



БЪЛГАРСКА АКАДЕМИЯ НА НАУКИТЕ
ИНСТИТУТ ПО ФИЗИКА НА ТВЪРДОТО ТЯЛО
„Акад. Георги Наджаков“



ГОДИШЕН ОТЧЕТ

Институт по физика на твърдото тяло -БАН

2024 ГОДИНА

СОФИЯ 2025 г.



СЪДЪРЖАНИЕ

НАУЧНИ ЗВЕНА НА ИФТТ-БАН	2
1. ПРОБЛЕМАТИКА НА ИНСТИТУТА ПО ФИЗИКА НА ТВЪРДОТО ТЯЛО „АКАД. ГЕОРГИ НАДЖАКОВ“	4
2. РЕЗУЛТАТИ ОТ НАУЧНОИЗСЛЕДОВАТЕЛСКАТА ДЕЙНОСТ НА ИНСТИТУТ ПО ФИЗИКА НА ТВЪРДОТО ТЯЛО ПРЕЗ 2024 Г.	11
3. ОБОБЩЕНИЕ НА РЕЗУЛТАТИТЕ ОТ НАУЧНОИЗСЛЕДОВАТЕЛСКАТА ДЕЙНОСТ ПРЕЗ 2024 Г.	13
Направление „ТЕОРИЯ“	14
Направление „ФУНКЦИОНАЛНИ МАТЕРИАЛИ И НАНОСТРУКТУРИ“	16
Направление „НАНОФИЗИКА“	22
Направление „ФИЗИКА НА МЕКАТА МАТЕРИЯ“	24
Направление „ФИЗИЧЕСКА ОПТИКА И ОПТИЧНИ МЕТОДИ“	30
Направление „ЛАЗЕРНА ФИЗИКА И ФИЗИКА НА АТОМИТЕ,	35
МОЛЕКУЛИТЕ И ПЛАЗМАТА“	35
3.1.НАЙ-ЗНАЧИМО НАУЧНО ПОСТИЖЕНИЕ ЗА 2024 Г.	37
3.2.НАЙ-ЗНАЧИМО НАУЧНО-ПРИЛОЖНО ПОСТИЖЕНИЕ ЗА 2024 Г.	38
4. МЕЖДУНАРОДНО НАУЧНО СЪТРУДНИЧЕСТВО НА ИНСТИТУТА ПО ФИЗИКА НА ТВЪРДОТО ТЯЛО ПРЕЗ 2024 Г.	39
5. УЧАСТИЕ НА ИНСТИТУТА ПО ФИЗИКА НА ТВЪРДОТО ТЯЛО В ПОДГОТОВКАТА НА СПЕЦИАЛИСТИ ПРЕЗ 2024 Г.	40
6. ИНОВАЦИОННА ДЕЙНОСТ НА ИНСТИТУТ ПО ФИЗИКА НА ТВЪРДОТО ТЯЛО И АНАЛИЗ НА НЕЙНАТА ЕФЕКТИВНОСТ ПРЕЗ 2024 Г.	43
7. СТОПАНСКА ДЕЙНОСТ НА ИНСТИТУТА ПО ФИЗИКА НА ТВЪРДОТО ТЯЛО И АНАЛИЗ НА НЕЙНАТА ЕФЕКТИВНОСТ ПРЕЗ 2023 Г.	44
8. КРАТЪК АНАЛИЗ НА ФИНАНСОВОТО СЪСТОЯНИЕ НА ИНСТИТУТА ПО ФИЗИКА НА ТВЪРДОТО ТЯЛО ЗА 2024 Г.	45
9. ИНФОРМАЦИОННА ДЕЙНОСТ НА ИНСТИТУТА ПО ФИЗИКА НА ТВЪРДОТО ТЯЛО ПРЕЗ 2024 Г.	45
10. ИНФОРМАЦИЯ ЗА НАУЧНИЯ СЪВЕТ НА ИНСТИТУТА ПО ФИЗИКА НА ТВЪРДОТО ТЯЛО ПРЕЗ 2024 Г.	52
11. ПРАВИЛНИК ЗА РАБОТАТА НА ИНСТИТУТА ПО ФИЗИКА НА ТВЪРДОТО ТЯЛО	53



НАУЧНИ ЗВЕНА НА ИФТТ-БАН

1. Направление „Теория“

1.1. „Теоретичен отдел“

Научноизследователските интереси на направлението са свързани с квантовата теория на кондензираната материя и статистическата физика. По-конкретно, те обхващат изследвания в областите квантов магнетизъм, нелинейни явления и математическо моделиране на физическите процеси в кондензирани среди.

2. Направление „Функционални материали и наноструктури“

2.1. Лаборатория „Физика на материалите и ниските температури“

2.2. Лаборатория „Физични проблеми на микроелектрониката“

2.3. Лаборатория „Акустоелектроника“

Научните и научно-приложни разработки на направлението са в съответствие с програмите за иновации и създаване на нови технологии, гарантиращи устойчиво развитие и конкурентоспособност на българската и европейска икономики. Изследванията са насочени към придобиване на нови знания за фундаменталните свойства на материалите и използването им за разработка на микро-, нано-, опто- и акустоелектронни устройства за биомедицински, стоматологични и сензорни приложения. Научноизследователските области на направлението обхващат физика и технология на комплексни кристали, тънки диелектрични и проводящи слоеве и хетероструктури на тяхна основа, както и наноструктури на основата на въглеродни сажди, приложими в криобиологията и репродуктивната медицина. Проблематиката е в съответствие с основните национални приоритети и тези на международни програми на Европейската общност, както следва: наноелектроника; телекомуникации; информационни технологии; информационно общество; екология и опазване на околната среда; медицина и здравеопазване. Научната дейност се извършва в условия на активно международно сътрудничество.

3. Направление „Нанозфизика“

3.1. Лаборатория „Фотоелектрични и оптични явления в широкозонни полупроводници“

Научноизследователската дейност на направлението е свързана с изследвания на термично и фотоиндуцирани явления; получаване на наноструктурирани и аморфни оксидни и халкогенидни тънки слоеве, синтезирани чрез физични и химични методи, и изучаване на свойствата им за потенциални приложения в енергонезависими памети; УВ и гама детектори; газови сензори; фотокатализа; синтез на многослойни структури с изкуствена периодичност.

4. Направление „Физика на меката материя“

4.1. Лаборатория „Течни кристали и биомолекулни слоеве“

Научноизследователската дейност на направлението е насочена към фундаментални и приложни изследвания в областта на физиката на кондензираната материя и мултифункционалните материали по научни приоритети обвързани с



актуални обществени предизвикателства, като „Подобряване на качеството на живот – храни, здраве, опазване на околната среда“ и „Енергия и енергийна ефективност – ефективно оползотворяване на природни ресурси“ на Националната стратегия за развитие на научните изследвания в Република България (НСРНИРБ) за периода 2017-2030 г. Имайки предвид необходимостта от баланс в научните изследвания, заложена в НСРНИРБ, съществена част от дейността на направлението съставляват научните разработки в няколко приоритетни направления: Здраве и качество на живот; Опазване на околната среда; Екологичен мониторинг; Оползотворяване на суровини и биоресурси; Материалознание и нанотехнологии. Областите на научен интерес обхващат термотропни и лиотропни течни кристали, механични характеристики на липидни мембрани и взаимодействието им с различни биологично-активни молекули, фотостимулирани ефекти в течни кристали потенциално приложими във фотониката, съхранение на енергия и биомедицина, електрични свойства на биологични и моделни мембрани и биофлексоелектричество, разработка на комплексни биологични системи за пренос и целева доставка на лекарствени препарати в кръвта, с потенциал за диагностика и третиране на ракови заболявания, както и нано- и диафилтрация на винени продукти.

5. Направление „Физическа оптика и оптични методи“

5.1. Лаборатория „Оптика и спектроскопия“

Научноизследователските интереси на направлението се фокусират върху линейната и нелинейна оптика и спектроскопия, оптика и спектроскопия на термотропни течни кристали и други анизотропни среди, интегрална оптика, холографски дифракционни решетки, фиброоптика, Раманова спектроскопия, многослойна и тънкослойна оптика, теоретични методи в оптиката, както и квантова оптика. Посочените научни области съответстват на редица цели, приоритетни направления и тематики на национални и европейски стратегии и програми, както следва: Материалознание, нано и квантови технологии; Здраве и качество на живот, превенция, ранна диагностика и терапия, зелени, сини и екотехнологии, биотехнологии, екохрани; Мехатроника и чисти технологии; Опазване на околната среда, екологичен мониторинг, оползотворяване на суровини и биоресурси, пречистващи и безотпадни технологии.

6. Направление „Лазерна физика и физика на атомите, молекулите и плазмата“

6.1. Лаборатория „Атомна спектроскопия“

6.2. Лаборатория „Лазери с метални пари“

Научноизследователските дейности в направлението са концентрирани върху изследване и разработване на нови лазерни източници и тяхното приложение; фемтосекундни лазери; нелинейна оптика; физика на плазмата и газовия разряд, лазерно индуцирана плазма; аналитична атомна спектроскопия, археометрия; квантов контрол и квантови компютри; квантова оптика; манипулация на лазерно охладени атоми с външни полета. Посочените научни области отговарят на конкретни цели, приоритетни направления и тематики на национални и европейски стратегии и програми, както следва: Културно-историческо наследство, национална идентичност и развитие на културата на обществото; Енергия и енергийна ефективност, ефективно оползотворяване на природни ресурси; Информационни и комуникационни технологии.



1. ПРОБЛЕМАТИКА НА ИНСТИТУТА ПО ФИЗИКА НА ТВЪРДОТО ТЯЛО „АКАД. ГЕОРГИ НАДЖАКОВ“

1.1. Преглед на изпълнението на целите (стратегически и оперативни) на звеното, оценка на постигнатите резултати и на перспективите на звеното в съответствие с неговата мисия.

Институтът по физика на твърдото тяло „Акад. Георги Наджаков“ (ИФТТ) към БАН провежда фундаментални и научно-приложни изследвания в модерни направления на физиката на кондензираната материя, физиката на атомите, молекулите, плазмата и лазерите, физиката на течните кристали и на живата материя. Същевременно, научноизследователската дейност е интердисциплинарна и съчетава по уникален начин редица основни научни области, като химия, биология, материалознание, биомедицина, дентална медицина, репродуктивна медицина, инженерство и археология.

Изминалата 2024 година продължи стремително и устойчиво да надгражда над половин вековното научно наследство, с поглед към нови и неизследвани хоризонти в науката. ИФТТ, като изследователски център с изградени научни традиции, продължава уверено да повишава нивото на научната продукция и чрез своя общественоразумим принос към европейската и световна наука, да възвръща международните позиции на българската наука, утвърждавайки и разширявайки участието на българската научна общност в европейското изследователско пространство.

Научните изследвания, проекти и иновации на института следват приоритетите заложили в националните и европейски стратегии за развитие на научните изследвания: нанотехнологии и нови материали, информационни, комуникационни и биотехнологии, енергийна ефективност, здравеопазване, околна среда, качество на живот, опазване на културното и историческо наследство.

Основните области на научен интерес, които активно се развиват в ИФТТ-БАН са:

- Квантови технологии на основата на наномагнитни системи с едно-йонни молекулни магнити; позитронна аниhilация с потенциал за охарактеризиране на радиационни нарушения на ядрени материали (уран, плутоний, торий); изследване на възможностите за кохерентен контрол върху състоянието на квантов бит.
- Израстване на кристали и тяхната характеризация; отлагане на тънкослойни метал-оксидни покрития; синтез на 2-D материали като графен, графеноподобни и графенопроизводни съединения с потенциални приложения в електрониката, сензориката и системи за съхранение на енергия.
- Физика и технология на тънки и ултратънки диелектрични и полупроводникови слоеве, и тяхната интеграция в различни микро- и наноелектронни устройства; приложение на мултислойни диелектрични слоеве в памети за съхранение на заряд; нови концепции за моделиране на памети (например, памети основаващи се на резистивно превключване); микроелектронни газови сензори; магнитотранзистори и магниторезистори.
- Разработка на пиезореzonансни сензори за прецизен контрол на качеството на атмосферния въздух, както и за детекция на денатуранти във фалшиви алкохолни напитки, оценка на качеството на човешка семенна течност и комплексен биохимичен анализ на човешка урина; неомокряеми кварцови резонатори за детекция на фазови



преходи (например, кондензация, изпарение, кристализация).

- Кριοконсервация на човешка семенна течност чрез неомокряем твърдотелен интерфейс; функционална активация на човешки сперматозоиди чрез хидрофобни наночастици от въглеродни сажди.

- Получаване и изследване на свойствата на наноструктурирани и аморфни оксидни и халкогенидни тънки слоеве с потенциални приложения в енергонезависими памети; УВ и гама детектори, газови сензори, както и синтез на многослойни структури с изкуствена периодичност.

- Интегриране на наночастици (златни, графенови, метал-оксидни) в липозоми и изследване на приложението им като капсули за пренос и целева доставка на лекарствени продукти в кръвта; нанофилтрация и диафилтрация на винени продукти с цел намаляване на алкохолното съдържание при запазване на качествата на продуктите (антиоксидантни свойства, вкусови качества, флаваноиди и др.); изследване на структурата и физичните свойства на нови течнокристални системи и композитни материали; изучаване на взаимодействията на липидни мембрани с различни биологично-активни молекули за установяване на влиянието им върху основни характеристики на мембраните, имащи пряко отношение към тяхната структура и функционалност.

- Фотоника, оптика и спектроскопия на нелинейни и анизотропни среди.

- Лазери, атоми и плазма, приложения и технологии (нанотехнологии, лазерни технологии, археометрия, медицина, екология); термоядрен синтез посредством лазерно лъчение; изучаване на физичните процеси в нискотемпературна плазма; охлаждане на рубидиеви атоми.

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

Научната дейност на ИФТТ-БАН през 2024 г. изцяло следва приоритетите на **Националната стратегия за развитие на научните изследвания в Република България** за периода 2017-2030 г. През 2024 г. Институтът продължи активното си участие в изпълнението на приоритетите на Националната стратегия за развитие на научните изследвания в Република България като постигна значителни резултати в следните ключови области:

- Материалознание, нано и квантови технологии

- Разработване на наноструктурирани материали и устройства с приложение в микроелектрониката, фотониката и енергийните системи.
- Синтез и изследване на квантови материали за бъдещи технологии като квантови компютри и сензори.
- *Изследване на high-k диелектрични наноструктури*- Разработени бяха енергонезависими памети и мемристивни устройства, като беше изследвана връзката между състава на материалите и техните операционни характеристики.
- *Монокристален растеж на NbSe₂* - Изследванията върху този материал допринесоха за разработката на иновативни устройства за съхранение на информация.
- *Наноструктурирани слоеве за дисплеи* - Извършени бяха експерименти със слоеве от ZnO, легирани с Al, с потенциални приложения в течно-кристални дисплеи.



- **Здраве и качество на живот. Превенция, ранна диагностика и терапия, зелени, сини и екотехнологии, биотехнологии**
 - Проучвания върху биосъвместими материали и наноструктури за целева доставка на лекарствени вещества.
 - Разработване на технологии за ранна диагностика и лечение на онкологични заболявания и биомедицински приложения.
 - *Антибактериални свойства на наноматериали* - Изследвани бяха 2D PtSe₂ нанослоеви с висока фотокаталитична активност за антимикробни приложения.
 - *Репродуктивна медицина* - Разработени бяха методи за оптимизиране на репродуктивния потенциал чрез използване на наночастици от въглеродни сажди.
 - *Терапевтични анализи* - Проведени бяха иновативни изследвания върху биофизичните свойства на еритроцити и ефекта на серумни антитела върху тяхната функция.
- **Енергийни източници и технологии**
 - *Електрохимични свойства на нанокомпозити*- Проучванията върху системи като PEO/PVP/NaIO₄/TiO₂ показаха потенциални приложения в съхранение на енергия, сензорика и гъвкава електроника.
 - *Лазерно индуцирани ядрени реакции* - За първи път бяха демонстрирани методи за разпад на хелиеви ядра чрез фемтосекундни лазерни импулси, които отварят нови възможности за чиста енергия.
 - Оптимизиране на материалите за соларни клетки и фотокатализатори.
 - Разработване на високоефективни енергийни устройства и компоненти за съхранение на енергия.
- **Екологични, зелени и безотпадни технологии**
 - Създаване на технологии за пречистване на води и въздух с помощта на наноматериали.
 - Разработване на решения за екологичен мониторинг и управление на природните ресурси.
- **Информационни и комуникационни технологии**
 - Изследвания в областта на фемтосекундната лазерна технология и лазерно-индуцирана плазма.
 - Разработване на оптични и фотонни технологии за сензорни приложения.
- **Национална идентичност и социално-икономическо развитие**
 - Участие в опазването на културното наследство чрез лазерни технологии за консервация и реставрация.
 - Организация на научни събития, насърчаващи развитието на млади учени и популяризиране на науката.
- **Съвременни енергийни източници и технологии**
 - Разработени бяха иновативни наноматериали за соларни клетки с подобрена ефективност, както и фотокатализатори за използване на слънчевата светлина в различни приложения.
 - Осъществени бяха изследвания върху термоелектрически материали за преобразуване на отпадна топлина в електрическа енергия.
 - Продължиха усилията за оптимизиране на процесите на енергиен добив чрез лазерно индуцирани плазмени технологии.
- **Мехатроника и чисти технологии.** ИФТТ-БАН активно работи върху внедряването на високотехнологични решения в областта на мехатрониката и чистите технологии:
 - Създадени бяха нови сензори с висока чувствителност за мониторинг на околната среда и индустриални процеси, базирани на наноструктурирани материали.



- Разработени бяха методи за използване на криогенни технологии и иновативни системи за диагностика в медицината и индустрията.
 - Институтът се утвърди като ключов партньор в рамките на Националния център за върхови постижения „Мехатроника и чисти технологии“, съдействайки за разработването на устойчиви технологии, които минимизират отпадъците.
 - Газови сензори от наноматериали. Разработени бяха двуслойни коаксиални кухи нановлакна от $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{ZnO}$, подходящи за мониторинг на замърсители.
 - Приложение на наноструктури в мехатрониката. Продължиха изследванията върху иновативни сензори и системи за автоматизация.
- **Информационни и комуникационни технологии**
- Разработени бяха нови оптични и фотонни компоненти за комуникационни системи с висока скорост и ниска енергийна консумация.
 - Направени бяха значителни изследвания върху фемтосекундни лазери за приложения в обработката на данни и квантови технологии.
 - Изследванията върху нови материали като графен и двуизмерни полупроводници разшириха потенциалните приложения в интегралната оптика и сензорните технологии.
- **Пречистващи и безотпадни технологии**
- *Превенция на пластмасовите замърсявания* – ИФТТ-БАН участва в проект „AquaHub“ по програма „Хоризонт Европа“, насочен към изграждане на балкански център за защита от микропластмасови замърсявания. Въпреки че проектът не получи финансиране, резултатите му обогатиха научната експертиза на института и поставиха основа за бъдещи инициативи.
 - *Лазерни технологии за анализ на замърсители* - След успешното завършване на проект по НИФ за разработка на лазерен източник с три дължини на вълната, институтът използва технологията за мониторинг на замърсявания във водни басейни.
 - *Иновативни решения за устойчиво управление*: -Разработени бяха нови механично устойчиви хидрофобни покрития, които възпрепятстват бактериалната пролиферация в открити водни басейни.

1.3. Полза/ефект за обществото от извършваните дейности.

През 2024 г. Институтът по физика на твърдото тяло (ИФТТ) при БАН продължи да допринася значително за обществото чрез своите научни изследвания и иновации.

В областта на **чистите технологии и опазването на околната среда**, ИФТТ надгради усилията си за превенция на пластмасовите замърсявания и въглеродоулавящи системи, както и разработване на фотонни сензорни ефекти за откриване и контрол на биогенни въздействия, спечелвайки 2 проекта по програма BG-RRP-2.012 за финансиране на докторантури и 2 проекта по програмата BG-RRP-2.017 за иновативни разработки в сферата на зелените и цифровите технологии. Това ще подпомогне обучението на млади специалисти и утвърдени учени които да разработват иновативни решения за екологични предизвикателства.

В областта на **съвременните енергийни източници и технологии**, ИФТТ демонстрира авангардни постижения в лазерно индуцирания ядрен синтез и разпад на хелиеви ядра. За първи път в света беше демонстрирано ускоряване на хелиеви атоми до енергии от порядъка на GeV чрез фемтосекундни лазерни импулси, което доведе до предизвикване на ядрени реакции и освобождаване на значителна енергия. Това постижение открива нови перспективи за разработването на чисти, ефективни и



високотехнологични енергийни източници, които могат да намалят зависимостта от изкопаеми горива.

