмно; В) E  $\rightarrow$  Z фотоизомеризация и Z  $\rightarrow$  E обратна изомеризация чрез релаксация на тъмно; В) Механизми на основните флуоресцентни нива на H2N1 и H2N1 при ESIPT (вляво) и на HN1 & HN2 при локално възбуждане (вдясно) съгласно диаграмата на Яблонски.

#### Разпространение на резултатите

Публикувани са 2 статии в списания от категория Q1.

2.3. Научно-технически отдел, ръководител проф. дфн Никола Малиновски

#### 2.3.1. Изследване на морфологията, микроструктурата и фазовия състав на наноматериали, тънки слоеве и обемни образци, ръководител доц. д-р Даниела Карашанова

**Финансиране:** Бюджетно; ФНИ (проект ДН 17/22)  
Проект по националната научна програма "Млади учени и постдокторанти" 2020, модул "Млади учени"

**Сътрудничество:** ХТМУ, Институт по молекулярна биология – БАН,  
Институт по електроника – БАН, УХТ- Пловдив

През 2020 г. са получени следните резултати.

- Синтез на НЧ от никел, платина и паладий с воден екстракт на отпадък от етерично-маслената индустрия на *Rosa Damascena*, реколта 2019 г. и с водно-етанолни смеси в различни съотношения (70:30 и 30:70).

Рецептата за „зелен синтез” на метални НЧ с редуктор – водни екстракти на *Rosa Damascena* е приложена за получаване на никелови, платинови и паладиеви НЧ. ТЕМ анализът показва наличие на НЧ от съответните метали. Определени са техните морфологични характеристики. Показана е също необходимостта от промяна на рецептата при синтеза на Pd и Pt частици за увеличаване на техния добив.

- Синтез на сребърни и златни НЧ с воден екстракт на етерично-маслени култури – бял равнец, лавандула.

Установено е, че използването на водни екстракти от бял равнец *Achillea millefolium* или лавандула *Lavandula angustifolia* като редуциращ агент води до синтез на сребърни НЧ със сферична форма и с много малки размери – диаметър 2.8 nm за синтез с бял равнец и 3.1 nm за този с лавандула като редуктор. Проведеният дифракционен анализ и ТЕМ с високо разделяне на пробите разкрива наличие на кубично сребро във всички случаи.

При златните НЧ, синтезирани с тези редуциращи агенти, се наблюдава слепване в случая на бял равнец, като в ТЕМ са визуализирани множество клъстери, а при лавандулата златните частици са сравнително разделени една от друга и с различни геометрични форми на сеченията – триъгълна, хексагонална, ромбична и др.

- Изследване на морфологията и микроструктурата и определяне на фазовия състав с ТЕМ на сребърни НЧ, получени с импулсна лазерна аблация.

а) Изследвани са композитни НЧ Ag/ZnO, получени с лазерна аблация в течност. Определен е фазовият състав на частиците и чрез разпределението им по размер са установени най-подходящите експериментални условия за синтез на композитни наноструктури от този тип с потенциал за приложение в Рамановата спектроскопия (SERS).

б) С помощта на ТЕМ е проследена еволюцията на разпределението по размер на синтезирани с лазерна аблация във вода НЧ от сребро, с цел прилагането им като антибактериална компонента в очни капки. Определени са формата и големината както на НЧ в изходния колоид, получен с основната дължина на вълната на Nd-YAG лазер, така и на НЧ, след прилагането на процедури на допълнително облъчване на колоида. Приложени са 3 различни дължини на вълните, различни енергии, продължителности на въздействието, както и различни техни комбинации. В резултат е установена схема на въздействие на колоида, водеща до получаване на популация от Ag НЧ с размер под 10 nm и много тясно разпределение на диаметрите, основно изискване за планираното приложение.

- Изследване на морфологията и микроструктурата и определяне на фазовия състав с ТЕМ на стъкла, обемни и каталитични материали.

а) Обемни керамични материали от типа  $\text{Bi}_{1.7}\text{Pb}_{0.3}\text{Sr}_2\text{CaCu}_2\text{O}_x$  и  $\text{Bi}_{1.7}\text{Pb}_{0.3}\text{Sr}_2\text{CuO}_x$  са изследвани със СЕМ. Определена е морфологията им след синтеза и след прилагането им като компонент в ZnO електрод на електрохимична клетка, където е установено протичане на редукция на керамичните материали и образуване на съответните оксиди.

б) Слоеви от керамика със състав  $\text{BaSrTiO}_3$ , отложени чрез радиочестотно разпрашване са изследвани със СЕМ и е проследена тяхната повърхностна морфология, в зависимост от големината на приложеното напрежение при получаването им.

в) Изследвани са с ТЕМ смесени феритни каталитични материали  $\text{Ni}_{0.5}\text{M}_{0.5}\text{Fe}_2\text{O}_4$ , където  $\text{M} = \text{Zn}$  или  $\text{Cu}$ , нанесени върху подложка от нанопорьозен въглерод. С помощта на ТЕМ с високо разделяне и дифракционния анализ е доказано, че каталитично-активната фаза е смес от фино-диспергирани феритни, магнетитни, метални (Cu, Fe, FeNi сплав) и ZnO НЧ. Проследена е връзката на този фазов състав с вида и степента на порьозност на подложката, като са установени зависимостите от началните условия и по-точно от вида на използвания прекурсор за синтез на подложката.



- Синтез на метални НЧ (Ag и Au) по „зелен метод” с използване на известен редуциращ агент - български прополис.