В областта на **мехатрониката и чистите технологии**, ИФТТ предложи иновативен метод за синтез на двуслойни коаксиални кухи нановлакна от $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{ZnO}$, които са особено подходящи за чувствителни и надеждни газови сензори, намиращи приложение в различни индустрии, като химическата промишленост, енергетиката и автомобилната индустрия.

В сферата на **информационните и комуникационни технологии** институтът разработи нова концепция за полупроводников лазер с вертикален резонатор и излъчване от повърхността, интегриран с нематичен течен кристал. Тези системи намират приложение в цифровите центрове за данни, оптимизирайки управлението на информация.

В областта на **пречистващите и безотпадни технологии**, ИФТТ работи върху усъвършенстване на хидрофобни въглеродни покрития за предотвратяване на бактериалната пролиферация в открити водни басейни, което ще допринесе за по-добро качество на водите и опазване на здравето на обществото.

Институтът продължи да реализира научни разработки с висока обществена стойност и практически приложения и по отношение на **иновации в репродуктивната медицина**. Лаборатория „Акустоелектроника“ в сътрудничество със СБАЛГАР „Д-р Малинов“ разработи иновативен метод за борба с мъжкото безплодие. Този метод комбинира икономически ефективни нанотехнологии и репродуктивна биология чрез използване на свръххидрофобни покрития от въглеродни сажди. **В подкрепа за индустриални иновации**, Институтът предостави достъп до високотехнологично оборудване за спектрофотометрична охарактеризация на оптични и оптоелектронни елементи. Това подпомогна български компании като Аква Лид ЕООД, Оптикс АД, Оптеко и партнерс ООД, и Технооптикс ООД, чрез успешни съвместни проекти в областта на лазерните технологии, оптиката и оптоелектрониката. **Активна дейност бе насочена и към популяризиране на науката.** Институтът организира и участва в инициативи като Ден на отворените врати, Зимен семинар за младите учени и Есенния кариерен ден на Физическия факултет на СУ „Св. Климент Охридски“. Тези събития вдъхновяват млади хора да се насочат към научна кариера и изграждат връзка между науката и обществото.

Чрез своите разнообразни дейности ИФТТ-БАН продължава да допринася за иновациите в здравеопазването, технологичното развитие на индустрията и научното образование, демонстрирайки създаването на практически решения с директен положителен ефект върху обществото, икономиката и околната среда и утвърждавайки се като значим обществено-научен център.

1.4. Експертна дейност

През 2024 г. учени от ИФТТ взеха участие в различни колективни органи и комисии на национално и международно ниво. Кадри на института са част от научно-експертни комисии по природни науки към фонд „Научни изследвания“, Българска търговско промишлена палата (БТПП), Агенция за ядрено регулиране (АЯР), Управителният съвет на Инфраструктура за екстремна светлина ELI-ERIC и Международен научен и технически консултативен комитет на Инфраструктурата за екстремна светлина ELI-ERIC др. Специалисти от ИФТТ са участвали като членове в Научни журита по конкурси за присъждане на научни степени и звания, като са изготвени пет (5) становища и четири (4) рецензии. Изготвени са експертни оценки (5 броя) на проектни предложения, междинни и окончателни отчети в различните конкурсни сесии на



Национален фонд „Научни изследвания“. Написани и предадени са сто двадесет и осем (128) рецензии на научни публикации подадени в международни научни списания с импакт фактор или в такива от конференции.

1.5. Научноизследователска инфраструктура с потенциал за общонационални и оперативни дейности обслужващи държавата.

През 2023 година приключи изграждането на сградата и съответната мащабна изследователска инфраструктура в рамките на Национален център за върхови постижения „Мехатроника и чисти технологии“.

Оборудването включва тестова система за газови сензори Kenosistec KGAS4S C за провеждане на прецизни и високочувствителни изследвания на електричните характеристики на наноструктурирани сензорни устройства в зависимост от широк набор от параметри – концентрация, налягане, влажност, температура и за детекция на токсични газове (CO_2 , NO_2 и NH_3) с цел симулиране на реални атмосферни условия.

В института вече е изградена чиста стая - висок клас (10 000) лабораторно помещение със специализирана научна инфраструктура за получаване на иновативни наноматериали. ИФТТ поддържа установка Beneq TFS 200 за атомно послойно отлагане (ALD) на оксидни тънки слоеве и апаратура Oxford Nanofab Plasmalab System 100 за плазмено стимулирано химическо отлагане (PECVD) за синтез на 1D (нанотръби) и 2D (графен) размерни въглеродни материали. С помощта на оборудването в ИФТТ се генерират високи научни резултати, чието ниво се надгражда всяка година и се реализират иновативни идеи.

В института работи технологична линия и измерителна апаратура за разработване и изследване/тестване на масочувствителни кварцови резонатори (QCM) за сензорно приложение в широк спектър от приложения (например газови и термометрични). Най-новото развитие на тази методология е в контекста на репродуктивната медицина. Разработена е цялостна лабораторна система за анализ (базирана на QCM с интегрирани въглеродни покрития) и софтуерна обработка на данни за детайлна диагностика на мъжките гамети.

ИФТТ поддържа технологична линия за рутинни микроелектронни операции и изготвяне на структури, сензори и устройства на основата на силициева тънкослойна технология, както и с модерно свръхчувствително оборудване за изследване на техните, електрични и сензорни характеристики. Технологичната база осигурява необходимите условия за високотехнологични експерименти, разполага със съвременна апаратура за извършване на широк спектър от електрически измервания и разширява перспективите за партньорство с индустрията.

ИФТТ разполага с мултифункционална лабораторна филтрираща система (MaxiMem, Prozesstechnik GmbH). Апаратурата предоставя разнообразни възможности за приложение като екстракция на субстанции за фармацевтиката, мембранна филтрация, пречистване и рециклиране.

Към наличните лазери, регистрираща и спектрална апаратура и разработена технология за диагностика, консервация и реставрация на паметници на културата, е изградена фемтосекундна лазерна система, състояща се от 4 модула, която се използва за наблюдение на свръхбързи процеси и динамични измервания, за изучаване на живи структури и модификации на материали в наноразмерната скала.

В ИФТТ функционира високовакуумна система за оптични покрития Symphony 9 (Tesport Optics, САЩ), с възможности за създаване на многослойни оптични структури на съвременен технологично ниво. Интерес към възможностите на системата проявяват



малки и средни предприятия, работещи в областта на оптичното приборостроене, с някои от които Института има сключени рамкови договори.

Широка гама от тънкослойни покрития могат да се охарактеризират оптично с единствения по рода си в България автоматичен елипсометър тип M2000D, който позволява анализиране на проби с дебелина под 1 nm. Наличието на спектрофотометър Perkin Elmer- Lambda 1050, окомплектован с инфрачервен спектрофотометър с Фурие преобразование Vertex 70 и модул „150 mm интегрираща сфера“, позволява да се измерват и контролират спектралните характеристики на различни материали в твърдо или течно състояние.

С автоматизирана микрофлуидна система CellASIC™ ONIX, ръчен цитометър Scepter 2.0 и филтриращата мембранна установка са създадени условия за провеждане на експерименти върху взаимодействието на меката материя с наноструктури от различен вид и състав, а комбинираната система от галваностат и потенциостат SP-200 позволява да се извършват изследвания в областта на фундаменталната електрохимия, нано- и биотехнологиите, електролизата и електросинтеза, горивните клетки, фотоволтаиците и др.

По отношение на опазване на културното и историческо наследство, в ИФТТ се поддържа постоянна музейна експозиция на името на патрона на института, акад. Георги Наджаков, в която се съхраняват и популяризират материали и извори за историята на физическите науки, като част от Исторически обекти на Европейското физическо дружество. През 2024 г. колекцията и уебсайта на Музея е разширена с множество биографични материали за известни учени физици.

1.6. Проекти, свързани с общонационални и оперативни дейности, обслужващи държавата и обществото, финансирани от национални институции.

Най-значими проекти, финансирани от национални институции и индустрия

Проектът към научноизследователската инфраструктура „Екстремна светлина“ (ELI-ERIC-BG) Д01-351 е част от Националната пътна карта за научна инфраструктура 2020-2027 г. Неговата цел е да осигури необходимите условия на българските учени за провеждане на експерименти в уникални области, като изследване на взаимодействия между светлина и материя при екстремни условия, както и да укрепи научния капацитет на България в областта на екстремната светлина и да насърчи сътрудничеството с международни научноизследователски инфраструктури и насърчи внедряване на иновации.

Основната цел на проекта е да изследва и разработи нови методи и подходи за предизвикване на ядрени реакции чрез използване на ултракъси лазерни импулси. Това включва - инициране на разпад на хелиеви ядра, проучване на условията за последващ ядрен синтез, изследване на възможностите за приложение на резултатите в области като ядрена физика, енергетика и фундаментални изследвания. Развитието на авангардни технологии, които могат да намерят приложение в ядрена енергетика, материалознание и медицинска диагностика е от съществено значение за икономическото развитие на страната и укрепване на международните позиции на България.

Основните дейности, на проекта с тематика през отчетния период "Ядрени реакции, предизвикани от ултракъси лазерни импулси – Инициране на разпад на хелиеви ядра и последващ синтез" включва следните основни дейности - изследване на физиката на ултракъсите лазерни импулси, инициране на разпад на хелиеви ядра, моделиране и симулация на ядрени реакции. В основата си дейностите са насочени към развитие на експериментални и теоретични изследвания, които да осигурят напредък в разбирането и



контролираното използване на лазерно индуцирани ядрени реакции.

Основни резултати за 2024 г. – 1 национална патентна заявка, 1 международна патентна заявка, 1 патент за полезен модел, 2 статии в индексирани списания. Проявен е интерес на национално и международно ниво, чрез посещение на Зам. министъра на Министерството на образованието и науката, Директора на Дирекция НаукаИнтерес, както и Директора на консорциума ELI-ERIC, както и заявен интерес за посещение на представители от Министерството на иновациите и растежа.

Проектът BG05M2OP001-1.001-0008 „Национален център по мехатроника и чисти технологии“, се осъществява по процедура „Изграждане и развитие на центрове за върхови постижения“, която има за цел да подпомогне повишаването на нивото и пазарната ориентация на научноизследователските дейности на водещите научни организации в България, както и да подобри капацитета за реализиране на върхови постижения в областта на научните изследвания. Той е финансиран от ОП „Наука и образование за интелигентен растеж“ и съфинансирана от Европейския съюз чрез Европейския фонд за регионално развитие. Неговото реализиране се осъществява на основата на три стълба: БАН с участието на 12 научни звена, Техническите университети в България и Химикотехнологичният и металургичен университет и Софийският университет „Св. Кл. Охридски“ с представители Физически факултет и Факултет по химия и фармация. През 2024 година проектът стартира своят втори етап след успешно верифициране на първият етап. Вторият етап на проекта се фокусира върху устойчивото развитие на центрове за върхови постижения и центрове за компетентност, изградени по Оперативна програма „Наука и образование за интелигентен растеж“ (ОПНОИР). **Основни цели на втория етап включват - подкрепа за преминаване в оперативна фаза, стимулиране на партньорства с индустриалния сектор чрез трансфер на технологии и съвместни изследователски проекти, като и увеличаване на приноса към интелигентната икономическа трансформация, в подкрепа на иновациите и научните изследвания, които водят до устойчиво икономическо развитие.**

2. РЕЗУЛТАТИ ОТ НАУЧНОИЗСЛЕДОВАТЕЛСКАТА ДЕЙНОСТ НА ИНСТИТУТ ПО ФИЗИКА НА ТВЪРДОТО ТЯЛО ПРЕЗ 2024 г.

Научните резултати на учените от ИФТТ през 2024 г. обхващат 85 научни публикации и три патента за изобретение. Сред тях може да отбележим трудове в престижни международни издания с висок импакт фактор като *International Journal of Biological Micromolecules* (IF: 7.7), *Colloids & Surfaces B Biointerfaces* (IF: 5.4), *APL Materials* (IF: 5.3) и *Journal of Molecular Liquids* (IF: 5.3). Наукометричните данни са систематизирани в табличен вид, както следва:

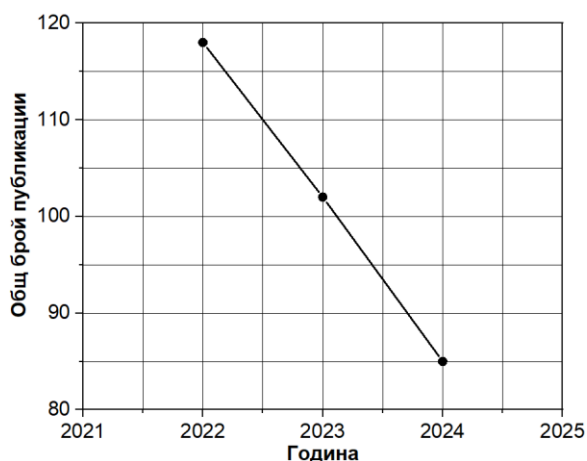
Разпределение на научните трудове по данни от системата SONIX	2022г.	2023г.	2024г.
Общ брой на публикуваните научни статии	118*	102*	85*



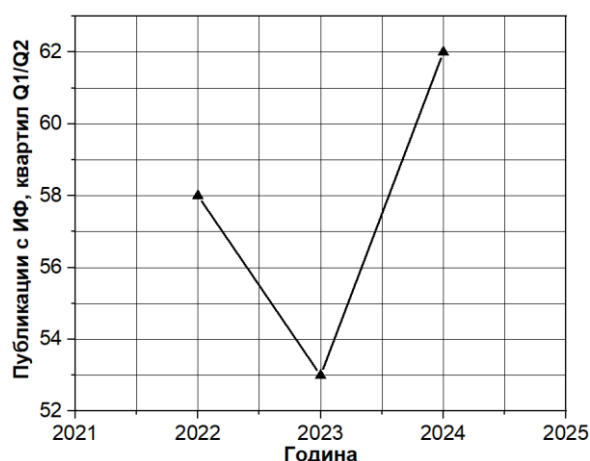
Публикации в базите данни за научна информация WoS, SCOPUS и ERIH+	100	85	76
Q1 – оглавяващи ранглистата в интердисциплинарни области	3	2	1
Q1 – неоглавяващи ранглистата в интердисциплинарни области	29	28	33
Q2	26	23	28
Q3	14	8	6
Q4	6	2	2
Статии само с импакт-ранг (с SJR)	16	22	6
Научни публикации в издания, неиндексирани в WoS, Scopus, ERIH+	10	5	2
Издадени патенти и полезни модели	3	0	3
Глави от книги	2	1	0
Индексирани в WoS и SCOPUS (Без JCR или SJR)	3	0	0
Общ брой цитати	2016	1966	1643
Цитати в WoS или Scopus	1692	1533	1263
Рецензиране на статии	68	101	128

* - разликата в числата между общия брой публикации и сумата на тези отбелязани в графите по-горе идва от това, че в таблицата не е въведена бройката на нискостойностната научна продукция от: „Неиндексирани научни публикации в рецензирани тематични сборници, издадени от международни академични издателства“, „Неиндексирани научни публикации в рецензирани тематични сборници, издадени от национални академични издателства“ и т.н.

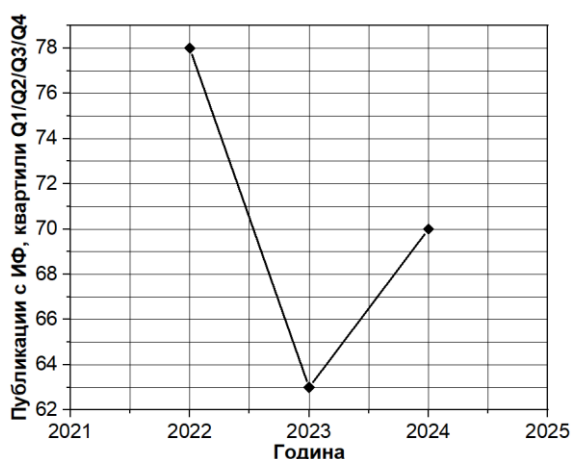
На следващите графики е представена хронологията на общата публикационна активност на учените от ИФТТ, тази в специализирани издания с ИФ, както и общият брой точки, които тези публикации генерират по бюджетната компонента K2 за последните три години. По-долу е осъществен и кратък анализ на графичните зависимости.



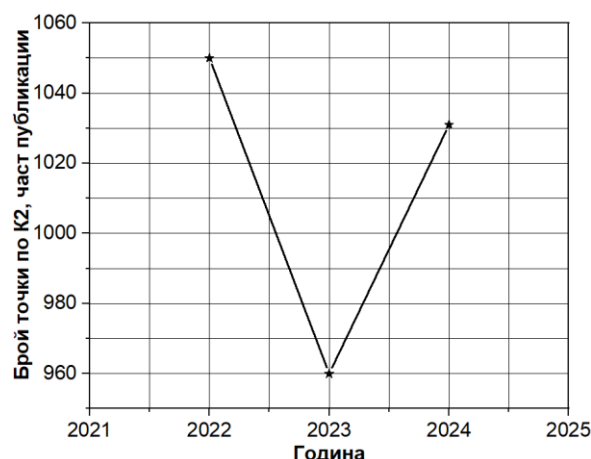
а)



б)



в)



г)

Фигура 1: Графично представяне на а) общия брой публикации, б) броя публикации с квартал Q1 и Q2, в) броя публикации с квартал Q1, Q2, Q3 и Q4 и г) броя точки, които публикациите от фигура 1а генерират по бюджетната компонента К2. Точките от фигура 1г са изчислени на база критериите и показателите за оценка на научноизследователската дейност, осъществявана от институтите на БАН, приети с решение на Общото събрание на Българската академия на науките от 05.02.2018 г. (актуализирани на 22.07.2019 г., 06.12.2021 г. и 21.03.2022 г.), както следва: За публикация квартал Q1 оглавяваща ранглистата – 20+1 точки, квартал Q1 неоглавяваща ранглистата – 16+1 точки, квартал Q2 – 12+1 точки, квартал Q3 – 8+1 точки, квартал Q4 – 4+1 точки, статии с SJR – 2+1 точки и т.н.

Графиката на фигура 1а показва, че общият брой публикации излезли от печат през 2024 година е с ~30 % по-малък спрямо 2022 година. Това на пръв поглед може да се приеме като отрицателна тенденция, но задълбоченият анализ на фигури 2б и 2г показва, че броят научни публикации е намалял за сметка на качеството на научната продукция. Например, забелязва се видимо повишение в броя трудове отпечатани в списания с квартал Q1 и Q2, като ръстът за 2024 година спрямо 2022 година е 6 %, а спрямо 2023 година е 15 %. От друга страна, независимо от спада с ~30 %, публикациите от 2024 година генерират общо 1033 точки по бюджетната компонента К2, което е спад със само 17 точки (една публикация Q1) спрямо числата за 2022 година (1050 точки). Това безспорно и недвусмислено доказва, че пътят, по който ИФТТ-БАН е поел е правилен и изцяло съотнесен към целите и приоритетите на НСРНИРБ 2017-2030 година и Стратегията за развитие на БАН 2018-2030 година, а именно: повишаване на качеството и количеството на международно разпознаваемата научна продукция, затвърждаване на ролята на БАН в европейското изследователско пространство и утвърждаването на БАН като водеща научна институтция в Югоизточна Европа, в която се провеждат мащабни и авангардни висококачествени научни изследвания, насочени към развитието на икономическата, социалната, духовната и политическата сфери на обществения живот.

3. ОБОБЩЕНИЕ НА РЕЗУЛТАТИТЕ ОТ НАУЧНОИЗСЛЕДОВАТЕЛСКАТА ДЕЙНОСТ ПРЕЗ 2024 г.



Направление „ТЕОРИЯ“

Числено е изследвано взаимодействието на нелинейни възбуждения с широка нехомогенна област във феромагнитна анизотропна верижка на Хайзенберг. Нехомогенният сегмент е моделиран като област, състояща се от определен брой спинове с променен коефициент на анизотропия. Модифицирането на анизотропията води до появата два допълнителни члена, съответно линеен и нелинеен, в нелинейното уравнение на Шрьодингер за амплитудата на спиновата вълна, което е получено след прилагането на квазикласическо и континуално приближение. Когато спиновата верижка е хомогенна и коефициентът на анизотропия е положителен, т.е. за лесна ос на намагнитване, решението на нелинейното уравнение на Шрьодингер е солитон тип камбана.