Синтезът на сребърни и златни НЧ е проведен успешно с редуциращ агент прополис и комбинация прополис/воден екстракт на RD. Резултатите са сравнени с тези от синтеза с редукия само от водните екстракти на Rosa Damascena. Времето за генерирането на НЧ с прополис е по-дълго и се наблюдава уедряване на частиците и образуване на кълстери. Синтезът на Ag и Au НЧ с прополис обаче има потенциал за лечение на рани, поради увеличените антиоксидантни и антибактериални свойства на прополиса с НЧ.

- Изследване на графенови материали.

а) Изследвана е морфологията и микроструктурата на графен, синтезиран с лазерна аблация на микрокристален графит във вода. С помощта на ТЕМ с високо разделяне и електронна дифракция е проследена кристалността на пробите. Илюстрирани са установените в пробите различни видове структури – графенови люспи, редуциран графенов оксид, графенов оксид, аморфни и „onion-like” въглеродни частици.

б) Изследвана е морфологията и микроструктурата на отложени с лазерна аблация тънки графенови слоеве върху подложка от Si/SiO<sub>2</sub>. Установено е влиянието на облъчване с UV светлина перпендикулярно на равнината на слоевете върху микроструктурата и фазов състав.

- Изследване на морфологията и микроструктурата и определяне на фазовия състав с ТЕМ на метални НЧ, получени с импулсна лазерна аблация в присъствие на магнитно поле.

а) Проведени са ТЕМ изследвания на получени с лазерна аблация НЧ от Ni в течност (дестилирана вода и етанол), като в част от експериментите е приложено и магнитно поле по време на аблацията. Проследено е влиянието на вида течност и приложеното външно поле върху морфологията на частиците и образуването на вериги от тях. Установено е наличие на следните фази: Ni и NiO.

б) Изследвани са НЧ, получени с лазерна аблация в течност едновременно от две мишени (Ag и Fe). Проследено е и влиянието на приложено външно магнитно поле върху формирането на вериги от металните частици, като е установено, че веригите се ориентират преимуществено по продължение на магнитните силови линии. Във фазовия състав на пробата са идентифицирани както двата метала (Ag и Fe), така и магнетит (Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>).

#### Разпространение на резултатите

Обнародвани са 7 публикации, като 2 статии в списания от категория Q1 с оглавяване на ранглиста, 3 – от категория Q2, 1 статия – от категория Q3 и една в депозитна база данни. Представени са 1 поканена лекция, 3 устни доклада и 1 постер на международни конференции, както и 1 поканена лекция, 1 устен доклад и 1 постер на национални конференции.

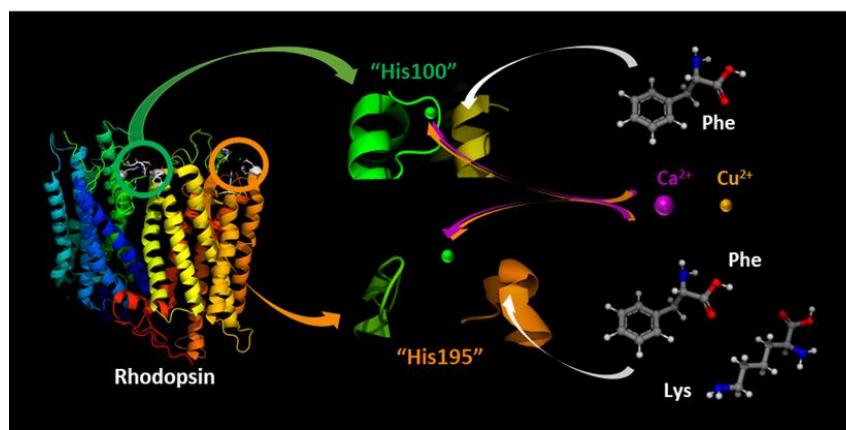
### 2.1. Най-значимо научно постижение на ИОМТ

*Цинк и неговата критична роля за развитието на Retinitis pigmentosa: Изводи въз основа на DFT/SMD изчисления, ръководител доц.д-р Силвия Ангелова*

Постижението е в областта на теоретичната и изчислителна химия. Получените резултати хвърлят светлина върху някои аспекти от човешкото зрение, свързани с биохимията на цинка и ролята му в развитието на заболяването Retinitis pigmentosa. Рецепторът с най-голямо значение в човешкото око е родопсинът. Експериментални резултати показват, че загубата на термостабилност на родопсиновия протеин се дължи на комбинация от типичните за заболяването мутации и повишено количество Zn<sup>2+</sup>. От термодинамична гледна точка е особено интересно да бъдат разгадани причините за наблюдавания резултат, както и подробно да бъдат

характеризирани взаимодействията между „нативния“ катион и изграждащите изследваните центрове аминокиселинни остатъци. Със способите на изчислителната химия е даден отговор на следните въпроси: (1) каква е предпочитаната геометрия на  $Zn^{2+}$ - съдържащите комплекси с аминокиселинните лиганди от свързващите джобове; (2) каква е ролята на мутациите за взаимодействието между  $Zn^{2+}$  и изследваните центрове; (3) могат ли и други двувалентни катиони като  $Ca^{2+}$  и  $Cu^{2+}$  да заместят нативния цинк; (4) как влияе полярността на средата върху протичането на процесите? Изследвана е също така и конкуренцията между нативния цинк и калций и мед, а получените резултати са сравнени с известни в литературата експериментални данни.