При отрицателно модифициране на анизотропната константа, нехомогенният сегмент влияе върху солитонната динамика като комплексен потенциал с доминиране на линейното над нелинейното въздействие. В този случай в определен тесен интервал от стойности на началната скорост на широк и бавен солитон или на величината на модификация на анизотропната константа се наблюдава периодично редуване на области на преминаване и на захващане на нелинейното възбуждение, което зависи от дължината на нехомогенния сегмент. Установено е, че захващането на солитона се дължи на загубата на енергия в дефектната област. Безпрепятственото му преминаване е резултат на резонанса между пространствения период на осцилациите на амплитудата му и дължината на нехомогенността. Когато анизотропният коефициент нараства, солитонът е преминал или отразен от припокрития линеен и нелинеен потенциал, който в този случай му въздейства като потенциално стъпало и отново влиянието на нелинейния потенциал върху солитонната динамика е пренебрежимо.

Молекулната динамика (MD) е подходяща за описание на структурата на мембраните на атомно ниво. Степента на хидратация на молекулите е от съществено значение за правилния състав на атомистичните модели на липидните бислоеве. Построен е MD модел на липиден бислой, от 128 SOPC молекули и 128 холестеролни молекули, при температура 298K. Три степени на хидратация, с число на хидратация (H_n) 25, 40 и 50, бяха изследвани с два различни водни модела (TIP3P и TIP4P). Атомистичните MD симулации са проведени с силовото поле Slipids. Системата с 40 H_n и с TIP3P модел е напълно хидратиран и има добро възпроизвеждане на резултатите с експериментални данни.

Изследвано е фазовото поведение на липидните бислоеве, съдържащи SOPC с различни моларни концентрации (0 mol%, 10 mol% и 30 mol%) на холестерол. Извършени са MD симулации в температурния диапазон между 271 K и 283 K, както и при 400 K, която се използва като референтна температура. Открити са доказателства за наличие на фазов преход (топене) както в чистата система, така и в тази с по-ниска концентрация на холестерол. Показно е, че силовото поле Slipids да предсказва фазово поведение на билсоеве от SOPC.

В опит да се изследва радиационната устойчивост на материали подложени на облъчване с гама лъчи, числено бяха изследвани циркониев диборид (ZrB_2), волфрамов карбид и волфрам (WC, W). По-конкретно, се разгледа как образуването и миграцията на дефекти влияе на резултатите на позитронната спектроскопия. Анализът е правен с помощта на Abinit, който е код на базата на теорията на функционала на плътността с внедрен модул за самосъгласуван анализ на позитронната плътност. Позитронният спектър в кристалните структури с по-големи кристалитни размери, тези с волфрам в състава си, показва по-голяма зависимост от обемните свойства на образците, като гама лъчението действа като локално термично нагряване и така активира дефектите в кристалните структури да започнат да се движат и да се комбинират в, така наречените,



дислокационни цикли. От друга страна, в образца ZrB_2 , кристалитите се оказаха с размер, който е сравним с типичните дифузионни дължини на термализираните позитрони, и поради това, има сравнително голям принос идващ от нанокристалитните повърхности. В този случай позитронната спектроскопия показва по-голяма зависимост от повърхнинните свойства на образца, и в резултат, циркониевия диборид се оказа устойчив на дозите, използвани в експеримента.

Направен е теоретичен опит да се обясни наблюдаваното намаляване на политропния/адиабатичния индекс γ в слънчевата корона. Показано е, че химичните реакции на йонизационно-рекомбинационни процеси в коктейл от слънчева плазма в локално термодинамично равновесие (ЛТР) водят до значения $1,1 < \gamma < 5/3$ в тихата слънчева атмосфера. Това показва, че в приемливо приближение тихата слънчева атмосфера може да се разглежда в локално термодинамично равновесие (плазма при фиксирана плътност и температура). Този резултат е получен чрез числено решаване на уравнението на Саха и последващо използване на нови аналитични резултати за изразяване на политропния индекс γ чрез термодинамични частни производни на енталпията и налягането спрямо плътността и температурата. Сравнението със спектроскопични данни за разпространяване на бавни хидродинамични вълни показва, че в коронални примки от активни области на слънчевата плазма, тя не е в ЛТР. Въпреки това наблюдаваната зависимост на по-висок политропен индекс при по-високи температури се съгласува с разработения теоретичен подход. В работата е направено заключение, че за да се отчете политропния индекс в активните области на слънчевата корона, е необходимо да се направи кинетично разглеждане на плазма далеч от ЛТР. В трудните числени пресмятания е използван специално разработен нов числен метод за ускоряване на сходимостта описан от същите автори в *Applied Numerical Mathematics* **157** (2020) 291-306.

Продължена е работата по изучаването на спектъра на фонони в обемноцентрирано желязо. С помощта на софтуер за симулации тип молекулярна динамика LAMMPS е извършено компютърно моделиране на траекториите на атомите на желязо в рамките на *каноничен ансамбъл*. Получени са аналитични изрази за различни корелатори плътност – плътност, скорост – скорост и спин – спин, използващи траекториите на атомите на желязо. Създадени са алгоритъмът и програмата, които изчисляват Фурие спектър на тези корелатори въз основа на запазените в дъмп файла траектории. С помощта на този алгоритъм е пресметнат Фурие спектърът на корелаторите плътност – плътност и скорост – скорост за атомите на желязо в рамките на каноничния ансамбъл при $T=300$ K. Получени са спектрите на напречни и надлъжни акустични фонони във всички кристалографски посоки. При $T=300$ K се наблюдава много добро съгласие между изчисления и експериментално определения закон на дисперсия на фононите. Това съгласие се отнася към всички кристалографски направления и малки до средни значения на вълновото число. Разликата между изчисленията на дисперсионната крива за фононите и експерименталните данни за тях, наблюдавана на края на зоните, се дължи на анхармоничните ефекти. В спектъра се наблюдават акустични вълни, чиито честоти остават неповлияни от взаимодействието с магноните. Време на живот на фононите е изчислено във всички кристалографски посоки. То намаля драстично в присъствието на спинов вълни.

Извършени са теоретични изследвания за разбирането на механизмите лежащи в основата на получаването на „екстремна светлина“. За спектрално широки импулси, на разстояния от няколко дифракционни дължини, дифракцията е от типа на Френел и еволюцията им може да бъде описана правилно в рамката на добре познатия параксиално



еволюционно уравнение. Технологията, създадена през 1985 г за усилване на лазерния импулс чрез чирпиране, даде силен тласък на развитието на лазерната оптика и изграждането на фемтосекундни (fs) лазерни съоръжения, произвеждащи полета с висок интензитет от порядъка на $10^{15} - 10^{21} \text{ W/cm}^2$. Продължителността на импулса бе бързо съкратена от пикосекунди до 5 – 6 fs, които имат спектрално широк импулс. Динамиката на линейното и нелинейното разпространение на ширококолентовите импулси е много различна от техните спектрално тесни аналози.

Направление „ФУНКЦИОНАЛНИ МАТЕРИАЛИ И НАНОСТРУКТУРИ“

Демонстрирано е приложението на синтезирани чрез атомно послойно отлагане (ALD) прозрачни проводящи филми от цинков оксид, легирани с алуминий (AZO) в устройства - пространствени модулатори на светлина (SLM) с течни кристали (LC). Представени са два типа структури, които демонстрират многофункционалната роля на AZO тънки филми в SLM конфигурации: (i) като прозрачен проводящ слой в антипаралелни LC клетки и (ii) като прозрачен проводящ слой и слой за подравняване, позволяващ вертикално подреждане в LC устройства. Представено и обсъдено е сравнение на електрооптични параметри като фазова модулация, управляващо напрежение и време за реакция на двете устройства. Тънките AZO филми показват превъзходна производителност като следващо поколение технология без употреба на индий-калаен оксид.

Представен е сравнителен анализ на оптични, електрически свойства и свойства на омокряемост на ALD отложен AZO слой с налични в търговската мрежа слоеве от прозрачен калаен оксид, легиран с флуор (FTO) и прозрачен калаен оксид, легиран с индий (ITO). Изследвано и обсъдено е тяхното въздействие върху поведението на електрооптична модулация, когато се прилага в LC устройства. Производителността на AZO слоевете е напълно конкурентна на комерсиалните FTO и ITO слоеве и потвърждава голямата им перспективност като следващо поколение технология без индий-калаен оксид (ITO).

Представена е нова методология за повърхностна модификация на биосъвместим полимер поликапролактон (PCL), съчетаващ ултра-fino лазерно микроструктуриране и ALD отлагане на ZnO. За тази цел повърхността на 3D отпечатан PCL скелет беше обработена с фемтосекунден лазер ($\lambda = 800 \text{ nm}$; $\tau = 75 \text{ fs}$), за да се получат паралелни микроканалите, върху които допълнително бяха отложени ZnO нанослоеви. Наличието на ZnO върху лазерно-структурирани и неструктурирани скелета беше доказано чрез рентгенова дифракция (XRD) и енергийно-дисперсионна рентгенова спектроскопия (EDX). И двата метода потвърдиха успешното израстване на ZnO слой, като EDX допълнително показва тенденцията, че ZnO се натрупва значително повече в долната част на микроканалите, отколкото в горната им част. Получените резултати биха позволили да се премине към следващата стъпка – изследване на антимикробния ефект на разработените интерфейси.

Представен е протокол за характеризиране на тънки проводящи филми (TCSs) с помощта на терагерцова спектроскопия (THz-TDS). Чрез използване на режим на отражение е показано, че измерванията само на амплитуда са достатъчни за точно характеризиране на листовото съпротивление на тънки филми при THz честоти благодарение на високата чувствителност на метода. Характеризира се голяма поредица от проби с нанометрична дебелина, които обхващат широк диапазон от стойности на листовото съпротивление: цинков оксид с добавка на флуор, цинков оксид с добавка на алуминий, нанометрични филми от титан и редуциран графенов оксид и волфрамов и



платинов диселенид. Резултатите потвърждават, че THz-TDS в режим на отражение осигурява бързо и недеструктивно характеризирание на TCS, като прозрачни проводящи оксиди и нови 2D материали.

Успешно са израстнати макроскопични монокристали PdSe_2 по метода на собствения поток (self-flux). Кристалната структура и елементарният състав са верифицирани с рентгенова дифракция, енергийно-дисперсионна рентгенова спектроскопия и трансмисионна електронна микроскопия с висока разделителна способност. Raman-активните вибрационни модове на PdSe_2 бяха идентифицирани с помощта на поляризирана Raman спектроскопия. В тези кристали е изследвана по-рядко срещаната и интересна анизотропия вътре в ху-равнината. Изследвани са вибрационните и термичните свойства на кристалите PdSe_2 , получавайки пълните (диагонални) елементи на тензора на топлопроводимостта (κ_{ij}) и техните нискочестотни (GHz, Brillouin) и високочестотни (THz, Raman) вибрации на решетката. Наблюдава се значителна анизотропия в ху-равнината с 38%-на разлика между тензорните компоненти за x- и y-оста. Чрез ab initio моделиране на вибрационните модове ние демонстрираме, че тази анизотропия възниква от по-силното взаимодействие между акустични и оптични клонове в [100] посоката (ос x) в сравнение с [010] посоката (ос y).

Обемни монокристали от WTe_2 са израстнати по self-flux метода и характеризирани с рентгенова дифракция, поляризирана микро-Раманова спектроскопия и оптична микроскопия. Всички методи разкриха високо кристално качество, демонстрирайки предимствата на този метод, използван като изходна база за синтеза на висококачествени 2D материали. Във всяка основна конфигурация на разсейване бяха снети серии от Раманови спектри с различни ориентации на пробата, постигнати чрез въртене на пробата около падащия лазерен лъч. В допълнение към добре установения случай на възбуждане по кристалната ос c, ние също приложихме лазерно възбуждане по осите a и b. По този начин конфигурации на разсейване бяха реализирани също и в поляризационните равнини XZ и YZ, за които все още не съществуват сравнителни литературни данни. В тези експерименти бяха идентифицирани два нови Raman-активни фонона със симетрия B_2 и честоти от 89 cm^{-1} и 122 cm^{-1} . Получените експериментални данни ни позволиха да изведем съотношенията на величините на всичките три тензорни елемента на A_1 фононите и да намерим техните фазови разлики.

Изследван е епитаксиалният растеж по CVD метода на MoS_2 върху субстрати от сапфир и слюда. Целта е оптимизиране на условията на растеж, за да се постигнат възпроизводим резултати и да се изследва потенциалът на конвенционалната и Ван дер Ваалсова епитаксия за синтезиране на нанослоеви и нанокластери от дихалкогениди на преходни метали. Това изследване допринася за разработването на мащабируема и висококачествена техника за растеж на дихалкогенид на преходен метал (TMD), отваряйки перспективи за практически приложения в различни области. Постигнат е двуетапен процес на растеж на MoS_2 нанолюспи, използвайки CVD техника при ниско налягане. Анализът с атомно-силов микроскоп потвърди синтеза на нанокластери/нанолюспи със странични размери над $10 \text{ }\mu\text{m}$ и височина на люспите приблизително $1,3 \text{ nm}$, демонстрирайки двуслоен MoS_2 , докато анализът с трансмисионна електронна микроскопия показва триъгълни нанолюспи MoS_2 с дифракционна картина, доказваща присъствието от монокристален хексагонал MoS_2 . Raman спектрите разкриха типичните за монокристален MoS_2 линии. Представена е зависимостта на фототока на фоторезист на основата на MoS_2 при осветяване със светодиод с дължина на вълната 405 nm . С така получените проби е демонстрирана чувствителността на MoS_2 към поляризирана светлина с перспектива за приложения във високоефективни фотодетектори.

Синтезирани са PtSe_2 нанослоеви по метода на термично асистирано преобразуване



при атмосферно налягане. Наличието на PtSe_2 е потвърдено от XPS и Raman анализи, като чрез TEM и оптична елипсометрия е определена дебелината на слоевете и зависимостта от времето на отлагане на металния слой. Демонстрирано е интегрирането на получените прозрачни, проводими слоеве от PtSe_2 в структури на основата на полимерно диспергирани течни кристали (PDLC), като превключватели в близка инфрачервена област. Предложеният евтин подход за синтез на PtSe_2 разкрива нови посоки за потенциални технологични приложения, включително оптоелектроника без нужда от използване на ITO.

Синтезирани са WSe_2 нанослоеви, чрез химично отлагане от газова фаза (CVD) с основен прекурсор 'ammonium metatungstate hydrate' върху три различни подложки - Si/SiO_2 , кварц и c-cut сапфир. Получените разнообразни триъгълни, хексагонални и полигонни клъстерни форми (по размер, дебелина и геометрия) са изследвани с оптична, атомно-силова микроскопия и поляризационна Раманова спектроскопия. Наблюдавани са основно комплексни многослойни 3D WSe_2 структури, но също така и монослойни 2D клъстери (дебелина ~ 0.7 nm). Представеният сравнителен анализ на изследваните серии от CVD нанослоеви дава възможност за последващо оптимизиране параметрите на синтез на перспективна група материали като 2D дихалкогениди на преходни метали.

Представени са подробни анализи на поляризационно зависими спектри от рентгенова абсорбционна спектроскопия посредством симулации на електронна структура на YMnO_3 филми с различна ориентация. Доказано е, че съществува силна зависимост между ориентацията на филма и електронната структура, по-специално в орбиталната текстура. Резултатите от рентгенова линейна дихроична спектроскопия, комбинирани с клъстерни изчисления на конфигурационното взаимодействие показват, че d орбиталите са успоредни на $\text{YMO}[001]/(100)$, което води до очаквано по-силно разсейване на електрони по оста c. Това беше допълнително потвърдено от поляризационно-зависими спектри на диференциална рефлексивна спектроскопия ($\Delta R/R$), които показват значително анизотропно поведение в динамиката на релаксация на носителя при сондиране по различни кристалографски ориентации. Тази работа разкрива взаимовръзките между структурата на решетката и различните електронни степени на свобода в мултифероичните перовскитни оксиди и възможността за манипулиране на електронните и магнитните свойства на материалите чрез подходящ избор на ориентация на филма.

Демонстриран е успешен синтез на $\text{WSe}_2/\text{PtSe}_2$ хетероструктури от предварително отложени Pt и W слоеве, потвърдена чрез рентгеново-дифракционен анализ, Раманова и рентгенова фотоелектронна спектроскопия. Морфологията на повърхността и измерванията на дебелината бяха извършени с помощта на атомно-силова микроскопия, разкриваща гладка повърхност с грапавина от порядъка на 5 nm. Гладката повърхност и силно ориентираният WSe_2 на повърхността могат да се използват за нови електронни и оптоелектронни устройства.

Представени са резултатите от Раманови измервания на $\sqrt{3}\times\sqrt{3}\text{R}30$ графен, израстнат върху 4H-SiC(0001), така нареченият буферен слой. Неговият Раманов спектър показва ивици, различни от тези на графена, които могат да се припишат на взаимодействието на буферния слой със SiC субстрата. Определянето на ивиците на буферния слой се подкрепя от теоретични симулации на еднофононната плътност на състоянията на структури с достатъчно голям брой на Si-C двойни слоеве за постигане на конвергенция. По-специално Рамановата ивица при около 1550 cm^{-1} може да бъде приписана на модифицирани вътреплоскостни оптични фононни клонове на графен, докато ивицата при около 1490 cm^{-1} може да бъде приписана на модифицирани нагънати части от тези клонове от зоната на Брилуен на буферния слой и може да се разглежда като



отличителен белег на буферния слой.

Подготвени бяха хетероструктури Al_2O_3 /графен чрез химическо отлагане от газова фаза (CVD) на графен върху медно фолио и последващо ALD отлагане на Al_2O_3 върху Cu-поддържащия графен. Характеризирането на получените хетероструктури чрез рентгенова фотоелектронна спектроскопия, елипсометрия и атомно-силова и сканираща електронна микроскопия разкрива гладки покрития от Al_2O_3 с пълно покритие и контролируема дебелина. Проби от тези хетероструктури бяха трансферирани върху стъклени субстрати по стандартни химически методи, като покритието Al_2O_3 служи като защитен слой по време на трансфера. Раманово-спектроскопски контрол в едни и същи точки на всеки етап от изготвяне на пробата и след трансфера потвърди, че графенът издържа отлагането на ALD слоя от Al_2O_3 без значително дефектообразуване и ефективно предотвратява проникването на свързани с ALD процеса функционални групи към повърхността на Cu-субстрата. Нашите резултати обаче показват, че след ALD отлагане на Al_2O_3 с предварителна обработка с водна пара реакциите на окисление могат все пак бавно да напредват на интерфейса Al_2O_3 /графен с времето. Следователно трябва да се обърне специално внимание, за да се блокират тези реакции, когато се интегрират такива хетероструктури в електронни устройства.

Направено е подробно изследване на скоростта на операциите на запис и изтриване на информация в кондензаторни структури изпълнени на основата на $\text{HfO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ наноламинатни и легирани с Al HfO_2 ALD слоеве. Характеризирани са структури с различни дебелини на тунелния слой и е разгледано влиянието на термичното отгряване в кислородна среда. Изследванията са проведени с записващите/изтриващите импулси в диапазона $10^{-7} \div 0.9$ с и записващи/изтриващи напрежения в диапазона 10-35 V. Получените резултати показват, че бързината на извършване на операция запис (съответстваща на захват на електрони в HfO_2 стек) е силно зависима от осветеността на образеца при нейното провеждане. При осветяване се постига бързодействие на операцията от порядъка на $10^{-4} \div 10^{-3}$ с, докато без светлина са регистрирани времена $\sim 10^{-1}$ с в случая на отгreti в кислород кондензатори и над 1 с, за неотгreti образци. При осветяване, след започване процеса на захват, последващото натрупване на електрони е много рязък процес, като в рамките на една декада след началото на операцията „запис“ се захваща над 80% от максималния заряд, получаван при времена над 1с. Резултатите показват също така, че максималното количество на захванат заряд при осветяване не зависи от термичната обработка на структурите. Ясно изразена зависимост на бързодействието на операцията запис от дебелината на тунелния слой на структурата не е наблюдавана. Получените данни дават основание да се предположи, че скоростта на операцията запис се определя, поне частично, от времената на генерация на неосновни носители в Si. В тази връзка основния ефект на отгряването в O_2 вероятно се изразява в намаляване времето на генерация на неосновни носители в силиция, посредством генерация на дефекти. В подкрепа на това предположение са и резултатите от релаксацията на инверсия капацитет на кондензаторите. Изтриването на записаната информация в клетките изисква времена от порядъка на $10^{-2} \div 10^{-1}$ с, въпреки че освобождаване на захванатите електрони се наблюдава и при времена $\sim 10^{-6}$ с, но ефективността на процеса е ниска. Скоростта на операцията изтриване очаквано зависи от дебелината на тунелния диелектрик и амплитудата на прилагания импулс. Направен е опит за симулация на електронния захват с помощта на Silvaco TCAD, като за целта е преработен стандартния модел на клетка работеща на принципа на захват на заряд, предполагащ Si_3N_4 като среда за запамятаване. Направеното сканиране на сеченията на захват, дълбочината на уловките и енергетичните бариери в структурите показва, че



получените експериментални резултати не се описват с модел на основата на две уловки по една за всеки тип носител.

Извършена е оценка на характеристиките на задържане на заряда в помнещите структури при температура от 85 С. Резултатите демонстрират, че захватът и на двата вида носители – електрони и дупки протича с участието на дълбоки уловки, тъй като влошаване на характеристиките на задържане при по-високата температура не се наблюдават.

С помощта на XPS е направен анализ на химическите връзки в изследваните HfO_2 -базирани диелектрици, в зависимост от тяхната структура и термична обработка. Установено е, че въвеждането на Al води до увеличаване на Hf субокисни състояния, като ефектът е най-силно изразен при $\text{HfO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ наноламинатни слоеве. Кислородното отгряване, очаквано, намалява Hf субокиси. Изследванията показват също и формиране на връзки Hf-Al-O в легирани с Al HfO_2 слоеве.

Проведен е анализ на повърхността на блокиращия слой Al_2O_3 и влиянието на бързото термично отгряване върху нея. Установено е повишаване на плътността на повърхностни дефекти в резултат на отгряването. С оглед на получената информация е направено преразглеждане на технологията на изготвяне на кондензатори с $\text{HfO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ диелектрици.

ALD методът е използван за получаване на тънки филми ZnO, легирани с Ni или Fe. Диелектричните и електрическите свойства на филмите бяха изследвани чрез измерване на стандартните характеристики ток-напрежение (I–V), капацитет-напрежение (C–V) и капацитет-честота (C–f) при различни температури. Използвана е спектрална елипсометрия за оценка ширината на оптичната забранена зона на слоевете. Установено е, че легирането силно влияе върху електрическото и диелектричното поведение на слоевете. Резултатите показват, че различни поляризационни механизми доминират диелектричния отговор на Ni- и Fe-легираните филми. Поучените резултати са интерпретирани с наличието на диполна поляризация, като основен поляризационен механизъм в Fe:ZnO, който обуславя значително по-добре изразените феромагнитни и фероелектрични ефекти в този тип ZnO. Намаляването на оптичната забранена зона с увеличаване концентрацията на Fe показва ефективно включване на Fe в решетката на ZnO. Ni-легираните ZnO филми демонстрират някои особености в сравнение с Fe-легираните филми, като например намалена ширина на забранената зона при отлагане върху TiN, нереалистично високи височини на бариерата на интерфейса Pt/ZnO/Ni и съществено влияние на механизма на Максвел-Вагнер поляризация. Те се свързват със съществуването на дефекти и нехомогенности в близост до интерфейсите метал/ZnO, както и с възможно образуване на кластери от NiO в обема на слоя.

Изследвано е влиянието на морфологията върху фотокаталитичната активност на тънки, еднослойни филми от ZnO, получени чрез зол-гел метод с използване на spin-coating техниката. За получаването на образците бяха приложени два подхода: За първата група беше приложена конвенционална обработка в пещ при 140 оС. Новост в приготвянето при втората група образци, беше сушене с горещ въздух, последвано от конвенционалната обработка. Част от слоевете от двете групи бяха допълнително отгрити при 400 оС. Обработените филми с горещ въздух демонстрират значително по-добра фотокаталитична активност на разграждане на азо-багрилото малахитово зелено, при ултравиолетова (до 6 фотокаталитични цикъла) и видима (до 4 фотокаталитични цикъла) светлина на облъчване, от колкото тези получени с конвенционалния метод на сушене. Също така прилагането на горещ въздух подобрява фотокорозионната стабилност, причинявайки намаляване на свободните кислородни места и други дефекти и образуването на интерстициални свободни места за кислород и/или цинк във филмите.

При звездната еволюция силно намагнитизираните неутронни звезди –



магнетарите, са не само сред най-компактните звезди във Вселената, но и най-силните магнити. Тези условия могат значително да променят свойствата на най-външните слоеве на неутронна звезда. Проучено е влиянието на много силно магнитно поле върху равновесните свойства на магнитарните кори, като взехме предвид квантуването на Ландау-Раби при движението на електрони. Както външните, така и вътрешните области на кората се третираха последователно в рамките на функционалната теория на плътността на ядрената енергия, което ни позволява да изчислим техния състав и тяхното уравнение на състоянието. Изследването обхваща широк спектър от интензитети на магнитното поле, необходими за моделиране на астрофизични явления. Получени са резултати от обобщени Skyrme ефективни нуклон-нуклонни взаимодействия като се използват точно калибрани Brussels-Montreal функционали за плътността на ядрената енергия.

Капките мъгла много често се използват като почистващ агент, когато замърсяването на въздуха може да бъде опасно за здравето на хората или екосистемата. Разработена е нова система за оптимизиране на почистващите свойства на мъглата чрез настройка на нейните микрофизични параметри. За тази цел е използван сензор, който работи на основата на Електромагнитния ехо ефект (ЕМЕЕ), за откриване на най-ефективното взаимодействие между мъгла и примеси, т.е. кои капки мъгла могат да се използват за най-ефективно почистване на определен тип замърсител от въздуха. Спектрите на капките мъгла, контролирани от системата за налягане на дюзата, която ги генерира, могат да се използват за по-ефективно отстраняване на замърсителите от въздуха. За тази цел автоматизираната система за генериране на аерозол може да позволи точен контрол върху микрофизичните параметри на мъглата и използването на течности със специфични концентрации на прахообразни химични съединения. Експерименталните резултати показаха, че микрофизичните параметри (МП) са пряко свързани със степента на изчистване на замърсители в атмосферата. МП параметрите на мъглата са съдържание на течна вода (LWC), среден радиус на капката (R_m), концентрация на броя на капките (N_d), както и тип аерозол и масова концентрация. При лабораторните тестове са използвани безвредни симуланти на ХБРЯ (химически, биологични, радиологични и ядрени) видове. По време на тестовете разпределението на размера на капките мъгла се контролира от въздушното налягане в дюзата. Заключение е, че интегрирана система за генериране на мъгла (IFGS) със сензор на основата на ЕМЕЕ, разработена в текущата работа, може да се използва широко за контролиране на микрофизичните параметри на мъглата, което води до оптимален процес на почистване на аерозолни/химически видове.

Изследвани са структурните и термодинамични характеристики на индуциран чрез твърди повърхности планарен липиден бислой в бионаноконкомпозити състоящи се от фосфолипиди и функционализирани чрез амид $[CON(CH_3)_2]$ въглеродни нанотръбички. За целта са приложени съвременните повърхнинни структурни методи Електромагнитен Ехо Ефект (ЕМЕЕ) и Диференциална сканираща калориметрия (ДСК). За да обясним фундаменталния за биомембраните проблем, устойчивост на планарната бислойна структура, при наложените от външни въздействия структурни конформации, включващи транс мембранните процеси, ние изградихме молекулен и макроскопичен модели, на израстването на бислойната структура върху твърда повърхност. Показваме, че фосфолипидната бислойна структура, формирана върху твърда повърхност е съществен модел на естествената клетъчна биомембрана, позволяващ биологични и биомедицински изследвания, включително био технологични приложения, като био чипове и био сензори.

Четвъртата индустриална революция широко променя реалността, в която живеем, като размива границите между физическия, цифровия и биологичния свят. Добър пример е немислимото досега навлизане на наномасштабни отпадъчни материали, като сажди, в технологиите за асистирана репродукция. Въпреки че саждите от рапично масло могат



ефективно да подобрят прогресивната подвижност на човешките сперматозоиди, все още не е известно дали този материал предизвиква нежелан оксидативен стрес и преждевременна акрозомна реакция, застрашавайки сливането на яйцеклетката със сперматозоида и образуването на бластоцист. В опит да изясним този въпрос, ние разкриваме, че тричасовата инкубация на човешка семенна течност, смесена с три основни вида сажди, не предизвиква оксидативен стрес и спонтанна акрозомна реакция на сперматозоидите. Тези уникални открития се дължат на синхронното елиминиране и стабилизиране на оксидантите чрез водородно свързване към киселинните групи на саждите (т.е. C=O и/или C-O-C) и даряване на електрони от неговите алкални химични групи (т.е. C-OH и/или COOH). Освен това наночастиците от сажди се привличат електростатично от дискретни положително заредени зони върху главата на сперматозоида, увеличавайки неговия отрицателен заряд и възпрепятствайки акрозомната реакция. Такива нови механични прозрения подчертават възможността саждите от рапично олио да преминат уверено от чисто диагностичните и терапевтични фази в репродуктивната медицина към изследвания, занимаващи се с ефекта на въглеродните наноматериали върху развитието и имплантирането на ембриона.

Възстановяването на първоначалната функционалност на човешките сперматозоиди подложени на криоконсервация е предизвикателство, тъй като вредното вътреклетъчно заледяване и появата на осмотични шокове, дължащи се на продължително излагане на повишени концентрации на вътреклетъчни соли, зависят по противоположен начин от скоростта на охлаждане. Този дългогодишен проблем може да бъде преодолян ако се използват свръххидрофобни покрития от сажди, които забавят скоростта на топлопренос, намаляват вероятността от образуване на лед и предизвикват балансирана и навременна дехидратация на клетките, но ефектът на техния повърхнинен профил и обема на еякулата върху успеваемостта на бавното замразяване е неясен. В рамките на 2024г., ние показахме за първи път, че двуфакторното увреждане от замръзване може да бъде изцяло избегнато чрез промяна на съотношението твърдотелна площ/пори в саждите, което води до повишена енергетична бариера на ледена нуклеация, предполагаема поява на ледени кристали с контролируеми форма и размер и следователно, напълно (100 %) възстановена подвижност на сперматозоидите след размразяване. Доказано е, че причината за такъв уникален научен резултат е изборът на покрития от сажди с подходящи морфохимични характеристики, хипотетично (все още не пряко доказани) предизвикващи равновесие между състава на разтвора и образуването на ледени кристали, забавяйки нежеланото свиване на възникващите ледени канали около клетките и възпрепятстващи рекристализацията на леда. Новите прозрения достигнати през 2024г. отварят безкраен хоризонт за персонализиране и революционизиране на техническите протоколи в криобиологията.

Направление „НАНОФИЗИКА“

Изследвани са наномасабни оксиди, отгледани в с-силиций, имплантирани с нискоенергийни (2 keV) H⁺ йони и флуенси, вариращи от 1013 cm⁻² до 1015 cm⁻² чрез RF плазмено имплантиране (PII). Окисляването на имплантираните Si слоеве протича в сух O₂ при температури от 700 °C, 750 °C и 800 °C. Оптичната характеристика на формираните Si/SiO_x структури беше проведена чрез електроотражателни (ER) и спектроскопични елипсометрични (SE) измервания. От анализа на ER и SE спектрите са разработени характерните енергийни ленти на директни електронни преходи в Si. Напрежението в зависимост от условията на хидрогениране се разглежда и се свързва с енергийните измествания на Si междуленовите преходи около 3.4 eV. Силициевите оксиди, отгледани върху PII Si при нисък флуенс на H⁺, имат нестехиометричен характер, както се разкрива



от анализа на IR-SE спектрите, докато с нарастващ флуенс на H^+ в субстратите на PII Si и/или последващата температура на окисление стехиометричният $Si-O_4$ единиците в оксидите стават преобладаващи. Развитието на морфологията на повърхността се изследва чрез атомно-силова микроскопия (AFM). Окисляването на H^+ -имплантираната Si повърхностна област изравнява повърхностните ями, създадени върху Si повърхността от H^+ импланти. Въз основа на оценката на текстурния индекс и средната фрактална размерност се подчертава изотропността и самоподобността на изследваните повърхности.

Представени са сравнителни изследвания на зол-гел ITO многослойни филми, нелегирани и легирани с Nb или Zn (4 at.%). Филмите са получени чрез последователни отлагания на пет слоя, като се използва зол-гел методът за потапяне върху микроскопично стъкло, SiO_2 /стъкло и Si субстрати. Разгледано е и обсъдено подробно влиянието на вида на субстратите и атомите на добавката върху структурата и оптичните свойства на зол-гел ITO тънките филми. XRD моделите на тези слоеве показват поликристална структура със среден размер на кристалите <11 nm. Рамановата спектроскопия потвърди химическото свързване на допантите с кислорода и показва липсата на кристализирани частици Nb(Zn)-оксид, посочено от XRD модела. Спектроскопската елипсометрия и AFM изображенията разкриха ясна зависимост на оптичните параметри и морфологията на повърхността на тънките филми ITO и ITO: Nb (Zn) от типа на субстратите и добавките. Анализът на характеристиките на ток-напрежение и капацитет-напрежение на структурите Al/ITO/Si разкрива наличието на капани за носители на заряд в обема на ITO и интерфейса ITO-Si. Получават се плътностите на тези капани и се установява характерът на текущия транспортен механизъм.

Многослойни TiO_2 филми, легирани или с ниобий, или с ванадий (1,2 ат.%), се отлагат чрез метода на зол-гел покритие върху c-Si и стъклени субстрати. Филмите върху стъклени субстрати бяха тествани за отчитане на CO и фотокаталитично разграждане на метиленово синьо. Анализът на данните от рентгеновата дифракция показва, че всички филми $TiO_2:Nb(V)$ са нанокристални в анатазната фаза, с равномерна и компактна микроструктура и хомогенна повърхностна структура на малки зърна с диаметри в диапазона 13–19 nm. За електрическата характеристика, филмите $TiO_2:Nb(V)$ бяха включени в структури метал-изолатор-полупроводник (MIS). Специфичното съпротивление е от порядъка на $10^4 \Omega cm$ и стойността му намалява с увеличаване на електрическото поле, което свидетелства за инжектиране на електрони в тези слоеве. От анализа на кривите ток-напрежение, взети при различни зависимости от температурата и честотата характеристики на капацитет-напрежение и проводимост-напрежение, се оценяват плътността и параметрите на дълбоките нива в тези TiO_2 филми и се установява механизмът за транспортиране на електронен заряд. Беше показано, че токът в тези $TiO_2:Nb(V)$ -Si MIS структури се осъществява главно чрез тунелиране между капани през дълбоки нива, енергийно разпределени в TiO_2 bandgap. Тестването на тези зол-гел $TiO_2:Nb(V)$ слоеве за газово отчитане и фотокаталитични способности доказва, че те могат да служат за такива цели. По-специално, резултатите от V-легиран зол-гел TiO_2 филм потвърждават неговата способност за откриване на CO, което рядко се съобщава в литературата. За фоторазграждането на метиленово синьо, пробите с добавка на Nb TiO_2 са по-добри, с почти двойна фотокаталитична ефективност на нелегирания TiO_2 .

Полупроводниковите оксиди често се използват като активни фотокатализатори за разграждане на органични агенти във вода, замърсена от битовата промишленост. В това изследване, зол-гел ZnO тънки филми с размер на зърното в диапазона 7,5–15,7 nm бяха получени чрез прилагане на нова двустепенна процедура на сушене, включваща обработка с горещ въздух при 90–95 °C, последвана от конвенционално сушене в пещ при 140 °C. За



сравнение, слоевете бяха направени чрез стандартно сушене в пещ. Изследва се ефектът от обработката с горещ въздух върху морфологията на повърхността на филма, прозрачността и фотокаталитичното поведение по време на разграждането на малахитово зелено азобагрило във вода при ултравиолетово или видимо светлинно осветление. Филмите, третирани с горещ въздух, демонстрират значително по-добра фотокаталитична активност при ултравиолетово облъчване, отколкото изсушените в пещ филми, което е сравнимо с активността на немодифицирани прахове от нанокристали ZnO. Постигнатият процент на разграждане е 78–82% при ултравиолетово осветяване и 85–90% при осветяване с видима светлина. Демонстрирани са множество употреби на филмите, обработени с горещ въздух (до шест фотокаталитични цикъла), което показва подобрена устойчивост на фотокорозия. Наблюдаваната висока фотокаталитична активност и добра фотокорозионна стабилност са свързани с обработката с горещ въздух, което води до намаляване на свободните места за кислород и други дефекти и образуването на празни места за интерстициален кислород и/или цинк във филмите.

Значителен интерес към наноструктурираните тънки филми от интерметални съединения на благородни метали (Ag и Au) и пост-преходни метали се повдига поради техните уникални плазмонни свойства, което ги прави потенциални материали за приложение във фотоника, катализа и биосензорни системи. В тази работа беше изследвана възможността за отлагане на поликристални тънки слоеве AuSn, тъй като тънки филми с еднакъв състав и различни дебелини (10-100 nm) бяха получени чрез съвместно отлагане на метали Au и Sn. Химичният състав е определен чрез рентгенов микроанализ. Рентгеновите дифракционни модели показват образуване на интерметалното съединение AuSn в тънките филми. Комплексната диелектрична проникваемост $\epsilon = \epsilon' - i\epsilon''$ на тънките AuSn филми като функция от дебелината беше изследвана чрез спектроскопска елипсометрия. Анализирана е възможността за приложение на наноструктури от интерметалното съединение AuSn като подходящи субстрати за нуждите на повърхностно усилената раманова и флуоресцентна спектроскопия в спектралния интервал 2.8 - 4.7 eV.

Направление „ФИЗИКА НА МЕКАТА МАТЕРИЯ“

Перфлуороалкиловите и полифлуороалкиловите вещества (PFAS) са замърсители, които предизвикват безпокойство поради тяхната дългосрочна устойчивост в околната среда и въздействие върху човешкото здраве. Сред тях перфлуороктан сулфоновата киселина (PFOS) е много повсеместна и опасна за здравето. В момента изискваните от законодателството нива на детектиране могат да бъдат постигнати само със скъпо лабораторно оборудване. Следователно има нужда от преносимо, на място и евентуално откриване в реално време. Оптичните и електрохимичните трансдукционни механизми се използват главно за химическите сензори. Тук докладваме за първото гравиметрично откриване на молекули с малък размер като PFOS (MW 500), разтворени във вода. Като преобразуватели бяха използвани 100 MHz кварцов кристален микробаланс (QCM), измерен при третия хармоник, и още по-чувствителен 434 MHz 2-портов резонатор с повърхностни акустични вълни (SAW) със златни електроди. Селективният чувствителен слой на PFOS беше приготвен от метало-органичната рамка (MOF) MIL-101(Cr). Неговата наноразмерна дебелина и структура бяха оптимизирани с помощта на дискретния метод за отлагане на филм Langmuir-Blodgett (LB). Това е първият път, когато са подготвени многослойни LB от насипни MOF. Измерените честотни премествания надолу от около 220 kHz на 1 $\mu\text{mol/L}$ PFOS, QL-фактор, зареден с SAW резонатор над 2000, и времена за реакция в диапазона от минути са много обещаващи за полеви сензор, който достига директивите за безопасност на водата. В допълнение, ние използваме електроди с размери



на микрометъра на SAW резонатора, за да подобрим силно електрохимичната импедансна спектроскопия (EIS) на замърсяването с PFOS. Така за първи път комбинираме свръхчувствителна гравиметрия на малки молекули във водна среда с електрически измервания на едно устройство. Тази комбинация осигурява допълнителна селективност на сензора. Контролните тестове срещу гол резонатор и две подобни съединения доказват жизнеспособността на концепцията. Всички измервания бяха извършени с устройства с джобен размер, захранвани от таблетки, което направи системата много преносима и приложима на място. Въпреки че тук се фокусираме върху един от възникващите водни замърсители, тази концепция с различно селективно покритие може да се използва за други нови замърсители.

При моделиране на водни клъстери, експерименталните и теоретични изследвания показаха наличието на водни клъстери в различни среди, особено при хидрофобни условия, където преобладават по-бавните взаимодействия на водородните йони. Методите на ядрено-магнитен резонанс (NMR) и методът на инфрачервената Фурие трансформация (FTIR) изиграха ключова роля за разбирането на тези клъстери, разкривайки техните потенциални медицински приложения. Стабилността и поведението на тези клъстери могат да бъдат повлияни от фактори като наличието на метални йони, което води до формирането на стабилни клъстери. Изследванията показаха, че водните клъстери проявяват характеристики на дисипативни структури, демонстрирайки самоорганизация при физически, химични или термични промени, подобни на конвекционните клетки на Бенард. Това динамично поведение подкрепя идеята, че ролята на водата надхвърля обикновената химия, като потенциално влияе върху биологичните процеси на фундаментално ниво. Взаимодействието на водните клъстери с тяхната среда и способността за поддържане на неравновесни състояния чрез енергийния обмен допълнително подчертава тяхната сложност и значение както в природния, така и в технологичния контекст. Филтрирането на водата е процес за подобряване на качеството на водата. Ефектът е преструктуриране на водородните връзки и структуриране на водни клъстери, повечето от които са хексагонални. В нашите изследвания ние приложихме филтрирана вода, използвайки патентована технология EVOdrop Swiss.