Изследването е изпълнение на проекта на Николета Кирчева, част от Националната Научна програма „Млади учени и постдокторанти“, финансирана от МОН с ПМС 577/2018 от 271/2019. Резултатите са публикувани в списание *Inorganic Chemistry* от категория Q1 с импакт-фактор 4.85: Kircheva, N.; Dobrev, S.; Nikolova, V.; Angelova, S.; Dudev, T.: Zinc and its Critical Role in Retinitis Pigmentosa: Insights from DFT/SMD Calculations; *Inorg. Chem.* 2020, 59, 17347–17355.



Фиг. 6. Структура на родопсина по данни от рентгено-структурен анализ (1u19). Двата изследвани центъра са означени като “His100” и “His195”, тъй като това са остатъците, където се появяват наблюдаваните мутации, а именно замяната на хистидин с фенилаланин (“His100”) или фенилаланин и лизин (“His195”).

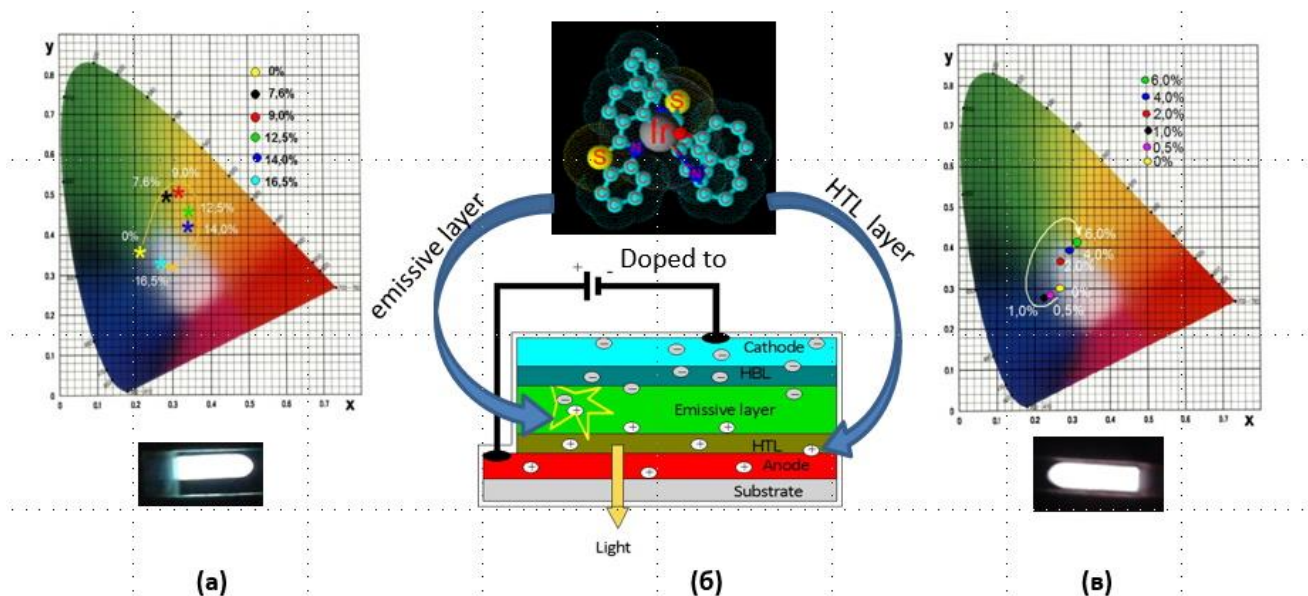
## 2.2. Най-значимо научно-приложно постижение на ИОМТ

*Бели органични светоизлъчващи диоди на основата на новосинтезиран органометален комплекс Иридий (III) бис [2-фенилбензо [d] тиазолато-N, C2'] - хинолин-8-олат (bt)<sub>2</sub>Irq, ръководител доц. д-р Рени Томова*

Постигнатието е в областта на синтезирането на нов металоорганичен комплекс на иридия ((bt)<sub>2</sub>Irq), излъчващ жълто-оранжева светлина. Изследвани са неговите фотофизични, електрохимични и електролуминесцентни свойства с цел приложение при изработването на бели органични свето-излъчващи диоди (WOLED). Комплексът, в подходяща комбинация с други органични съединения, излъчващи в синята и зелената област, е използван успешно при изработването на WOLED. За целта той е внесен като дотиращо вещество в матриците на електролуминесцентния (a) или транспортиращия положителни заряди слоеве на OLED

устройствата (в) в концентрации от 0 до 16,5 т.%. Установено е, че и двата типа устройства демонстрират добра токова ефективност и се характеризират с цветови координати (CIE), близки до тези на идеалната бяла светлина за широк интервал от концентрации на допанта. Те работят на основата на механизма на „залавяне на зарядите“ (charge trapping mechanism).

Резултати от изследването са публикувани в списание от категория Q2 с импакт-фактор 2.185: Ivanov, P., Petrova, P., Tomova, R.. Investigation of photophysical, electrochemical and Electroluminescent properties of Iridium (III) bis[2-phenylbenzo[d]thiazolato-N,C2']-quinolin-8-olate for white organic light-emitting diodes application. Journal of Materials Science: Materials in Electronics, 31, 18, Springer Nature, 2020.



Фиг. 7. Структура, CIE диаграми и снимки на OLED устройства с допират: EL (отляво) и HTL (отдясно) слой.

### 3. МЕЖДУНАРОДНО НАУЧНО СЪТРУДНИЧЕСТВО НА ИОМТ.

Участието в международни конференции през 2020 г. се осъществи до голяма степен в онлайн формат поради пандемичната обстановка в света. През 2020 г. специалисти от ИОМТ са участвали в 15 престижни международни (OSA, SPIE, конференции с публикуване в IOP) в България, Канада, Франция и Тайван и 8 национални конференции, на които са изнесли 79 доклада. На международните конференции са изнесени 4 поканени лекции, 23 устни доклада и са представени 30 постера. Общият брой представяния на международни конференции е 57, което е много добър резултат в условията на световна пандемия. Получени са награди за най-добра презентация и доклад на 4 международни конференции.