Изследвани са спектрите на ^1H ядрено-магнитен резонанс (NMR) на богата на водород вода (HRW), получена с помощта на устройството EVObooster. Анализираният HRW има $\text{pH} = 7,1 \pm 0,11$, окислително-редукционен потенциал (ORP) от $(-450 \pm 11) \text{ mV}$ и концентрация на разтворен водород от 1,2 ppm. Контролната проба е чешмяна вода, филтрирана по патентована технология. Използва се 600 NMR спектрометър за измерване на NMR спектрите. Изотропните ^1H ядрено-магнитни екраниращи константи на най-стабилните клъстери $(\text{H}_2\text{O})_n$ с n от 3 до 28 са изчислени чрез използване на калибровъчно-включващ атомно-орбитален метод (GIAO) в MPW1PW91/6-311+G(2d, p) теоретично ниво на функцията на плътността (DFT). Химическото изместване на HRW е надолу (по-високи химични измествания) поради увеличеното водородно свързване. В HRW се образуват по-обширни образувания, отколкото в контролната филтрирана чешмяна вода. Обменът на протони между водните молекули е бърз в HRW и ^1H NMR спектрите са в режим на бърз обмен. Осреднени са изчислените химични отмествания на изследваните водни клъстери. С увеличаването на размера на клъстерите броят на водородните връзки се увеличава, което води до увеличаване на химическото изместване. Зависимостта е експоненциално насищане, което възниква при около $N = 10$. Моделираните клъстери в HRW са структурно стабилизирани, което предполага добре подредени водородни връзки. Описани са различни процеси за транспортиране на водни молекули и клъстери. Тези процеси са с: аквапорини, синтезирани пори, канали за свързване на празнини и модел WAT FOUR. Експоненциалната тенденция на насищане показва динамиката на водните молекули в



кълстерите. В нашето изследване химическото отместване от 4,257 ppm показва стабилни водни кълстери от 4–5 водни молекули. Петоъгълните пръстени в додекаедърната клетка H_3O^+ (H_2O)₂₀ позволяват оптимално подреждане на водородните връзки, което минимизира потенциалната енергия.

Изследван е ефекта на наночастици от титанов диоксид (TiO_2) (NPs) върху диелектричното поведение на Na йон-проводима полимерна нанокомпозитна система със солени комплекси, образувана от бинарна полимерна смес от поли(етилен оксид) (PEO) и поливинил пиролidon (PVP), с добавяне на натриев метапериодат (NaIO_4) при концентрация 10 % тегловни и TiO_2 NPs с размер 10 nm, при концентрации 1, 2, 3, 4 и 5 тегловни %. Свободно стоящи нанокомпозитни PEO/PVP/ NaIO_4 / TiO_2 филми (150 nm) са характеризирани при стайна температура чрез анализиране на техния комплексен електрически импеданс и диелектрични спектри в диапазона 1 Hz – 1 MHz. При концентрация от 3 тегл.% от TiO_2 NPs, както йонната проводимост, така и диелектричната проникваемост на PEO/PVP/ NaIO_4 / TiO_2 йон-проводящите диелектрици достигат подобрение с повече от един порядък в сравнение със случай без нанодобавки.

С помощта на структурните методи Electromagnetic Echo Effect (EMEE) и Differential Scanning Calorimetry (DSC) ние проучихме структурните и термодинамични свойства на модел фосфолипиден двуслоен нанокомпозит-добавка 1-Stearoyl-2-oleoyl-sn-glycero-3-phosphocholine (SOPC) / въглеродни нанотръби амид, функционализиран от $[\text{CON}(\text{CH}_3)_2]$ група. Разработеният структурен анализ позволява да се идентифицира ролята на изкривяването на двуслойната структура на SOPC, предизвикано от примес на нанотръби с амидна функционалност. На базата на DSC анализ беше открит нов ефект, ламинарен гел L_α - течен кристал L_α фазов преход, задвижван от енталпията на van't Hoff, сочещ към междинен, частично кооперативен фазов преход и ново междинно състояние. Изградихме микроскопичен модел на основния ламинарен гел във фазов преход на течни кристали, включващ както обемни, така и повърхностни сили, действащи и балансиращи конформацията на двуслойната структура. Освен това и за да обясним устойчивостта на конформацията на двуслойната структура, включително трансмембранния процес, чрез електрооптично (ЕО) възбуждане, ние модулирахме еволюцията и растежа на двуслойната наноструктура за нейното предстоящо характеризиране.

Изследвана е фероелектрична смектична CG фаза, в нейните двунаклонени конфигурации, индуцирани от смесване на димерния течен кристал 7OBA, служещ като матрица и функционализиран с амид графенов оксид (AmGO). По този начин беше създаден електрооптично регулируем функционализиран нанокомпозит, показващ двустранно наклонено състояние, проявяващо се от две подструктури, CGcl (клиник) и CGln (наклонена). Използвайки, както микротекстури, така и DSC анализ, са изследвани термичните и структурни характеристики на функционализирания нанокомпозит. Чрез анализ на ендотермалната пикова асиметрия бе открито междинно състояние между състоянията CGcl и CGln. Намерени са подобрени степени на свобода на течнокристалния директор, позволяващи увеличаване на съответните микрополяризирани течнокристални текстури, способни да създадат повърхностно запамятаване на информация.

Получените резултати характеризират въздействието на амфифилния пептид KLA₂KLAK-NH₂ и негови синтетични аналози върху липидни мембранни модели. Чрез флукуационна спектроскопия, инфрачервена (ИЧ) спектроскопия с Фурие трансформация (FTIR) и електрохимична импедансна спектроскопия с бърза Фурие трансформация (FFT-EIS) са определени различни параметри на взаимодействието на пептидите с фосфатидилхолинови мембрани. Получени са доказателства за вероятна латерална асоциация към мембраната на удвоената последователност (KL₂AKL₂AK)₂-



NH₂ с включена в структурата ѝ неприродната аминокиселина β-аланин, за която е установен и концентрационно зависим ефект върху мембранната еластичност и специфичния електричен капацитет. Най-силно влияние върху липидната организация и механичните свойства на изследваните мембрани оказва 1,8-нафталимид-съдържащият KLβAKLβAK-NH₂ аналог, което корелира с докладваните в литературата данни за антипролиферативната и антимикробната активност на изследваните пептиди. Установяването на взаимовръзката между структурата на биоактивните пептиди и модулирането на механичните и импедансните характеристики на липидните мембрани осигурява полезна основа при разработването на нови пептидни модификации с подобрен фармакологичен потенциал.

Фитоалексинът резвератрол е широко изследван във връзка с установеното благоприятно действие срещу оксидативния стрес в човешкия организъм. Молекулните механизми на взаимодействие с мембраната предопределят ефективността на въздействие на биоактивните съединения върху клетката. Изследвано е влиянието на липидния състав върху взаимодействието на резвератрола с мембраната, като са определени степента на хидратация и еластичността на биомиметични липидни системи, съставени от синтетични фосфатидилхолини със смесени алифатни вериги и различна степен на ненаситеност в *sn*-2 позиция. Измерванията чрез изотермична титрационна калориметрия свидетелстват за по-силна спонтанна асоциация на резвератрола с изследваните полиненаситени в сравнение с мононенаситените фосфатидилхолинови мембрани в резултат на хидрофобни взаимодействия, конформационни промени и десолвация. В подкрепа на получените калориметрични резултати чрез флуоресцентно спектроскопски измервания се установява промяна в хидратацията на глицероловото ядро и по-плътното опаковане на липидните молекули с по-ниска степен на ненаситеност на ацилните вериги в сравнение с полиненаситените мембрани, при които хидратацията нараства в присъствие на резвератрол. Качествено различен е и ефектът на полифенола върху еластичността на огъване на двата изследвани вида глицерофосфолипидни мембрани, което е от съществено значение както при процесите на клетъчна интернализация, така и при преноса в кръвния поток на организма на липидни мембранни системи за целите на фармакологията.

Неорганичните наноматериали (меден оксид, цинков оксид и други) демонстрират значителна биоактивност и успешно биват прилагани в биомедицината. Стабилността и селективността им могат да бъдат повишени чрез допълнително химическо модифициране, в резултат на което се получават наноструктури с подобро терапевтично действие. Един от най-перспективните природни полимери за тази цел е хитозанът, характеризиращ се с отлична биосъвместимост и биоразградимост. Изследвано е влиянието на хитозанови наночастици върху морфологията и физикохимичните характеристики на биомиметични мембранни модели от яйчен лецитин. Установен е потенциалът на хитозан-съдържащите наноматериали да индуцират адхезия и втвърдяване на мембраните. Получените резултати маркират съществен етап от разработването и оптимизацията на композитни материали за иновативни приложения в наномедицината като носители на лекарства и гени, адюванти в различни ваксини и формулировки в диетологията и козметиката.

От втората половина на миналия век до съвременното производство на ортодонтични дъги, изработени от NiTi сплав, претърпява множество промени. Първоначално преобладават супереластичните активни аустенитни NiTi сплави, последвани от термодинамично активните мартензитни NiTi сплави и най-новото поколение са градуираните термодинамични сплави. Тези дъги са обект на множество проучвания, тъй като изискват по-задълбочено разбиране на техните свойства. Такива проучвания предоставят информация на практикуващите ортодонти, улеснявайки взимането на



информирано решение относно избора и използването на ортодонтски дъги за индивидуално лечение на пациента. Публикувана е обзорна статия, която оценява съществуващите проучвания по темата с фокус върху Bio-active™ NiTi многосилови дъги използвани в клинична (in vivo) среда. Разгледаните проучвания включват изследвания на механичните и термичните свойства на дъгите преди и след клинична употреба. Обобщени са съществуващите данни в литературата и резултатите, получени за изследваните Bio-active™ ортодонтски дъги.

С цел изучаване на процесите на мембранно разделяне на етанол и на мембранно задържане/концентриране на биологичноактивни вещества, са проведени серия от експерименти на нанофилтрация на реална система (българско червено сухо вино сорт Мавруд) с Мембранна филтрираща система PS Prozesstechnik GmbH, в режим на концентриране и диафилтрация, с поддържане на работна температура от 18-19 °C в режим на охлаждане, посредством Термостатна вана Lauda Alpha RA8. В изследването са използвани конвенционалните наномембрани Microdyn Nadir NP030 P (MWCO 500 Da) и Alfa Laval NF99HF (MWCO 200 Da).

Чрез метода на мембранната нанофилтрационна технология е проучено влиянието на трансмембранното налягане върху задържането на биоактивни вещества и етанол от червеното вино. За мембраната Alfa Laval NF99HF не се наблюдава осезаем ефект от налягането и затова процесите на концентриране се провеждат в широк диапазон (10-50 бара). Поради по-ниския пермеатен поток и възможността за компресиране, процесите на концентриране с мембраната Nadir NP030 P се извършват при ограничен диапазон на налягане (30-50 бара). Получени са коефициентите на задържане както за етанола, така и за изследваните биологичноактивни вещества (общи полифеноли, общи антоцианини и антиоксидантна активност) във виното, за двете мембрани, в двата работни режима. Коефициентите на задържане на общите полифеноли и антоцианините са високи и за двете мембрани. Наблюдава се пълно задържане на антоцианините, като коефициентите на задържане на полифенолите са над 97%, което показва че двете мембрани могат ефективно да задържат полифенолите и антоцианините от виното. За Nadir NP030 P, коефициентите на задържане на биологичноактивните вещества са по-ниски и особено коефициента на задържане по отношение на антиоксидантната активност, което е свързано с по-силната деалкохолизация, както и на ниския пермеатен поток, предполагащ по-дълго време за диафилтрация и свързания с това по-нисък състав на биоактивните вещества. За мембраната Alfa Laval NF99HF, коефициентите на задържане на биоактивните вещества са по-високи, което се свързва с по-малко MWCO и по-високия пермеатен поток. Съществува и лека тенденция, коефициентите на задържане и за двете мембрани, да се увеличават с приложеното налягане, което се обяснява с компресия на мембраните при по-високите налягания.

За мембраната Alfa Laval NF99HF, в концентрационния режим, при работно налягане от 20 бара, са измерени коефициенти на задържане на биоактивни вещества от порядъка на 10%, което се потвърждава при експеримента, проведен в режим на диафилтрация. Получената при диафилтрацията деалкохолизация от 7,4% съвпада с изчислената (7,59%), посредством метода на математическото моделиране. Диафилтрацията с Nadir NP030 P се извършва при по-високо трансмембранно налягане от 30 бара, за да се преодолее ниския пермеатен поток. Коефициентът на задържане на етанола за тази мембрана е по-висок, като постоянно се увеличава с увеличаване на налягането в диапазона от 18 до 25%. Мембранното задържане на биоактивните вещества в концентрационните серии, не се потвърждават по време на диафилтрацията. Получената експериментално концентрация на етанола при диафилтрацията е 5,08%, което съответства на 6,5% изчислена стойност. Това показва, че истинският коефициент на



задържане е значително по-нисък от предварително определения.

Получените експериментални резултати с конвенционалните мембрани Microdyn Nadir NP030 P и Alfa Laval NF99HF в процеса на нанофилтрация, показват успешно намаляване на алкохолното съдържание (5-8 %) на виното, при добро запазване на останалия състав.

Ракът е водеща причина за смъртност в световен мащаб през последните десетилетия. Разработването на колоидно стабилни системи за пренос и доставка на лекарствени препарати, които могат селективно и контролирано да освобождават противораковите лекарства в целевите зони, е от решаващо значение за намаляване на нежеланите странични ефекти при терапията на тези заболявания. Настоящата разработка е съсредоточена върху синтез и характеризация на наноархеозоми (НА) от ново поколение с висока физикохимична стабилност, съставени от естествени етерни липиди, извлечени от археи. Археалните липиди имат важно практическо приложение поради изключително високата си стабилност при екстремни условия на околната среда като температура pH, соленост и др. Разработените НА са успешно натоварени с противораковото лекарство, доксорубицин и е изследвано въздействието им *in vitro* върху здрави NIH 3T3 фибробластни клетки и ракови MCF-7 клетки от гледна точка на техния потенциал за осъществяване на плавно и продължително освобождаване на лекарствени препарати и цитотоксичност. Резултатите от проведеното изследване показват, че НА са биосъвместими със здравите клетки, докато заредената с доксорубицин НА индуцира цитотоксичност в раковите клетки дори и при изключително малка наномоларна концентрация от лекарството. Друг важен резултат от работата е, че синтезираните от нас НА дават възможност за продължително освобождаване на лекарство в продължение на 48 часа. Важността на проведеното изследване се обуславя и от факта че така разработената НА проявява висока колоидна стабилност и отлична терапевтична ефикасност за лечение на рак. В допълнение наноархеозомите са лесни за приготвяне, както в лабораторни условия така и в индустриален мащаб, а биосъвместимата им природа и ниската им цена ги прави привлекателни кандидати за различни биомедицински приложения, като диагностика и третиране на различни заболявания. Получените резултати от тази работа са публикувани в списанието *Nanoscale Advances*. Поради актуалността на изследването бяхме покани от редакцията на списанието да представим графично изображение на нашата работа, което послужи за корица на този брой на списанието.

Фототермалната терапия при синегрично използване на фемтосекундно лазерно лъчение и наночастици от графенов оксид показва обещаващи резултати при лечението на хепатоцелуларен карцином през последните години. Оптимизирането на параметрите на облъчване за различни видове наночастици и ракови клетки остава сериозен фокус на интерес за научната общественост с цел подобряване на фототермалната противоракова терапия, медирана от наноматериали. В настоящата работа е изследван потенциала за използване на наноразмерен графенов оксид (nGO) и наночастици от пегилиран графенов оксид (nGO-PEG) като фототермални агенти в зависимост от параметрите на лазерното лъчение, като дължина на вълната, мощност и продължителност на облъчването. Оценена е ефективността на преобразуване на наночастиците, морфологията и жизнеспособността на два типа клетки: човешки хепатоцелуларен карцином (HepG2) и здрави MDCK клетки. Резултатите показват, че наночастиците от тип nGO-PEG демонстрират по-добра ефективност на фототермично преобразуване в сравнение с nGO, като зелената светлина с дължина на вълната 515 nm предизвиква значително по-силно повишаване на температурата (от 11,1°C до 36,6°C) от близката инфрачервена такава с дължина на вълната 1030 nm (от 3,2°C до 15,3°C). Анализът на клетъчната жизнеспособност показва



значително намаляване на този параметър при НерG2 клетките, като лазерното лъчение с $\lambda=515$ нм се оказва по-ефективно от това с $\lambda=1030$ нм. Обратно, здравите клетки остават по-малко засегнати и дори частично стимулирани от лъчението. По-конкретно, комбинацията от изследваните наночастици с лазерно лъчение в зелената спектрална област (515 нм) при определени условия на облъчване дори показва стимулиращ ефект върху жизнеспособността на MDCK клетките, особено при използване на пегилирани наночастици. Резултатите от изследването са допълнително верифицирани чрез морфологичен анализ, който показва значително увреждане на раковите клетки при непроменена структура на здравите. Като извод от получените резултати може да се направи заключение, че нискоенергийните лазери, комбинирани с повърхностно модифицирани наноматериали, могат да осигурят минимално инвазивно фототермално лечение на ракови заболявания при значително намаляване на страничните ефекти от терапията.

Направление „ФИЗИЧЕСКА ОПТИКА И ОПТИЧНИ МЕТОДИ“

Числено са моделирани основните характеристики на т.нар. ‘частично кохерентно анти-Стоксово Раманово разсейване’ (pCARS) – кохерентен нелинейно-оптичен (НЛО) процес в кондензирани среди, демонстриран през 1990-1997 г., но досега необяснен. Експериментални данни, получени чрез pCARS, са моделирани с аналитичен израз, изведен от класическото описание на четирифълново оптическо смесване при Раманов резонанс. Резултатите, получени с модела, показват, че pCARS е базиран на параметрично-стимулиран механизъм за генериране/усилване на кохерентен оптичен сигнал. Чрез предложения модел може да се добие спектроскопическа информация за Раманово-активни кондензирани среди и микро-интерфейси, сложни молекулни течности, разтвори и нехомогенни среди.

Влиянието на взаимодействието между кохерентно-параметрични и стимулирани процеси, включващи се в нелинейно Раманово разсейване в кондензирани среди, върху спектъра на Раманово разсейване светлинни вълни, е числено моделирано и обяснено в случаите на обичайно използваните техники за кохерентна Раманова спектроскопия: CARS, CSRS, Raman Gain (RG) и Raman Loss (RL), когато молекулни системи са под въздействието на ps лазерни импулси с висок интензитет. Предложеният модел може да се прилага за получаване на ценна спектроскопическа информация за материални параметри/характеристики на Раманово-активни среди, напр. диполни моменти на молекулни преходи, а също и скорости на релаксация на молекулни състояния.

Като пример за уникално практическо приложение на CARS, експериментално е определена устойчивостта на прозрачни полимери полиметилметакрилат (PMMA) и полистирен (PS), при лазерно облъчване с ps импулси, в случай на двуфотонен резонанс на Раманов преход. Такава информация е полезна при лазерно-базирани обработки и изследвания на полимерни материали, за НЛО полимерни материали, прилагани в НЛО/фотонни устройства, многофотонни и специфични оптични и НЛО приложения, напр. преобразуватели, базирани на CARS, както и оптико-механични системи, задействани посредством два лазера в ps режим.

Експериментално са изследвани флуоресцентните свойства и кинетиката на фотопревключването на нови синтезирани фотохромни флуоресцентни спироафтоксазинови съединения. Изследвана е и възможността да се постигне ефективен контрол на фотоиндуцираната изомеризация на такива флуоресцентни молекулни фото-превключватели в разредени разтвори (10^{-4} – 10^{-5} M), а също и образуването на техни органо-метални комплекси с йони на: Mg^{2+} , Ca^{2+} , Cd^{2+} , Zn^{2+} или Pb^{2+} в разтвори с много



малка концентрация (10^{-5} M). Определена е ефективността на фотохромното преобразуване на съединенията, както и оптималните условия за взаимодействието им с металните йони при комплексообразуването. Изследването е насочено към търсене на начини за повишаване на ефективността на фотохромно преобразуване на спирооксазини, и има значение за практическото им приложение като сензори за метални йони, по-специално във водни среди.

Проведено е изследване на йонно-проводящ полимерен електролит PEO-5CB-NaIO₄-SWCNT, синтезиран от полиетилен окис (PEO), нематичен течен кристал пентилцианобифенил (5CB), натриев метапериодат (NaIO₄) и едностенни въглеродни нанотръбички (SWCNTs) с различна концентрация (от 0.025 wt%, до 0.24 wt%). Определен е ефекта на SWCNTs върху структурните свойства и йонната проводимост на гъвкави филми от PEO-5CB-NaIO₄-SWCNT, и е установена оптималната концентрация на SWCNTs за подобряване на йонната проводимост и други характеристики на изследваните нанокomпозитни електролитни материали. Електрическите свойства на филмите са анализирани въз основа на данните, получени чрез комплексна електрическа импедансна спектроскопия в честотния диапазон от 0.1 Hz до 1 MHz. Определена е йонната проводимост на PEO-5CB-NaIO₄-SWCNT нанокomпозитите и връзката ѝ със структурните характеристики на PEO-5CB-NaIO₄-SWCNT филмите. Тези пластични органични композитни електролити са важни като материали за компоненти и устройства за съхранение и преобразуване на енергия, както и за приложения в гъвкавата органична електроника.

Изследвана е натриево-йонна проводяща полимерна нанокomпозитна система, състояща се от поли(етилен окис) (PEO), поливинил пиролidon (PVP), натриев метапериодат (NaIO₄) и наночастици от TiO₂ (с размер 10 nm) с различни концентрации (1, 2, 3, 4 и 5 wt%). Гъвкави филми PEO/PVP/NaIO₄/TiO₂ с дебелина 150 μ m са характеризирани чрез измервания на комплексните им диелектрични спектри в честотен диапазон от 1 Hz до 1 MHz. Анализирано е какъв ефект има добавянето на наночастици от TiO₂ върху диелектричните свойства на филмите. Резултатите са съпоставени с данни, получени с микроструктурни методи на изследване – SEM и TEM, и са обяснени.

Проведени са серия от експерименти с приложение на комплексна електрическа импедансна спектроскопия за изследване на възможността за откриване на замърсители от перфлуороктан-сулфонова киселина (PFOS) във вода. PFOS-съединенията са дългосрочно устойчиви в околната среда и са опасни за човешкото здраве. За откриване на PFOS в реално време е използвана детекторна система, включваща многослоен Langmuir-Blodgett (LB) филм като сензор с наноразмерна дебелина (~ 50 nm) и с метало-органичен наноматериал - структура (MOF) MIL-101(Cr). Импедансни измервания с този сензорен елемент са проведени в честотния диапазон 1 Hz – 1 MHz на електричното поле. Установено е, че те имат необходимата чувствителност за откриване на PFOS молекули с малък размер (~500 nm), попаднали във вода, и могат да се ползват за тяхно откриване в реално време (минути) до концентрация 1 μ mol/L, съответстваща на европейските директиви за безопасност на водата.

Представена е уникалната фероелектрична смектична C_G фаза в нейни конфигурации с двоен ъгъл на наклон, индуцирана чрез смесване на димерния течнокристален материал 7OBA, служещ като матрица и функционализиран с амид графенов оксид (AmGO). По този начин беше създаден електрооптично управляем функционализиран нанокomпозит, проявяващ състояние с двоен ъгъл на наклон, демонстрирано чрез две подструктури - C_{Gd} (клинична) и C_{Gln} (наклонена). Изследвахме термичните и структурните характеристики на функционализирания нанокomпозит посредством микротекстуриран поляризационен и DSC анализи. При анализа на асиметрията на ендотермалния пик открихме междинно



състояние между C_{Gd} и C_{Gln} . Така се реализира увеличаване на степените на свобода на течнокристалния директор, което води до увеличаване на съответните микрополяризационни течнокристални текстури, които могат да реализират повърхнинна памет (запис на информация).

Изследвани са структурните и термодинамични характеристики на индуциран чрез твърди повърхности планарен липиден бислой в бионанокompозити, състоящи се от фосфолипиди и функционализирани чрез амид $[CON(CH_3)_2]$ въглеродни нанотръбички. За целта са приложени съвременните повърхнинни структурни методи Електромагнитен Ехо Ефект (ЕМЕЕ) и Диференциална сканираща калориметрия (ДСК). За да обясним фундаменталния за биомембраните проблем, устойчивост на планарната бислойна структура, при наложените от външни въздействия структурни конформации, включващи трансмембранните процеси, ние изградихме молекулен и макроскопичен модели на израстването на бислойната структура върху твърда повърхност. Показваме, че фосфолипидната бислойна структура, формирана върху твърда повърхност, е съществен модел на естествената клетъчна биомембрана, позволяващ биологични и биомедицински изследвания, включително биотехнологични приложения, като биочипове и биосензори.

Изследвани са механизмите на взаимодействие на 6 пептида с възможно антибактериално въздействие, с моделни клетъчни мембрани в сътрудничество на колективи, използващи различни методи: 1) синтез на образците и тяхното биохимично и биофизично характеризирание; 2) инфрачервена спектрофотометрия с Фурие-преобразуване и 3) електрохимична импедансна спектроскопия. Съответните лаборатории са: 1) Институт по биофизика и биомедицинско инженерство, БАН; Химикотехнологичен и металургичен университет – Факултет по аналитична химия и Факултет по органична химия; Медицински университет – Фармацевтичен Факултет, Департамент по химия; 2) Институт по физика на твърдото тяло, БАН, Лаборатория „Оптика и спектроскопия“; 3) Институт по физика на твърдото тяло, БАН, Лаборатория „Течни кристали и биомолекулни слоеве“.

Спектрите на споменатите многокомпонентни и сложни обекти липид-пептид са измерени с инструмент Bruker, Vertex 70 в геометрия на нарушено пълно вътрешно отражение (НПВО) с приставка PIKE MIRacle ATR, повишаваща на порядък чувствителността към оптичния сигнал. Спектрите са измерени в областта $4000-600\text{ cm}^{-1}$ с разделителна способност 2 cm^{-1} и усредняване на 100 сканирания. Използвани са 2 вида липиди за формиране на моделните клетъчни мембрани: 1-palmitoyl-2-oleoyl-glycero-3-phosphocholine (POPC) и L- α -phosphatidylcholine (EggPC). Изследваните пептиди са: натуралните Temporin A (DTA) и Temporin F (DTF), и още 4 синтетични. Преимущество на ИЧФП спектрите на дългите липидни молекули е, че има достатъчна спектрална дистанция между вибрационните честоти на колебание на дългите хидрофобни вериги и в групите на хидрофилните глави. По такъв начин спектърът е разделен на области, характерни за специфичните липидни групи, където би се наблюдавал ефект на взаимодействие с пептида. Областите са: $2800-3000\text{ cm}^{-1}$ характеризираща C-H симетричните и асиметрични линейни колебания в хидрофобните вериги, а също и CH_3 модове накрая на веригите и в холиновата група. Областта $1700-1750\text{ cm}^{-1}$ включва двете линии на C=O естерната карбонилна група, които са полезни за спектралната индикация на интегритета на мембранный интерфейс. В областта $1300-1600\text{ cm}^{-1}$ са линиите, отнасящи се към многобройните модове на огъване на групите CH_2 , CH_3 и NH. Нискочестотния интервал $900-1300\text{ cm}^{-1}$ характеризира предимно колебанията в групите на мембранный интерфейс. Спектрите във всички спектрални области са подробно дискутирани и дават индикация за липид-пептидни взаимодействия в различна морфология и степен. Само пептидът (DTDab) показва силни изменения в липидната мембрана, изявени в почти пълно



изглаждане на спектрите и предполагащи потенциал за антибактериална активност. Пептидът DTF показва частично проникване в областта на глицеролната група, а също и съществено влияние в подвижността на хидрофобните вериги. Спектрите на DTA, DTCit, DTOm и DTDar анализите свидетелстват за по-вероятно латерална ориентация на пептида с минимално влияние върху мембранната структура.

Има голямо търсене на твърди аморфни покрития и намаляването на напрежението в тях. Има трудности при поддържането на постоянна стехиометрия и възпроизводимост на индекса на пречупване. Друг аспект на нарастващ интерес е тяхната стабилност под въздействието на големи полета. На примера на отлагането на ZrO_2 слоеве във високовакуумна технологична система Syphony 9 (Tecport Optics), чрез спектрофотометрични и елипсометрични измервания, оптичните константи на този материал бяха определени според условията на отлагане и дебелината на слоя. Тънките слоеве бяха отложени чрез електронно лъчево изпаряване на ZrO_2 в два различни режима, за да се сравнят техните оптични характеристики и микроструктура. Един набор от проби беше произведен чрез йонно-асистирано отлагане (IAD), докато вторият беше приготвен без IAD, но субстратите бяха нагreti до $250^\circ C$ по време на изпаряване. Дебелините на филмите и в двете серии бяха 50, 100, 200 и 400 nm. Получено е, че оптичните константи на слоевете варират от дебелината, но са по-високи за тези слоеве, изготвени чрез IAD. Надеждността на данните за оптичните константи, определени по тази схема, е доказана чрез производството на няколко AR покрития. Рентгеновата дифракция, UV-Vis-NIR и спектрофотометрията с FTIR позволиха ефективно характеризиране на слоевете, разкриващо ролята на IAD в уплътняването на слоя. FTIR-ATR спектрите показват известно съдържание на вода и в двата вида проби, но с различен характер на свързване на H_2O молекулите. Регистрираните XRD забрани на нанополиморфи, корелирани с техните FTIR, показват нисочестотни фононни режими.

С цел разработване на генератор на бяла светлина за преходна абсорбционна спектроскопия с използване на диелектрични многослойни покрития за спектрално изглаждане беше проектиран и произведен многослоен диелектричен notch филтър, за да се изследват поляризационните свойства на континуум на бяла светлина, индуциран от фемтосекунден лазер. Покритието се използва за изглаждане на спектрите при нормално падане, за да пропуска целия видим спектър от 350 nm до 900 nm и да отразява дължината на вълната от 1040 nm. Крайната конструкция се състои от 41 слоя редуващи се материали с нисък (SiO_2) и висок (Al_2O_3) показатели на пречупване. Резултатът е постигнат само с едно пробно изпаряване благодарение на прецизното определяне на оптичните константи на субстанциите чрез UV/VIS/NIR спектрофотометрия и използваните софтуерни методи.

Разработено и внедрено е многослойно диелектрично огледало за лазерно лъчение с диаметър на лъча 120 mm. Използва се за разширяване на възможностите на лидарна система, която в момента работи само в хоризонтална посока. Това ще позволи измервания във вертикална посока (до 8-10 км) за изследване на стратификацията на аерозолните слоеве в атмосферата. За целта беше извършено числено моделиране на огледалото с помощта на специализиран софтуер. Няколко варианта бяха моделирани с помощта на различни материали и методи на отлагане. Всички те бяха адаптирани към възможностите на наличната технологична система Symphony 9, Tecport Optics, САЩ. В резултат на това беше избран вариант на 13-слойно покритие тип $H(LH)^6$ с материали SiO_2 (L слой) и TiO_2 (H слой). Съответствието на спектралната характеристика ($R > 95\%$ при ъгъл на падане 45° за двете дължини на вълната) на произведеното огледало беше проверено с прецизен изследователски UV-Vis-NIR спектрофотометър Lambda 1050 (Perkin Elmer). Коефициентът на отражение на огледалото беше взет в режим на абсолютно отражение



при ъгъл на падане 45^0 . Изискванията за здравина и издръжливост бяха тествани и проверени на специално изработен тестов образец.

Продължава работата за решаването на обратната задача в тънкослойната оптика чрез използване на невронни мрежи. На базата на експерименталните оптични спектри на тънки единични слоеве с различни дебелини в различни технологични режими е започнато формирането на база данни с цел обучаване на такива мрежи.

Анализирахме експериментално времевата динамика на оптично напompван полупроводников лазер с вертикално излъчване от повърхността и с външен резонатор (VECSEL), съдържащ полупроводников насищаем поглъtitел (SESAM). За тази цел използвахме натрупването на времеви серии при различна мощност на напompване. Установихме квазипериодичен път към хаотична динамика чрез характеризиране на Фурие спектрите, атракторите във фазовото пространство и експонентата на Ляпунов за всяко от наблюдаваните динамични поведения, а именно: периодична, квазипериодична и хаотична динамика.

Изведохме строго и детайлно диференциални уравнения със забавяне на спин-флип модела, описващ поляризационната динамика на полупроводниковите лазери с вертикално излъчване от повърхността и с външен резонатор (VECSEL-и), съдържащи полупроводников насищаем поглъtitел (SESAM). Представихме пълно аналитично извеждане на модела, като отчетохме фазовата и амплитудна анизотропии и различните времена на задръжка за ортогоналните линейни поляризации. Открихме числено режим на лазерно генериране на два линейно поляризиращи честотни гребена с различна честота на повторение, което се дължи на разликата във времената на забавяне поради двулъчепречупването в резонатора.

Предложихме и анализирахме числено нова методика за лазерна генерация във ВЕКСЕЛ-и с добре-дефинирана линейна поляризация, независимо от съществуващите фазови и амплитудни анизотропии. За целта използвахме диелектрични колонни тънки слоеве (CTF) в разпределения Браг отражател (DBR) на ВЕКСЕЛ-ите. В единия ни подход горното лазерно огледало се състои от редуващи се четвърт-вълнови CTF слоеве, израснати с ортогонална ориентация на колоните и притежаващи висок и нисък показател на пречупване. Пресметнахме дисперсионните характеристики на обикновения и необикновения им показатели на пречупване в зависимост от ъгъла на изпарение и установихме при какъв ъгъл те съвпадат за двата материала, т.е. за една линейна поляризация светлината вижда еднородна среда. Показахме, че VCSEL с такова колонно Браг огледало притежава огромен дихроизъм на загубите от огледалата за двете ортогонални линейни поляризации. Демонстрирахме и конструкция с паралелна ориентация на CTF колоните. Във втория ни подход използваме само един CTF слой, избран по такъв начин, че само една линейно поляризираща надлъжна мода да е в резонанс в лазерния резонатор, докато ортогонално поляризиращата мода не е в резонанс и поради това не се генерира. Оценката ни за модовото потискащо отношение за CTF-VCSEL-и базирани на TiO_2 и Ta_2O_5 диелектрични CTF е от порядъка 80 dB, което превъзхожда съществуващите алтернативни методики.

Предложихме нов тип спин-ВЕКСЕЛ-и, чието двулъчепречупване е контролирано по дизайн. За тази цел използвахме отново колонни тънки слоеве (CTFs) в разпределеното Браг огледало и/или във втори диелектричен резонатор. Конструирахме такива CTF-VCSEL-и с предварително дефинирано двулъчепречупване и пресметнахме техните линейно поляризиращи надлъжни моди и съответните фактори на ограничение в кватовите ями и праговото усилване за лазерна генерация. Като използвахме спин-флип ВЕКСЕЛ модела, показахме, че така предложените спин CTF-VCSEL-и могат да достигнат модулационен отговор на малък сигнал с 3dB честота на отсечка от няколко стотин GHz.



Извършени са пионерни изследвания по получаване на планарни вълноводи чрез протонен обмен в хибридният кристал литиев ниобат-танталат ($\text{Li}_{1-x}\text{Nb}_x\text{TaO}_3$). Технологията се прилага за първи път към този материал, а получените резултати са сравнени с тези, наблюдавани при литиев ниобат. Определени са кинетичните параметри на дифузионния процес, напреженията и деформациите в кристалната решетка. Изследванията разширяват потенциалните възможности за използване на този кристал като нова платформа в интегралната фотоника и микроелектрониката.

С помощта на структурни и оптични методи е извършено комплексно изследване на влиянието на термичната предварителна обработка на пластини от литиев ниобат върху формирането на протонообменни планарни вълноводи. Установено е, че термичната предварителна обработка намалява деформациите и плътността на дислокациите в термично обработените протонообменни вълноводи. Показано е, че структурните фазови трансформации по време на отгряване на вълноводите настъпват по-бързо в хомогенизираните чрез такава обработка проби. Получените резултати са важни за проектирането на базирани на литиев ниобат фазови и амплитудни модулатори със стабилни характеристики.

Описани са ефектите от различни въздействия (термични, плазмени, химични) върху повърхността на литиев ниобат и върху структурата и оптичните характеристики на вълноводите с протонен обмен. Установено е, че предварителното отгряване при 500 °C подобрява структурната хомогенност на конгруентния литиев ниобат и по този начин позволява производството на вълноводи с по-високо качество. Предварителната обработка с Ag-плазма поврежда кристалната повърхност и увеличава деформациите на решетката. Химическата обработка влияе на състава на повърхността на литиевия ниобат и показателя на пречупване в отгритите протонно-обменни вълноводи. Резултатите осигуряват по-добро разбиране на ролята на кристалните повърхности при производството на дифузионни вълноводи и фотонни интегрални схеми.

Направление „ЛАЗЕРНА ФИЗИКА И ФИЗИКА НА АТОМИТЕ, МОЛЕКУЛИТЕ И ПЛАЗМАТА“

Изследвано е влиянието на различни видове наночастици (графенов оксид – GO, легиран графенов оксид GO PEG, златни – сферични и пръчици) при три дължини на вълните на лазерното лъчение (343 nm, 515 nm, 1030 nm) за подобряване на фототермална противоракова терапия. Изследван е ефектът върху клетки хепатоцелуларен карцином – HepG2 и кучешки бъбрек на Madin-Darby при две плътности на мощността на лазерното лъчение 0.1 W/cm² и 0.2 W/cm² и две времена на продължителност на облъчването – 5 и 10 минути. Процентът на клетъчна жизнеспособност намалява съответно до 60.6% и 53.8 % в случай на клетки, третирани с AuNPs и облъчени с 343 nm и интензитет 0.1 W/cm² за 5 и 10 минути. Резултатите показват, че pGO-PEG NPs показват по-добра фототермична ефективност от pGO, при облъчване с 515 nm, предизвикващо повишаване на температурата до 19.1 °C в сравнение с 4.7 °C при 1030 nm. Лазерното облъчване с 515 nm значително намалява жизнеспособността на HepG2 клетките, като най-интензивните условия (10 минути при 0.2 W/cm²) причиняват намаление до 58.2 % с pGO и 43.5 % с pGO-PEG. Нормалните MDCK клетки показват минимално въздействие или леко увеличение на жизнеспособността, особено с pGO-PEG при 515 nm.

Изследвани са ефектите от фемтосекундно лазерно облъчване с различни дължини на вълните (343 nm, 515 nm, 1030 nm) върху твърди зъбни тъкани (емайл и цимент). Наблюдава се почти линейна зависимост на дълбочините на третирани зони при облъчване за 1 s и 10 s при еднакви параметри на лазерното лъчение като при цимента се наблюдава карбонизация на тъканта около място на обработка. Изследвани са ефектите от



обработка с фемтосекундно лазерно лъчение и при композитни материали, използвани широко за зъбни пломби. Измерванията на 3D профилите, получени при обработките, показват, че дълбочината на третираните зони се увеличава линейно с приложената импулсна енергия, като същевременно се запазват всички други параметри, фиксирани за дадена предварително зададена обработка. Същата линейна корелация се наблюдава при промяна на броя на циклите, които са извършени за дадена предварително зададена настройка.

Изградена е установка за повърхностно модифициране на оптични образци, включваща фемтосекундния лазер, оптична периферия и транслационна маса. Бяха Направени са първоначални експерименти с образци от боросиликатно стъкло с покрития от SiO_2 и Al_2O_3 . Параметрите на лазера и на транслационната маса ще бъдат оптимизирани допълнително.

Използвайки z-scan метод, с фемтосекундна лазерна система са определени нелинейните характеристики (нелинеен показател на пречупване n_2 и коефициента на нелинейно многофотонно поглъщане β) на фиброин и оптични стъкла, дотирани със златни наночастици.

С фемтосекундната лазерна система са индуцирани също така ядрени реакции с участието на хелиеви ядра, които включват ядрен разпад с излъчване на гама кванти и неутрони и ядрен синтез, улеснен от намаленото Кулоново отблъскване, водещ до освобождаване на значителна ядрена енергия.

В областта на квантовия контрол и квантовите компютри е изучена квантова ламбда система от три състояния, при която междинното състояние претърпява силна загуба на заселеност, и е показано, че този подход може да се използва за бързо създаване на кохерентни суперпозиции между двете основни състояния за кратко време, особено когато междинното състояние има кратко време на живот. Идеята е заселеността на светлото състояние, образувано от основните състояния, да бъде изчерпана чрез канала на загуба, което оставя заселеността „заклучена“ в тъмното състояние. Това състояние може предварително да се проектира като желана кохерентна суперпозиция чрез подходящ избор на връзките. Създаден е също така метод за определяне на фононите на система с две нива, свързана с хармоничен осцилатор, използвайки изследване на заселеностите на състояния с различен брой фонони чрез ултратесноивични композитни импулси. Методът е демонстриран експериментално върху йон в капан и наблюдавано добро съвпадение с числените симулации.