Специалист от ИОМТ е член на програмния комитет на International Workshop on Holography and Related Technologies 2020 и член на организационния комитети на International Conference Optics&Photonics - Taiwan (OPTIC), като двете конференции са проведени в Тайван. Принос в утвърждаването на международния авторитет на ИОМТ е участието на специалист от ИОМТ в качеството си на програмен председател в организирането на OSA конференцията Digital Holography and 3D Imaging, като част от OSA Imaging and Applied Optics Congress. Конференцията продължи 5 дена, като участваха 347 души от 22 страни и бяха представени 137

доклада (<https://www.osapublishing.org/josaa/fulltext.cfm?uri=josaa-38-2-DH1&id=446653>). ИОМТ стартира успешно организирането на International Conference on Materials, Imaging Methods and Applications MIMA 2020 с поканени лектори от Гърция, Ирландия, Португалия, Русия, САЩ, Тайван, Франция, Южна Корея и Япония. Заради възникналата ситуация с COVID 19 бе решено конференцията да се проведе в средата на 2021 г.

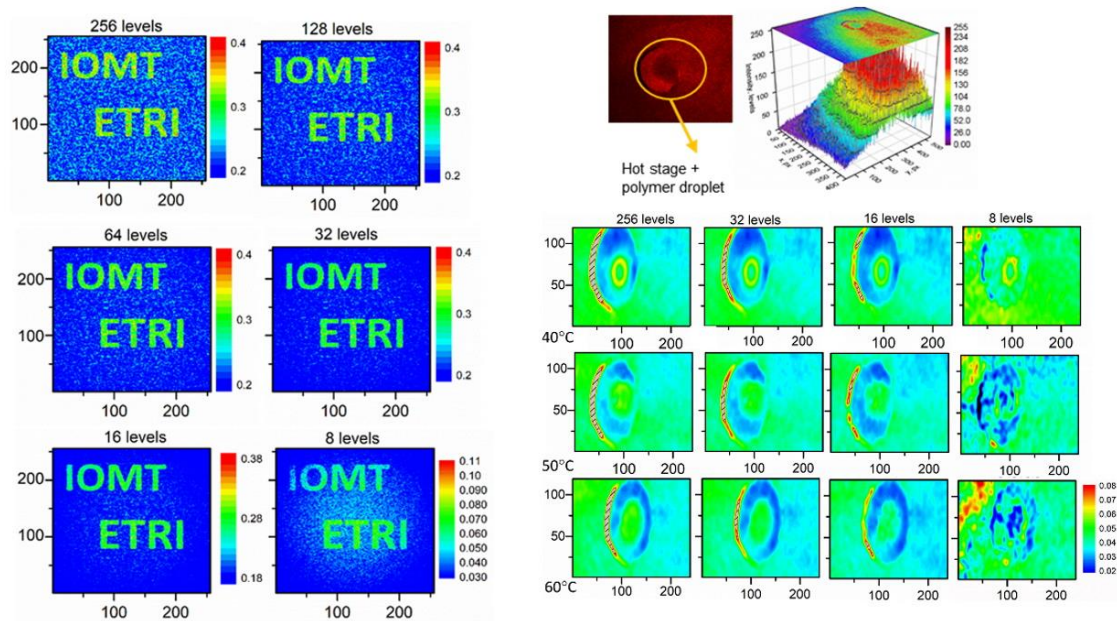
ИОМТ активно използва възможностите на програмата COST за осъществяване на международно сътрудничество, като през 2020 участва в 2 акции: 1) CA17123 “Ултра бърза опто-магнито-електроника за неразсейващи информационни технологии”; 2) CA18823 (06/11/2019- 05/11/2023) “Future Communications with Higher Symmetric Engineered Artificial Materials” SYMAT. Успешно се изпълнява европейският проект „Dissipationless topological channels for information transfer and quantum metrology“ ТОСНА 824140 по програма Хоризонт 2020 , като е закупена и пусната в експлоатация апаратура на стойност 180 000 лв. Стартира изпълнението на проект по програмата M-ERA.NET ”Функционални 2D материали и хетероструктури за хибридни спинтронно-мемристивни устройства” с партньори от ИФТТ-БАН, Каталонски институт по нанонаука и нанотехнологии, ICN2, Испания и Националния институт по физика на материята, Румъния. През втората половина на 2020 г. се проведе редица онлайн технически срещи и консултации във връзка със стартирането в началото на 2021 г. на проект по Хоризонт 2020 Plenoptic Imaging (PLENOPTIMA) H2020 Marie Sklodowska-Curie Innovative Training Network No 956770 за съвместно обучение на докторанти, в който съизпълнители освен ИОМТ са изследователски групи от Университета на Тампере – Финландия, INRIA – Франция, Университета на Средна Швеция, Техническият университет в Берлин, Германия. През 2020 г. са спечелени два проекта към ФНИ за провеждане на съвместни изследвания с изследователски групи от Китай и Русия, както и проект по програма „Петър Берон“ на ФНИ, по който се отпуска двегодишна стипендия за изследвания на висококвалифициран изследовател от Института по нанонаука и нанотехнология в Атина, Гърция.