В областта на нелинейната оптика и квантовооптичните аналогии е направено теоретично изследване, в резултат на което е предложена техника за изграждане на ширококолентови нересципрочни четвъртвълнови пластини чрез комбинация от няколко нересципрочни вълнови пластини, като бързата ос на всяка е завъртяна на предварително изчислени ъгли. Предложената конструкция може да се използва на ширококолентов оптичен изолатор, който има предимството да бъде устойчив на вариации в температурата, дължината на кристала и магнитно поле.

Предприети са рехабилитационни действия по съживяването на магнито-оптичния капан, включващи анализ на установката и трансфер на знание чрез посещение на 3 научни групи в Дармщадт, Германия и една в Стокхолм, Швеция. Подготвена е публикация на тема „Robust Composite Molmer-Sorensen gate“ във връзка с изпълнение на проекта BRISQ. Разработва се квантов сензор, който е базиран на йонни капани.

Извършен е спектроскопски анализ чрез лазерно индуцирана плазмена спектроскопия (LIPS) и инфрачервена спектроскопия с преобразуване на Фурие в режим на нарушено пълно вътрешно отражение (ATR-FTIR) на археологични находки (фрагменти от керамики) от територията на цяла България, обхващащи епохите неолит и



халколит. Данните, получени от полуколичествения елементен LIPS анализ са статистически обработени с компонентен анализ (Principal Component Analysis – PCA). Освен определянето на елементите и минералите, които присъстват в пигментите, използвани за декорацията на фрагментите, спектралните изследвания дават възможност да се формулират хипотези за техниките на подготовка, нанасяне и последваща обработка на декорациите. Направен е също така спектрален анализ на фрагменти от цветна мазилка (стенопис) от тракийска гробница (Александровска гробница), като са детектирани основните и примесните елементи и са установени основните минерални пигменти, използвани за оцветяване на мазилката. Започната е дейност по анализиране на златни и сребърни предмети от Рогозенското съкровище за определяне технологиите на производство и произхода на предметите.

През отчетния период беше изготвена литературна справка за изследвания свързани с газоразряден източник - лампа на Грим.

Разработени са и са изследвани три лазерни тръби за лазер с пари на злато (Au), генериращ на атомните Au линии 312.2 nm и 627.8 nm, както следва: лазерна тръба ЛТ 1 с активен обем 8.1 cm³ (диаметър 4.5 mm и дължина 51 cm); лазерна тръба ЛТ 2 с активен обем 15.0 cm³ (диаметър 6 mm и дължина 53 cm); лазерна тръба ЛТ 3 с активен обем 5.5 cm³ (диаметър 4 mm и дължина 43.5 cm), който е определен от керамични втулки, между които са поставени Au парчета. С лазерна тръба ЛТ 1 са получени средни изходни мощности 108 mW и 1.430 W съответно на линиите 312.2 nm и 627.8 nm, на които съответстват специфични средни лазерни мощности (ССЛМ), т. е. средна мощност от 1 cm³, от 11.1 mW.cm⁻³ и 176.5 mW.cm⁻³ съответно за линиите 312.2 nm и 627.8 nm. Трябва да се отбележи, че най-високите стойности на ССЛМ, посочени в литературата, са 8.5 mW.cm⁻³ и 50.0 mW.cm⁻³ съответно за двете линии 312.2 nm и 627.8 nm. С лазерна тръба ЛТ 2 е достигната средна лазерна мощност 432 mW на атомната Au линия 312.2 nm, т. е. ССЛМ е 28.8 mW.cm⁻³. С лазерна тръба ЛТ 3 е получена средна изходна мощност 212 mW на линията 312.2 nm, т. е. ССЛМ е 38.5 mW.cm⁻³. С лазерна тръба ЛТ 3 за първи път в света е получена лазерна генерация с неустойчив резонатор. С ВВО нелинеен кристал е получена за първи път лазерна генерация на линията 208.5 nm чрез смесване на честотите на линиите 312.2 nm и 627.8 nm. В литературата е описано получаването на генерация на линията 209.3 nm чрез генерация на трета хармонична на атомната Au линия 627.8 nm. Проведени са експериментални изследвания за честотно преобразуване с KDP и ВВО нелинейни кристали на лазерното лъчение на лазерна система генератор – усилвател с пари на меден бромид (CuBr), генерираща на атомните линии на медта (Cu). Получена е лазерна генерация на линиите 255.3 nm, 271.2 nm и 289.1 nm. С KDP нелинеен кристали е получена средна лазерна мощност 462 mW на линията 289.1 nm чрез удвояване честотата на атомната Cu линия 578.2 nm, която е 2.8 пъти по-висока от посочената в литературата.

3.1. НАЙ-ЗНАЧИМО НАУЧНО ПОСТИЖЕНИЕ ЗА 2024 г.

Тема: Приложение на Рамановия анализ в характеризирането на 2D материали

Колектив: П. М. Рафаилов, Д. Димитров, К. Бучков

Направление: Функционални материали и наноструктури

Лаборатория: „Физика на материалите и ниските температури“

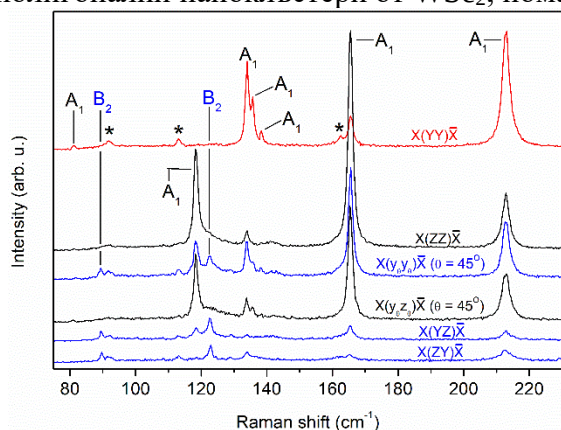
Резюме: Двумерните (2D) структури от дихалкогениди на преходни метални (напр. WS₂, MoS₂, WSe₂, WTe₂ и т.н.) се считат за едни от най-перспективните материали за иновативни електронни устройства. Поради техните интересни и зависими от броя



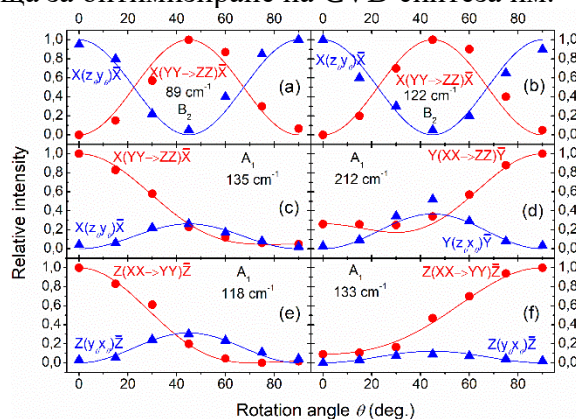
монослоеве оптични, термични и електронни свойства, се очаква да революционизират електрониката, оптоелектрониката и фотониката, съчетавайки няколко функции в едно устройство. Това изисква възпроизводими техники за синтез на кристали, слоеве и хетероструктури от тези материали и достоверна характеристика на образците, за което много подходящ метод е Рамановата спектроскопия.

Монокристали от WTe_2 с достатъчна дебелина за триизмерна характеристика бяха израстнати по т. нар. self-flux метод и бяха снети поляризирани Раманови спектри като функция от ъгъла на завъртане на кристалите около оста на възбуждащия лазерен лъч във всички три базови равнини. Посредством зависимостта на Рамановия интензитет от този азимутален ъгъл бяха определени съотношенията на големините на всичките три тензорни елемента на A_1 фононите и бяха намерени техните фазови разлики. В тези експерименти бяха идентифицирани два нови Раманово-активни фонона със симетрия B_2 и честоти от 89 cm^{-1} и 122 cm^{-1} .

С Раманов анализ се направи и полуколичествена оценка на броя монослоеве в полигонални наноклъстери от WSe_2 , помагаща за оптимизиране на CVD синтеза им.



Раманови спектри на монокристал WTe_2 с възбуждащ лазерен лъч по оста X.



Зависимост на относителния интензитет на избрани WTe_2 Раманови линии от азимуталния ъгъл в паралелна поляризация (червено) и перпендикулярна поляризация (синьо).

3.2. НАЙ-ЗНАЧИМО НАУЧНО-ПРИЛОЖНО ПОСТИЖЕНИЕ ЗА 2024 г.

Тема: Приложение на фемтосекунден лазер за целева доставка на лекарствени продукти и третиране на ракови заболявания, използвайки археозоми обогатени с наночастици от злато и графенов оксид

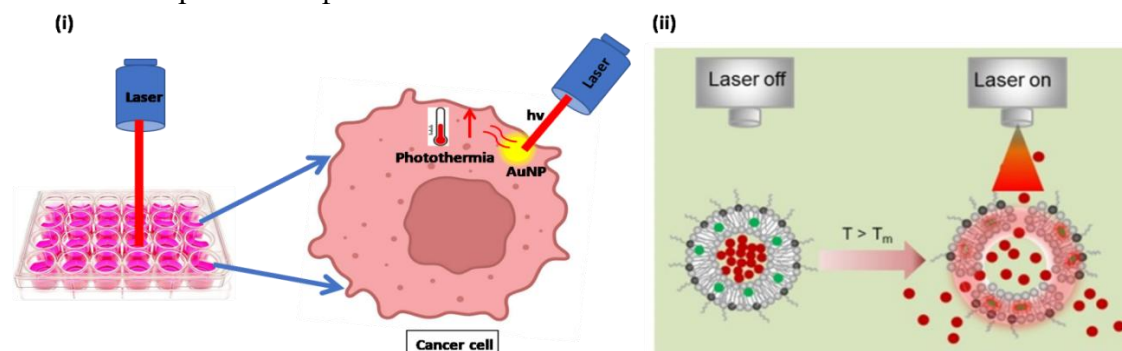
Колектив: П. Б. Сантош, Л. Стойчев, Т. Петров, Ю. Генова

Направление: Физика на меката материя

Лаборатория: „Течни кристали и биомолекулни слоеве“

Резюме: „Археозомите“ са ново поколение липозоми, съставени от археални етерни липиди. Поради тяхната стабилност при различни условия на околната среда, те служат като отлична система за доставяне на лекарства. Това проучване изследва потенциала на фемтосекундния (fs) лазер да индуцира фототермия и контролирано освобождаване на лекарство от археозоми (Фигура 1). За оптимизиране на параметрите на облъчване, археозомите, заредени с противораково лекарство, доксорубицин (DOX) и наночастици злато/графенов оксид, бяха третирани in vitro с клетки от човешки хепатоцелуларен

карцином (HepG2) и облъчени с fs лазер при различни дължини на вълната (343, 515, и 1030 nm), мощност (0,1 и 0,2 W/cm²) и продължителност (5 и 10 минути). Морфологията, колоидната стабилност и потенциалът за освобождаване на лекарството на археозомите бяха оценени чрез техники като трансмисионна електронна микроскопия, динамично разсейване на светлината, FTIR и UV-vis спектроскопия. Ефективността на преобразуване на наночастиците, морфологията и жизнеспособността на HepG2 клетките след лазерно третиране бяха оценени с помощта на инфрачервен термометър, фазово-контрастна микроскопия и WST-1 анализ. Изображенията от оптична микроскопия показват значителна промяна в цялостната морфология на клетките, третирани с археозоми, капсулирани с двата типа наночастици и облъчени с лазерна светлина. Изследването на кинетиката на освобождаване на лекарството показва, че fs лазерното облъчване позволява контролирано освобождаване на лекарство от археозомите. Златните наночастици показват значително намаляване на клетъчната жизнеспособност в сравнение с графеновия оксид, демонстрирайки синергичен фотохимиотерапевтичен ефект, предизвикан от fs лазера. Резултатите проправят пътя за проектиране на по-евтин, ефективен и минимално инвазивен подход за лечение на рак с помощта на fs лазери с намалени странични ефекти.



Фигура 1: Схематично представяне на (i) фемтосекундно лазерно облъчване на HepG2 ракови клетки третирани с археозоми обогатени с наночастици и (ii) лазерно индуцирано освобождаване на лекарство от археозомите.

4. МЕЖДУНАРОДНО НАУЧНО СЪТРУДНИЧЕСТВО НА ИНСТИТУТА ПО ФИЗИКА НА ТВЪРДОТО ТЯЛО ПРЕЗ 2024 г.

През 2024 г. институтът продължава активно сътрудничество с университети, лаборатории и академични организации от цял свят. Международните партньорства и дейности са неотменна част от научната дейност: 36 публикации от общо 85 излезли от печат през 2024 г. са в съавторство с чуждестранни учени в сътрудничество с многонационални авторски колективи.

ИФТТ взема дейно участие в проекти за изграждане на научни мрежи в Европа, в рамките програмата COST под ръководството на доц. Е. Йорданова и проф. Д. Димитров, също и ЕРА-NET с ръководител проф. Д. Димитров.

През 2024 г. проф. д-р Виктория Виткова координира научен проект по COST акция CA22153 - European Curvature and Biology Network (EuroCurvoBioNet) в качеството си на член на управителния съвет и ръководител на Работна група 2 „Curvature of Cellular Membranes” (<https://www.curvobio.com/people>). През изминалата година бе осъществена и работна визита от доц. д-р Пурнима Будиме Сантош в Индийския технологичен институт Мадрас в гр. Ченай, където тя проведе съвместна експериментална научна дейност с



индийските колеги по лазерно индуциран фототермичен ефект при използване на златни нанобекти върху жизнеспособността на клетъчни култури, а по-късно през годината, д-р Свати Судхакар от катедрата по приложна механика и биомедицинско инженерство, Индийски технологичен институт Мадрас, взе участие в „23тата международна конференция и школа по квантова електроника: лазерна физика и приложения“, проведена от 23 до 27 септември 2024 г. в град Равда, България, където тя изнесе поканен доклад на тема “Nanoarchaeosomes Coupled Gold Nanorods: A Synergistic Approach to Chemo-Photothermal Cancer Therapy”.

Продължава активното международно научно сътрудничество на учени от няколко лаборатории на института, в частност лаб. „Течни кристали и биомолекулни слоеве“, лаб. „Физични проблеми на микроелектрониката“, лаб. „Физика на материалите и ниските температури“, лаб. „Лазери с метални пари“ и лаб. „Оптика и спектроскопия“ с десетки международни научноизследователски центрове, като Институт по ниски температури и структурни изследвания, Полска академия на науките; Университетите Париж-VI: Пиер и Мария Кюри и Париж-VII: Дидро, Франция; Университет Любляна; Индийски технологичен институт Мадрас; Фраунхоферов Институт, Ерлаген, Германия; Dipartimento di Fisica "E. R. Caianiello", Università degli Studi di Salerno, / SPIN-CNR division, Салерно, Италия; National Tsing Tung University Тайван; Istituto per la Microelettronica e Microsistemi (CNR-IMM), Италия; Институт по физика, Варшава, Полша; Институт по електронно инженерство, Словацка Академия на Науките, Братислава Словакия; Университет „Св. св. Кирил и Методий“, Скопие, Македония; Университет Ниш, Сърбия; Институт за структурни изследвания и ниски температури, Вроцлав, Полша; ОИЯИ-ДУБНА, Русия; Катедра по приложна физика и фотоника, Университет Вриже, Брюксел, Белгия; Катедра по науки, Брюкселски свободен университет, Брюксел, Белгия; Институт по оптични изследвания, Чилийски университет, Сантиаго, Чили; Вайерщрас институт, Берлин, Германия; Национален институт за лазерна плазма и радиационна физика, Букурещ, Румъния; Техническият университет Айндховен, Айндховен, Нидерландия; Университет Западна Бохемия, Пилзен, Чехия; Национален институт по изследвания за развитие на оптоелектрониката, Магуреле, Румъния.

Традиционно, ИФТТ осъществява дългогодишно сътрудничество по линията на ЕБР и междуакадемично сътрудничество между БАН и съответните научни организации, а някои учени от ИФТТ провеждат и работни визити в рамките на програмата „Еразъм”.

5. УЧАСТИЕ НА ИНСТИТУТА ПО ФИЗИКА НА ТВЪРДОТО ТЯЛО В ПОДГОТОВКАТА НА СПЕЦИАЛИСТИ ПРЕЗ 2024 г.

През 2024 година Институтът значително разшири своето участие в подготовката и привличането на специалисти. Освен традиционното академично обучение, института активно се ангажира с проекти, които дават възможност за реализация на младите учени в научната и индустриалната сфера. Също така, институтът продължи активното си участие в създаването на партньорства с университети и научни организации (две нови рамкови споразумения за сътрудничество), както и индустриални партньорства (мемуандум с Японска организация в областта на комуникациите и споразумение за сътрудничество с българско неправителствено сдружение в обществена полза между представители на бизнеса, академични институции и неправителствени организации) в България и чужбина, което осигурява на младите учени достъп до глобални изследователски мрежи и иновационни платформи. В резултат на тези усилия през 2024 г. бяха осъществени нови научни изследвания и разработки, както и започването на две нови проектни доктрантури съвместно с индустриални партньори в рамките на Плана за възстановяване и устойчивост.



В научната и проектна дейности на института са включени млади учени - постдокторанти, докторанти, дипломанти и студенти. Служители от ИФТТ са ръководители, консултанти и преподаватели с активно участие в процеса на подготовка на следващото поколение специалисти от България и чужбина.

Двама млади учени развиват възможностите на спектралните техники за научноприложни изследвания в областта на археологията и археометрията, като част от младежките проекти в направление „Физически науки“ на фонд „Научни изследвания“.

Млади учени от ИФТТ участват в Националната програма „Млади учени и постдокторанти – 2“. През изминалата година, продължи работата и приключиха първоначални отчетни етапи по 5 предложения по програмата, има подадена заявка за включване на 1 нов проект.

ИФТТ поддържа акредитацията си за обучение в образователната и научна степен „доктор“ в научни области от професионално направление 4.1. „Физически науки“ по специалности: „Физика на кондензираната материя“ и „Лазерна физика и физика на атомите, молекулите и плазмата, и физика на вълновите процеси“. През 2024 г. в института се обучават 6-ма докторанти (1 в задочна форма, 2 на самостоятелна подготовка, 2 по проектни докторантури и 1 отчислен с право на защита), от които 2-ма новозачислени. Учени от направление „Функционални материали и наноструктури“ участват активно в националната програма за студентски стажове и практики.

През изминалата година няколко учени от института заеха по-високи академични длъжности и научни степени, както следва: д-р Пурнима Сантош зае академичната длъжност „доцент“, биолог Велизар Георгиев зае академичната длъжност „асистент“, инж. Теодор Гръков зае академичната длъжност „асистент“, доц. Карекин Есмерян придоби научната степен „доктор на науките“.

През декември 2024 г. се проведе в гр. Копривница традиционният Зимен семинар „Интердисциплинарна физика“ на докторантите и младите учени от институтите на БАН, организиран от ИФТТ. Темите на лекциите и резюметата на докладите са публикувани в електронен формат. Представените доклади от докторантите и младите учени бяха върху най-актуални теми от областта на микроелектрониката, физиката на кондензираната материя, фемтосекундните лазери и сензориката.

Експерти от ИФТТ са ръководители и консултанти на стажанти, дипломанти и докторанти от академични институции в страната и чужбина: Universidad Nacional de Educacion a Distancia, Испания, Химикотехнологичен и металургичен университет София.

Служители от института развиват преподавателска дейност в основни и специализирани курсове. Специалисти в съответните научни области провеждат лекционно обучение по бакалавърски, магистърски и докторантски програми в следните висши училища и академични центрове: Universidad Nacional de Educacion a Distancia; Университет по архитектура, строителство и геодезия; Пермски държавен национален университет.

Учените от ИФТТ предоставят специализирани курсове към Центъра за обучение към БАН: Получаване на нано-размерни слоеве и структури за приложение в нано-електрониката, спинтрониката, оптоелектрониката, сензориката и биофизиката; течнокристален подход във физиката на живата материя; взаимодействие на лазерното лъчение с веществото; компютърно моделиране на комплексни системи; увод в теорията на фазовите преходи; свръхпроводимост; експериментални методи в атомната физика;



видове и свойства на газовите разряди, използвани в лазерите и нелинейни възбуждения в кондензирани среди, както и базовия курс – основи на LaTeX.



6. ИНОВАЦИОННА ДЕЙНОСТ НА ИНСТИТУТ ПО ФИЗИКА НА ТВЪРДОТО ТЯЛО И АНАЛИЗ НА НЕЙНАТА ЕФЕКТИВНОСТ ПРЕЗ 2024 г.

6.1. Осъществяване на съвместна иновационна дейност с външни организации и партньори

ИФТТ има многобройни патенти и научноприложни разработки. Представени са нови проектни предложения съвместно с фирми в рамките на Програмата за устойчивост и развитие. Изпълняват се научно-приложни договори, възложени от фирми от страната и чужбина съвместно с партньорски организации. Разработките на института включват иновативни технологични решения, част от които вече са внедрени и имат индустриална реализация.