ИОМТ осъществява активно сътрудничество с Националния Чиао Тунг Университет в Тайван по линията на ЕБР, като в рамките на този проект за 2020 г. има участие в две международни конференции, проведени в Тайван, където са представени 2 поканени доклада и 5 постера. ИОМТ съвместно с колегите от Университета участва в научния сборник “Roadmap on Holography”, публикуван в списанието Journal of Optics на IOP Publishing. Като резултат от съвместната работа по ЕБР с Италия са проведени изследвания в областта на създаването и спектроскопското характеризиране на прозрачни електроди от графен върху гъвкави цикло-олефин подложки за терахерцови електро-оптични приложения, които са публикувани в списание от категорията Q1.

През 2020 г. бе сключено споразумение за съвместни изследвания в областта на цифровата холорафия и оптичната метрология с Изследователския институт по електроника и телекомуникации на Южна Корея. В рамките на споразумението бе изпълнен 9-месечен проект, финансиран по договор No.2019-0-00001 „Development of Holo-TV Core Technologies for Hologram Media Services“ на Министерството на науката и информационните технологии на Южна Корея. Получени са резултати в областта на поляризационния холорафски запис и в динамичната спекъл метрология. Резултатите са представени на две международни конференции, като едната е на OSA и са публикувани в три статии с импакт-фактор (2 от



категория Q1 и 1 от категория Q2) и 1 доклад в сборник, рефериран в WoS. В областта на поляризационната холография е проучена фотоиндуцираната хиралност в тънки слоеве на базата на азополимера PAZO, като са изследвани нанокмпозитни образци при дотиране на азополимера с  $TiO_2$  НЧ. Изучена е зависимостта на изходната елиптичност и ъгъла на само-завъртане на поляризационния азимут от елиптичността на входното лъчение. Оценена е ефективната стойност на фотоиндуцираното кръгово двулъчепречупване, както и дифракционната ефективност на записаните поляризационни холографски решетки. В областта на динамичния спекъл анализ е предложено компресиране на спекъл данните чрез грубо квантуване на интензитета в записаните спекъл картини. Предложени са алгоритми за компресиране за случаите на ниско и високо контрастен спекъл при равномерно и неравномерно осветяване на образеца. Ефективността на моделирането е доказана чрез моделиране и обработка на данни от съхненето на капка от полимерен разтвор (фиг.8).



Фиг.8. Карти на активността в динамичния спекъл анализ, получени при различни нива на квантуване на интензитета в серия от 256 симулирани (отляво) и експериментални (отдясно) спекъл изображения. Експериментът показва съхнене на капка от полимер върху термомасичка при различни температури.

Продължава съвместната работа на специалисти от ИОМТ с научни групи от LCS-Саен, Франция, Университета на Тампере, Финландия, Технологичен Университет - Дъблин, Ирландия, Корейския институт по електронни технологии в Сеул, Южна Корея, Лабораторията по твърдотелна химия към Университета на Пардубице и Химически факултет към Технологичния университет на Бърно, Чехия, Университета на Дейтън, Охайо, САЩ. Въпреки че през годината нямаше посещения от чуждестранни учени в ИОМТ, проведени са многобройни онлайн срещи с научни групи от Европа, Азия и Америка.

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

ИОМТ-БАН с финансовата подкрепа на Ръководството на БАН проведе поредния, тринадесети Пролетен семинар на докторантите и младите учени „Интердисциплинарна химия“ от 22 до 24 юни под формата на уебинар, поради извънредните мерки, свързани с пандемията от корона-вирусна инфекция. В него взеха участие 32 докторанти, млади учени и постдокторанти от единадесет института на БАН и два университета. Въпреки, че го нямаше директният контакт между участниците, възможностите, които тази нова форма предостави имаха и своите предимства. Тя позволи към Семинара да се присъединят и колеги, намиращи се извън България, както и да бъдат изпълнени поставените цели. Традиционно, в програмата се включиха с научно-образователни лекции от областта на химията, физиката и материалознанието водещи учени от ИМБ, ИОХФЦ, ИК, ИП, ИФТТ, ИФХ и СУ. В пролетните семинари на докторантите и младите учени от БАН до момента са взели участие 286 млади учени, докторанти, студенти и постдокторанти, а 56 изявени български учени, работещи в актуални области на съвременната наука със 100 научни доклада са допринесли за утвърждаването на Семинара като важно събитие в научния каледар.



Фиг.9. Онлайн провеждане на Пролетния семинар „Интердисциплинарна химия“.

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

- Югозападен Университет "Неофит Рилски", инженерна физика I част (30 часа), инженерна физика II част (30 часа), електротехнически материали (30 часа), нанотехнологии и наноелектроника (30 часа), биофизика (15 часа), приложна физика (15 часа), пречистване на флуиди (30 часа);
- Химикотехнологичен и металургичен университет – София, органична химия I и II част (320 часа лекции и упражнения); въведение в инженерната химия (на немски език - 30 часа); физика II част / електричество и магнетизъм/ (на френски език – 30 лекции и 30 часа лабораторни упражнения); Физика I /механика/ - семинарни упражнения (на немски език - 15 уч. часа); Физика II част - лабораторни упражнения (на български език) – 90 часа).
- Висше училище по телекомуникации и пощи, виртуални технологии в бизнеса (30 часа), интегрирани информационни системи за управление (30 часа), основи на

електрониката (30 часа лекции и 30 часа упражнения), управленски информационни системи (20 часа).

- Технически университет – София, холография (40 часа).

Продължават да се изпълняват договорите за партньорство за провеждане на практическо обучение на студенти между ИОМТ-БАН и Техническият Университет–София и между ИОМТ-БАН и Химикотехнологичния и Металургичен университет. През 2020 г. са проведени 6 стажа в ИОМТ на студенти от СУ, ХТМУ, ПУ, ТУ-София и Университета на Манчестър.

Специалисти от ИОМТ са осъществили ръководство на 8 дипломанти:

1 дипломант магистър от Националния Чиао Тунг Университет в Тайван, 2 дипломанта магистри от Югозападния университет „Неофит Рилски“ и 1 дипломант от СУ „Кл. Охридски“; 2 дипломанти бакалаври от СУ „Кл. Охридски“ и 2 дипломанти бакалаври от Югозападния университет „Неофит Рилски“.

ИОМТ участва в обучение на докторанти по програми, утвърдени от Центъра за обучение към БАН:

- Специализиран курс „Поляризационна холография и приложения: Холографски запис на информация в анизотропни среди“ (30 часа);
- Специализиран курс „Електронната микроскопия и електронната дифракция в структурния и фазов анализ на материалите“ (45 часа).

През 2020 в ИОМТ се обучаваха трима редовни и двама задочни докторанти по докторска програма 4.1. Физически науки (Електрични, оптични и магнитни свойства на кондензираната материя) и един задочен докторант по 4.2 Химически науки (Физикохимия). През годината са защитени 3 дисертации за ОНС „доктор“. Във връзка с акредитацията на трите докторски програми в ИОМТ бе осъществена онлайн проверка на експертни групи, назначени от НАОА. В ИОМТ се провежда обучение по две докторски програми по направление 4.1 и една докторска програма по направление 4.2. Специалист от ИОМТ е ръководител на докторант в Националния Чиао Тунг университет, Тайван. През 2020 г. стартира набиране на кандидати за двете докторантури по проект PLENOPTIMA, които ще се обучават съвместно от ИОМТ, Университета на Тампере, Финландия и Техническият университет на Берлин.

Специалисти от ИОМТ са участвали в изпитни комисии в Националния Чиао Тунг университет в Тайван (2), ИОМТ (3), Институт по електрохимия и енергийни системи (1) и Институт по физика на твърдото тяло (1).

## **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**

Производството на растерни решетки, нониуси и мири на базата на разработена в ИОМТ неорганична фоторезистна система е основа за ефективно сътрудничество с Оптима-Електроник ЕООД в гр. Пловдив.

### **5.2. Извършен трансфер на технологии**

Една заявка за изобретение с участието на специалист от ИОМТ и заявител ИЕ –БАН се намира в експертиза. Издадено е свидетелство за полезен модел със заявител ИОМТ и е подадена една заявка за полезен модел със заявител ИОМТ.



## **6. СТОПАНСКА ДЕЙНОСТ НА ИОМТ**

### **6.1. Осъществяване на съвместна стопанска дейност с външни организации и партньори**

През 2020 г. от такава дейност са постъпили общо 22 803 лв.

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

През 2020 г. като получен наем за предоставеното на ИОМТ за стопанисване недвижимо имущество са отчетени **8 240 лв.** Съгласно нормативните изисквания, половината от тази сума е издължена на БАН – Администрация по Партида „Развитие”.

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

През изтеклата година от дължимите сервизни такси на наемателите /СКА ООД, АРВИ ПРИНТ ЕООД и АБОГАДОС ЕООД/ са получени 3000 лв.

Платени са такси от докторанти в размер на 1150 лв.

## **7. КРАТЪК АНАЛИЗ НА ФИНАНСОВОТО СЪСТОЯНИЕ НА ИОМТ ЗА 2020 г.**

Полагаемата се за ИОМТ бюджетна субсидия за 2020 г. е в размер на 1 584 905 лв., а получената в отчетната година – 1 553 069 лв., като оставащите 31 836 лв. се очаква да бъдат получени след гласуване на втора корекция за 2020 г. от ОС на БАН. Основните пера, по които тя е разходвана, са:

- 1 214 469 лв. за плащания към персонала, нает по трудови правоотношения;
- 4 993 лв. за възнаграждения по болнични листове съгласно КСО;
- 5 567 лв. изплатени обезщетения по чл.224, ал. 1 от КТ за неизползван отпуск;
- 16 155 лв. изплатени обезщетения по чл.222, ал. 3 от КТ при пенсиониране;
- 30 838 лв. за изплащане на стипендии на редовните докторанти;
- 13 753 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;
- закупени са ДМА – 0,00 лв.;
- от субсидията са платени данък сгради и такса битови отпадъци на стопанисваните от ИОМТ недвижими имоти – 4 461 лв.;
- с остатъка от субсидията е покрита регламентираната част от издръжката на звеното.

От класираните във ФНИ МОН през 2018 г. договори, ИОМТ участва в два от тях като партньорска организация – Н29/7 и Н29/10 (координатор за ИОМТ доц. Р. Томова) и през м. август 2020 г. проектите бяха отчетени пред базовата организация и ФНИ.

Продължи работата по 2-ри етап на договор ДН 08/9 (ръководител за ИОМТ като партньорска организация проф. В. Маринова). Предстои отчитане на проекта през м.02.2021 г.

1-ви етап по договор Н 28/8 от 2018 г. с ръководител проф. В. Маринова продължи да се изпълнява. Представяне на отчет през м.02.2021 г.

Като партньорска организация по договор КП-06-Н33/1 с ръководител проф. Н. Малиновски, са получени 30 000 лв за изпълнение на етап 1.

На 27.04.2020 г. и на 14.08.2020 г. е получено финансиране в размер на 3 600 лв. по проект ДСД 15 с ръководител гл. ас. Н. Берберова - Бухова. Договорът е приключен и отчетен през м.09.2020 г.

На 19.06.2020 г. е получен трансфер по международната програма „Хоризонт 2020” /ТОСНА/ в размер на 52 690 лв. Водещи учени: проф. В. Маринова и доц. Д. Димитров.

На два транша през м.май и м.септември на 2020 г. бяха получени 50 616 лв (30 000 USD) по съвместен проект с Electronics and Telecommunications Research Institute (ETRI), Южна Корея, с ръководител проф. Е. Стойкова. Договорът бе отчетен пред партньорите от корейска страна през м.11.2020 г.

Изпълнява се и Програма М-ЕРА с ръководител проф. В. Маринова.

През 2020 г. паралелно с изброените по-горе, продължи работата по вторите етапи на договорите, стартирали в края на 2016 г., за които ИОМТ е базова организация (ДН 08/10 – проф. Д. Назърва, ДН 08/13- проф. Е. Стойкова и ДН 08/15 – проф. Ц. Бабева) и по вторите етапи на тези от 2017 г., в които Институтът е партньорска организация (ДН 17/7- проф. Е. Стойкова – 18 000 лв, ДН 18/5 – проф. Д. Назърва – 12 000 лв, ДН 17/22 – гл. ас. Б. Георгиева – 11769,35 лв и ДН 17/18 – проф. Ц. Бабева – 15 000 лв). Първите два от тях бяха приключени и отчетени във ФНИ през м. ноември и декември 2020 г., в началото на 2021 г. се отчете и ДН 08/10.

Продължава втори етап на ДН 18/8 от 2017 г. с ръководител доц. Г. Дянков (ИОМТ е базова организация).

Активен през отчетната година бе и договор КП-06 COST на проф. В. Маринова, както и договор ИНФРАМАТ с координатор от страна на ИОМТ гл. ас. К. Лазарова, поредният етап на който бе отчетен в началото на м. септември.

Изпълняват се и следните договори – КП-06-М38/2 с ръководител гл. ас. Н. Берберова–Бухова, КП-06-Н38/7 с ръководител доц. К. Ловчинов, КП-06-Н38/8 ръководител доц. Р. Тодоров и КП-06-Н35/15 ръководител доц. Л. Неделчев.

През месеците ноември и декември 2020 г. се получи финансиране от ФНИ МОН по четири нови договора – КП-06 Китай/1 с ръководител проф. Г. Дянков – 20 000 лв, КП-06 Русия/7 с ръководител проф. Е. Стойкова – 20 000 лв, КП-06-ДБ/3 Петър Берон ръководител проф. В. Маринова – 120 000 лв, КП-06-М 48/3 с ръководител д-р Р. Георгиев – 30 000 лв.

Успешно приключи обществена поръчка за закупуване на ДМА в рамките на работата на Национален център по мехатроника и чисти технологии, в който ИОМТ е партньор.

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

- изплатени извънтрудови възнаграждения в размер на 117 578 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;
- са придобити дълготрайни материални активи (апаратура и оборудване) на стойност 181 140 лв.;
- извършено е авансово плащане за доставка на апаратура на стойност 409 574 лв;
- за материали с общо и специализирано предназначение, компютърни компоненти, принадлежности и тонер са изразходвани 88 046 лв.;
- за външни услуги, от които значителна част са таксите правоучастие – 12 206 лв;

- за участие в различни научни прояви са осъществени командировки в страната за 11 507 лв. и в чужбина за 2 166 лв.

През 2020 г. ИОМТ продължи да води последователна финансова политика, съобразена с икономическата обстановка в страната и с бюджетните ограничения, наложени на БАН през последните години. Оптимизъм внася нарастналият брой проекти, получили финансиране през последните пет години, което създава предпоставка за нормалното развитие и изпълнение на научно-изследователската дейност на Института.

## 8. ИЗДАТЕЛСКАТА И ИНФОРМАЦИОННАТА ДЕЙНОСТ НА ИОМТ.

Информацията за издателската и информационна дейност на ИОМТ през 2020 г. е въведена в системата SONIX на БАН. Списъкът на излезлите от печат публикации през 2020 г. и списъкът на цитиранията през 2020 г. са приложени към настоящия отчет във вида им, генериран от системата SONIX. Общият брой публикации за 2020 г. е 89, като 73 са излезли от печат и 16 публикации са приети за печат. Разпределението на публикуваните и приетите за печат трудове по приетите от Общото събрание на БАН категории е дадено по-долу.

<b>Публикувани трудове за 2020</b>	73
Публикации в WoS и Scopus	66
Публикации с импакт-фактор (IF) и импакт-ранг (SJR)	58
Q1 (оглавява ранглиста)	2
Q1	20
Q2	23
Q3	3
Q4	3
Публикации с импакт-ранг (SJR)	7
Публикации в WoS и Scopus без IF и SJR	8
Реферирани научни публикации в издания, неиндексирани в WoS, Scopus	7

<b>Приети за публикувани трудове за 2020</b>	16
Публикации в WoS и Scopus	16
Публикации с импакт-фактор (IF) и импакт-ранг (SJR)	15
Q1 (оглавява ранглиста)	1
Q1	5
Q2	2
Q3	2
Q4	0
Публикации с импакт-ранг (SJR)	5
Публикации в WoS и Scopus без IF и SJR	1

За 2020 г. са забелязани 606 цитата, които са разпределени както следва:

В WoS и Scopus	509
В други международни издания и патенти	77
В национални издания	5

В дисертации в чужбина	12
В материали от депозитни бази	3

Информационната дейност на ИОМТ включва и поддържането на уебсайта на института <http://www.iomt.bas.bg>. 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, сервиз и бекъп на всички сайтове на ИОМТ, което включва ежеседмична актуализация на системния софтуер, ежеседмичен бекъп на съдържанието на сайтовете, ежемесечно архивиране на съдържанието на сайтове на отдалечен носител, текуща корекция на забелязани бъгове в софтуера на бекенда и фронтенда, периодично рефакториране на кода на сайтовете. През 2020 г. се извърши преминаване на отдалечен хостинг на виртуален сървър на сайтовете на ИОМТ чрез пазарно проучване на възможностите за миграция към външен сървър и прехвърляне на сайта на отдалечен хостинг без прекъсване на обслужването. Овладяна е операционната система и настройка на виртуалния сървър и е направена защита на сайта на новия хостинг със SSL сертификат. Направен е пълен преглед на софтуера на сайта за целево рефакториране на кода на бекенда във връзка с преминаването към нова версия на използвания език (PHP 7.2+) за да се замени остарялата и неподдържана версия PHP 5.+. Извършени са около 90 промени. През 2020 г. е създаден сайтът Мима 2020 <https://iomt.bas.bg/projs/mima2020/> и са обновени сайтове Инфрамат [https://iomt.bas.bg/projs/inframat\\_2019/](https://iomt.bas.bg/projs/inframat_2019/) и Програма „Образование и наука“ [https://iomt.bas.bg/projs/buhova\\_2020/](https://iomt.bas.bg/projs/buhova_2020/). Създадена е нова функционалност на сайта на ИОМТ: софтуерна възможност за качване на лични страници на хабилитираните лица на стр. „Структура“. През годината уебсайтът е посетен общо 3 641 пъти от 2 191 уникални адреса. Общият брой посещения от създаването му през 2011 г. е над 527 000 пъти от над 67 000 уникални адреса или средно около 160 пъти дневно.

Учени от ИОМТ са изготвили 123 анонимни рецензии на статии в реномирани списания и поредици в световните бази данни Web of Science и Scopus като Applied Optics, JOSA A, JOSA B, Journal of Applied Physics, Optik, Optics Communications, Optical Materials, Optics Letters, OSA Technical Digest, Sensors, Polymers, Crystals, Thin Solid Films, Journal of Molecular Structure и други.

## 9. ИНФОРМАЦИЯ ЗА НАУЧНИЯ СЪВЕТ НА ИОМТ

1. Проф. дхн Никола Малиновски (ИОМТ)
2. Проф. д-р Цветанка Бабева (ИОМТ)
3. Проф. дфн Елена Стойкова (ИОМТ)
4. Проф. дфн Вера Маринова (ИОМТ)
5. Доц. д-р Даниела Карашанова (ИОМТ) – Председател
6. Доц. д-р Рени Томова (ИОМТ) - Зам. Председател
7. Проф. д-р Димана Назърва (ИОМТ)
8. Доц. д-р Юлита Дикова (ИОМТ)

9. Доц. д-р Силвия Ангелова(ИОМТ)
10. Доц. д-р Виолета Маджарова (ИОМТ)
11. Проф. д-р Георги Дянков (ИОМТ)
12. Доц. д-р Константин Ловчинов (ИОМТ)
13. Доц. д-р Росен Годоров (ИОМТ)
14. Доц. д-р Деян Димов (ИОМТ)
15. Проф. д-р Диана Нешева (ИФТТ)
16. Проф. д-р Евелина Славчева (ИЕЕС)
17. Проф. д-р Радостина Стоянова (ИОНХ)
18. Проф. д-р Васко Идакиев (ИК)

Научният съвет е избран на 15.01.2019 г. от ОСУ на ИОМТ (протокол No 28/15.01.2019). На 24.01.2020 г. за член на Научния съвет на ИОМТ бе избрана от ОСУ на ИОМТ доц. д-р Силвия Ангелова на мястото на доц. д-р Ивайло Живков, отстранен по чл.41 от Устава на БАН (протокол No 31/24.01.2020).

## **10. КОПИЕ ОТ ПРАВИЛНИКА ЗА РАБОТА В ИОМТ**

През 2019 не са правени промени в Правилника за работа на ИОМТ. Правилникът се намира на уебсайта на ИОМТ (<http://www.iomt.bas.bg/структура/>).

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

БАН –Българска Академия на Науките  
 ЕБР –двустранно споразумение в БАН  
 ЕС –Европейски съюз  
 ИЕЕС –Институт по електрохимия и енергийни системи  
 ИОМТ –Институт по оптически материали и технологии  
 ИОНХ –Институт по обща и неорганична химия  
 ИОХЦФ - Институт по органична химия с център по фотохимия  
 ИП –Институт по полимери  
 ИК –Институт по катализ  
 ИФТТ –Институт по физика на твърдото тяло  
 ИЧ – инфрачервен  
 КТ – Кодекс на труда  
 МОН – Министерство на образованието и науката  
 НЧ - наночастица  
 OLED – органични светоизлъчващи диоди  
 ОСУ – Общо събрание на учените  
 СУ – Софийски университет  
 ФНИ – Фонд за научни изследвания

ХТМУ –Химикотехнологичен и металургичен университет  
AIP – American Institute of Physics  
COST – European Cooperation in Science and Technology  
IEEE -Institute of Electrical and Electronics Engineers  
IF – импакт-фактор  
IOP – Institute of Physics  
OSA – Optical Society of America  
SJR – импакт-ранг  
SPIE –The international society for optics and photonics