През изминалата 2024 г. продължава работата по проект на тема „Изследване и развитие на иновационно решение за оценка на замърсяване с микропластмаси във водна среда“ в партньорство с „Аква лид“ ООД. Финансирането се извършва от Националния иновационен фонд.

6.2. Интелектуална собственост

В ИФТТ се поддържат общо 27 патента. През 2024 г. има одобрени три нови патенти и един полезен модел:

- 1) **К. Д. Есмерян, Ц. А. Йорданов, Ю. В. Лазаров, Л. Г. Вергов**, Метален държател за кварцов пиезоелектричен сензор, функциониращ в условия на отрицателни температури, № 67606 В1, 29.01.2024 г., София, България.
- 2) **К. Д. Есмерян** и **Т. А. Чаушев**, Свръхнеомокряеми въглеродни сажки като функционален активатор на човешки сперматозоиди, № 67639 В1, 13.06.2024 г., София, България.
- 3) **К. Д. Есмерян** и **Ю. И. Федченко**, Метод за получаване на износоустойчиви неомокряеми покрития от въглеродни сажки, № 67662 В1, 07.10.2024 г., София България.
- 4) **Л. М. Ковачев, И. Ангелов Е. И. Йорданова, Г. П. Янков**, „Система за инициране на ядрени реакции при разпад на хелиеви ядра до ядра на хелиеви изотопи и деутериеви ядра и последващи реакции ядрен синтез с приложение за лазерен ядрен реактор”, рег. № 4982 U1 от 31.12.2024 г., София, България.

През 2024 г. са подадени две заявки за български патент, една заявка за международен патент:

- 1) **К. Д. Есмерян** и **Т. А. Чаушев**, „Метод за криоконсервация на човешка семенна течност без използване на криопротектанти“, рег. № 113891 от 25.04.2024 г., София, България.
- 2) **Л. М. Ковачев, И. П. Ангелов, Е. И. Йорданова, Г. П. Янков**, „Метод и система за инициране на ядрени реакции при разпад на хелиеви ядра до ядра на хелиеви изотопи и деутериеви ядра и последващи реакции ядрен синтез с приложение за лазерен ядрен реактор”, рег. № 6228 от 22.08.2024 г., София, България.
- 3) **Л. М. Ковачев, И. Ангелов, Е. И. Йорданова, Г. П. Янков**, “Метод и система за инициране на ядрени реакции при разпад на хелиеви ядра до ядра на хелиеви изотопи и деутериеви ядра и последващи реакции на ядрен синтез с приложение за лазерен ядрен реактор”, рег. № РСТ/BG2024/000017 от 09.12.2024 г.



Патентно-иновационната дейност по традиция е една от ключовите дейности за ИФТТ. Тя гарантира запазване на създадената в ИФТТ интелектуална собственост, която е важен потенциал при трансферирането ѝ като технологии към националната промишленост. В изобретателството се включват повече млади хора. Наблюдава се също така разширяване на обхватът на лабораториите, които имат признати изобретения и се появяват нови изобретателски екипи. Похвално е сътрудничеството с ИЕ, БАН.

6.3. Технологии с потенциал за трансфер в промишлеността

В ИФТТ-БАН се осъществява и съвместна иновационна дейност с външни организации и партньори, като на този етап са налични следните научни продукти с потенциал за стопанска реализация:

- 1) Динамичен тягов интегратор
- 2) Оптимално разпределение на подвижен състав
- 3) Прогнозиране на трафик
- 4) Устройство за визуализиране на неравномерности по повърхности
- 5) Устройство за контрол на състава на образци
- 6) Нанотехнология за криоконсервация и функционална активация на човешки сперматозоиди

7. СТОПАНСКА ДЕЙНОСТ НА ИНСТИТУТА ПО ФИЗИКА НА ТВЪРДОТО ТЯЛО И АНАЛИЗ НА НЕЙНАТА ЕФЕКТИВНОСТ ПРЕЗ 2023 Г.

Съвместна стопанска дейност:

ИФТТ няма договори за съвместна стопанска дейност.

Отдаване под наем

Продължи отдаването под наем на помещения и терени на фирми и физически лица, както следва:

1. АКВА ЛИД
ООД
2. Аплай ЕООД
3. АРХАТ ЕООД
4. Аски ООД
5. Без Паника ЕООД
6. БУЛ ТРЕЙДИНГ КОНСУЛТ ЕООД
7. Булпод ЕООД
8. Булрентал ЕООД
9. БФМ ЕООД
10. Вертех ЕООД
11. Гитава ЕООД
12. Гопал Прасад ЕООД 4
13. ГОПАЛ ПРАСАД ЕООД
14. ГОПАЛ ПРАСАД ЕООД 2



15. ГОПАЛ ПРАСАД ЕООД 3
16. Дива 2009 ЕООД - бистро
17. Дино Арт ЕООД
18. Еполукс България ЕООД
19. ИНТЕРЕСНО-БГ ЕООД
20. Каффа Ойл ЕООД
21. МАКС ЛАЗЕР ЕООД
22. Мирослав Гергинов
23. Михаил Руменов Николов
24. Михаил Янков ЕТ
25. Михаил Янков ЕТ 2
26. Нати 75 ЕООД
27. Ник трейд 12 ЕООД
28. Николай Байнов
29. Пулслайт ООД
30. Радослав Иванов
31. Семра Дургут
32. Симеон Каменов
33. СИМПЕКС-ДИ ЕООД
34. Скай принт ООД
35. Стоян Нешев
36. Теодор Станоев
37. Ченти спорт-България ООД

8. КРАТЪК АНАЛИЗ НА ФИНАНСОВОТО СЪСТОЯНИЕ НА ИНСТИТУТА ПО ФИЗИКА НА ТВЪРДОТО ТЯЛО ЗА 2024 г.

Институтът се финансира от бюджета и със собствени средства. Приходите са както следва: от бюджетната субсидия – **5 018 923 лв.**, собствени средства **284 572 лв.**, трансфери от ФНИ-МОН – **377 960 лв.**, вътрешни трансфери получени - **172 571 лв.**

Разходите са 6 122 810 лв. както следва:

01 Заплати и възнаграждения по проекти	4 008 085 лв.
05 Осиг. вноски работодател	606 866 лв.
10 Издръжка	1 104 335 лв.
/НИР, охрана, командировки, раб.облекло, м-ли, външни у-ги, тек.ремонти, вода, парно, телефони, ел.е-я/	
19 Платени данъци и такси	6 767 лв.
52 ДМА и НДМА	396 757 лв.

Списъчният състав на Института за 2024 година е 154 служители.

9. ИНФОРМАЦИОННА ДЕЙНОСТ НА ИНСТИТУТА ПО ФИЗИКА НА ТВЪРДОТО ТЯЛО ПРЕЗ 2024 г.



9.1. ИНИЦИАТИВИ И СЪТРУДНИЧЕСТВА ПРЕЗ 2024 г.

Институтът по физика на твърдото тяло продължава традицията си да отбелязва важни годишнини и значими научни постижения и да осъществява дейности, целящи повишаване на информираността на обществото за ползите от провежданите фундаментални и приложни изследвания и на произтичащите от тях иновации в индустрията.

Сътрудничества и партньорства:

- **Меморандум за сътрудничество с Advanced Telecommunications Research Institute International (ATR), Япония**

На 7 ноември 2024 г. Институт по физика на твърдото тяло при БАН разшири мрежата от международни партньорства с фокус върху иновациите, подписвайки споразумение за сътрудничество с японския институт – Advanced Telecommunications Research Institute International (ATR). Целта на меморандума е да засили сътрудничеството между България и Япония в областта на технологичните иновации, индустриалните изследвания и развитието. Двете страни се ангажираха да идентифицират и подкрепят конкретни проекти и партньорства, които да стимулират иновациите и икономическия растеж.

- **Активно участие в мрежата ELI-ERIC**

На 2 юли 2024 г. Институт по физика на твърдото тяло бе домакин на официална работна среща с международно участие на тема: „Бъдещето на изследванията с екстремна светлина: възможности и предизвикателства за България в рамките на ELI-ERIC“. Събитието бе посветено на възможностите и предизвикателствата на страната ни в рамките на научното обединение Extreme Light Infrastructure (ELI-ERIC) и е важен етап в пътя на България към присъединяването ѝ като пълноправен член в консорциума Extreme Light Infrastructure (ELI-ERIC).

- **Споразумение за сътрудничество с Българския институт по отбрана „Проф. Цветан Лазаров“ в областта на иновационните технологии**

На 22.07.2024 г. ИФТТ- БАН и Институт по отбрана „Проф. Цветан Лазаров“ сключиха споразумение за сътрудничество. Документът има за цел да представи готовността на двете страни за обмен на информация, знания, опит, идеи и добри практики, организиране и провеждане на научни форуми, презентации, обучения, съвместно кандидатстване по проекти в областите на интерес на двете страни.

- **Споразумения за сътрудничество с Физическия факултет на Софийския университет „Св. Климент Охридски“**

Чрез споразумението за сътрудничество с ФзФ към СУ ИФТТ-БАН цели да разшири възможностите в посока обогатяване на учебния процес на студентите от ФзФ чрез включване в лабораторни упражнения, лекции и практики в ИФТТ-БАН; провеждане на специализации, стажове и практически обучения на студенти от ФзФ и докторанти от ФзФ и ИФТТ-БАН; съвместна научноизследователска дейност в областите на компетенции на страните; организиране на съвместни конференции, семинари и други научни и образователни събития.



Образователни и кариерни инициативи:

- Участие на ИФТТ в Есенния кариерен ден на Физическия факултет на СУ „Св. Климент Охридски“

ИФТТ се включи с брандиран щанд по време на Есенния кариерен ден на Физическия факултет на СУ „Св. Климент Охридски“, където водещи изследователи представиха работата на института, запознаха участниците с интересни научни проекти и разработки, както и с възможностите за академично и кариерно развитие.



- Ден на отворените врати в ИФТТ- БАН

На 18 октомври 2024 г. в Института по физика на твърдото тяло се проведе Ден на отворените врати под мотото „Магията на физиката – от лабораторията до иновацията и как науката движи технологиите“. Сред гостите, които в Деня на отворените врати имаха възможност да разгледат оборудването в научните лаборатории и да наблюдават интересни демонстрации и експерименти, бяха над 100 ученици и учители от 4 столични училища (Технологичното училище „Електронни системи“ към ТУ-София, 128 СОУ „Алберт Айнщайн“, 36 СОУ „Максим Горки“ и частното училище по науки Izzi Science for Kids), студенти и преподаватели от СУ „Св. Климент Охридски“, Техническият университет и Химикотехнологичния и металургичен университет.



Социални инициативи:

- ИФТТ – БАН се присъедини към обектите от националната кампания "ЕКОзвезди", организирана от Екопак България.

Инициативата има за цел да насърчи разделното събиране на отпадъци чрез поставяне на контейнери за пластмасови бутилки и алуминиеви кенчета на територията на института. Участието на ИФТТ в инициативата „ЕКОзвезди“ улеснява разделното

събиране на отпадъци на територията на комплекса и ни позиционира като социално-отговорна организация пред обществеността.

Събития и конференции:

- **50 години от създаването на лазера с пари на меден бромид**

На 24 април 2024 г., в зала „Проф. Марин Дринов“ на БАН бяха отбелязани 50 години от създаването на лазера с пари на меден бромид от екип с ръководител акад. Никола Съботинов. По време на юбилейната научна сесия „От идеята до промишления продукт“ учените, участвали в създаването на прототипа, представиха презентации за приложението на лазера с пари на меден бромид, за развитието и перспективите на лазерните технологии. На специално подредена изложба в БАН беше показан целия цикъл на физични изследвания и разработки, така и експонати на произвежданите днес лазери от фирмите: „Пулслайт“, „Норселд“ и „Бизон“.



- **23-та Международна школа по физика на кондензираната материя (ISCMP)**

23-та Международна школа по физика на кондензираната материя се проведе през август 2024 г. в Международния дом на учените Жолио Кюри, Варна. Темата на конференцията „Последни постижения в новите материали и приложения“ събра водещи изследователи и експерти от 14 държави от Европейския съюз и Северна Америка, за да обсъдят най-новите постижения в областта. Взеха участие 75 учени, млади изследователи и индустриални партньори, изнесени бяха 19 научни доклада, лекции и научни презентации и 38 интерактивни постерни презентации, като най-добрите представяния и постери на млади учени бяха отличени.



- **XXVII Зимен семинар на млади учени и докторанти**

На 7-8 декември 2024 г. в Творческия дом на БАН в гр. Копревщица се проведе XXVII Зимен Семинар, организиран от Институт по Физика на Твърдото Тяло – БАН. Семинарът събра млади учени и докторанти, които активно работят в областта на физическите и интердисциплинарните науки. По време на двудневната конференция бяха изнесени серия от лекции от водещи учени на институти на БАН за най-новите постижения в съвременната физика. В устни доклади младите изследователи представиха своите проекти, използваните методи, резултати и предизвикателства. Участниците получиха сертификати, издадени от Центъра за обучение при БАН, за активното им участие.





Експозиции:

- Кабинетът на акад. Георги Наджаков, открил фотоелектретното състояние на веществото, което стои в основата на ксерокопирната индустрия, обявен през 2014 г. за историческо място на Европа, е отворен за посетители всеки работен ден след предварително договаряне.
- Предстои откриването на още една експозиция пример за блестяща българска иновация, показваща развитието на лазерите с метални пари и тяхното приложение.

Дигитално присъствие и комуникации:

През настоящата година ИФТТ създаде официални старници в социални мрежи Facebook и LinkedIn, с които да разшири каналите за разпространяване на информация за дейностите, извършвани от и в Института.

- **LinkedIn профил**

<https://www.linkedin.com/company/institute-of-solid-state-physics-issp-bulgarian-academy-of-sciences/>

✓ Страницата е насочена към професионалната аудитория, служителите и партньори в страната и чужбина. Платформата се използва активно за популяризиране на научни постижения, събития и сътрудничества.

✓ От създаването си през месец юли страницата има над 70 последователи, съдържанието е показано над 9 000 пъти, регистрира над 350 посещения на страницата, 140 уникални посетители с над 250 реакции.

- **Facebook страница**

[Институт по физика на твърдото тяло "Акад. Георги Наджаков" - БАН](#)

✓ Страницата е създадена с цел да осигури още една точка на контакт с широката общественост, служителите, студенти и млади учени, като популяризира дейностите и постиженията на института в достъпен и интерактивен формат.

✓ От създаването си през ноември, страницата постепенно увеличава своите последователи, които за два месеца достигат 16, регистрира над 70 посещения и 400 показвания на съдържанието.

- **Създаване на нов уебсайт на ИФТТ-БАН**

ИФТТ-БАН инициира проект по създаване на нов уебсайт на института, който да предложи адаптивен дизайн, подходящ за достъп от различни устройства; да подобри онлайн присъствието на института; да предостави актуална информация за научната дейност, проекти, лаборатории и събития, насочена към широка аудитория; да осигури още един ефективен канал за връзка с партньори, медии, настоящи и потенциални служители.

9.2. МЕДИЙНО ОТРАЗЯВАНЕ НА ИФТТ-БАН ПРЕЗ 2024 г.

✓ Тържественото честване по случай 50 годишнината от изобретяването на лазера с пари на меден бромид от екип с ръководител акад. Никола Съботинов привлече вниманието на медиите и акад. Съботинов бе поканен да участва в предаването „Следобед за любопитните“ програма „Христо Ботев“ – „Ефир знание“.

✓ Другото събитие, което предизвика медиен интерес и за което бе съобщено в изданието на БТА и на английски език, бе работната среща с международно участие на



тема: „Бъдещето на научните изследвания с екстремна светлина: Възможности и предизвикателства за България в рамките на ELI-ERIC.

✓ Бяха излъчени две интервюта по БНР, съответно с проф. дфн Хассан Шамати във връзка с 23-тата Международна школа по физика на кондензираната материя и с директора на ИФТТ доц. Екатерина Йорданова по повод 52 годишнината на Института и организирания Ден на отворените врати.

✓ Интервю на доц. Екатерина Йорданова, директор на ИФТТ- БАН в рубрика на списание ЛИК на БТА, посветени на 155-годишнината на БАН. Бях представени най-значимите проекти и изобретения на института през годините, както и текущи проекти.

✓ Учените от ИФТТ участват в популяризиране на българската наука и са публикували 3 научно-популярни статии (списание „Светът на физиката“, бр. 1 и 2 и „Списание на БАН“ бр. 4).

- **Тържествено честване по случай 50 годишнината от изобретяването на лазера с пари на меден бромид от екип с ръководител акад. Никола Съботинов**

<https://www.bta.bg/bg/news/lik/science/659301-institutat-po-fizika-na-tvardoto-tyalo-na-ban-otbelyazva-50-godishninata-ot-izob>

<https://www.bta.bg/bg/news/lik/656942-veche-50-godini-balgarskiyat-lazer-s-pari-na-meden-bromid-se-izpolzva-v-meditsin>

<https://www.bta.bg/bg/news/lik/652288-institutat-po-fizika-na-tvardoto-tyalo-organizira-chestvane-na-50-godini-ot-izob>

<https://bnr.bg/radiobulgaria/post/101981499/50-godini-ot-balgarskoto-izobretenie-na-lazer-s-pari-na-meden-bromid>

<https://www.bta.bg/bg/news/658998-institutat-po-fizika-na-tvardoto-tyalo-shte-otbelezhi-50-godini-ot-izobretyavane>

https://utroruse.com/article/1009105/#google_vignette

<https://alfarss.net/1713624000.html>

<https://mediabricks.bg/akad-nikola-sabotinov-veche-50-godini-balgarskiyat-lazer-s-pari-na-meden-bromid-se-izpolzva-v-mediczinata-astronomiya>

<https://maritime.bg/bgn/29473/>

<https://www.cross.bg/meden-pari-lazer-1743930.html>

<https://www.5minuti.bg/kultura/institutat-po-fizika-na-tvardoto-tyalo-na-ban-otbelyazva-50-godishninata-ot-izobretyavaneto-na-lazera-s-pari-na-meden-bromid>

<https://bnr.bg/hristobotev/post/101989070/akad-nikola-sabotinov-v-momenta-se-razrabotvat-nov-vid-lazeri>

<https://pronewsdobrich.bg/institutat-po-fizika-na-tvardoto-tyalo-na-ban-otbelyazva-50-godishninata-ot-izobretyavaneto-na-lazera-s-pari-na-meden-bromid-p450932>

<https://www.bs.government.bg/bg/news/view/1/3453>

- **Официална работна среща с международно участие на тема: „Бъдещето на изследванията с екстремна светлина: възможности и предизвикателства за България в рамките на ELI-ERIC“.**

<https://www.bta.bg/en/news/bulgaria/701610-bulgaria-expected-to-become-full-fledged-member-of-eli-eric-by-end-2024>

<https://www.bta.bg/bg/news/bulgaria/regional-news/701599-do-kraya-na-2024-godina-balgariya-mozhe-da-stane-palnoopraven-chlen-na-evropeyski>

<https://www.bta.bg/bg/news/lik/education/701622-do-kraya-na-2024-godina-balgariya-mozhe-da-stane-palnoopraven-chlen-na-evropeyski>

<https://azbuki.bg/news/novini-2024/balgariya-vliza-v-evropejski-konsorcium-s-naj->



[modernata-lazerna-infrastruktura-v-sveta/
https://www.informiran.net/%D1%81%D1%82%D0%B0%D0%B2%D0%B0%D0%BC%D0%B5-%D1%87%D0%BB%D0%B5%D0%BD-%D0%BD%D0%B0-%D0%B5%D0%B2%D1%80%D0%BE%D0%BF%D0%B5%D0%B9%D1%81%D0%BA%D0%B8-%D0%BA%D0%BE%D0%BD%D1%81%D0%BE%D1%80%D1%86%D0%B8%D1%83/](https://www.informiran.net/%D1%81%D1%82%D0%B0%D0%B2%D0%B0%D0%BC%D0%B5-%D1%87%D0%BB%D0%B5%D0%BD-%D0%BD%D0%B0-%D0%B5%D0%B2%D1%80%D0%BE%D0%BF%D0%B5%D0%B9%D1%81%D0%BA%D0%B8-%D0%BA%D0%BE%D0%BD%D1%81%D0%BE%D1%80%D1%86%D0%B8%D1%83/)
<https://it.dir.bg/nauka/stavame-chlen-na-evropeyski-konsortsium-s-nay-modernata-lazerna-infrastruktura-v-sveta>

- 23-та Международна школа по физика на кондензираната материя (ISCMP)

<https://presscenters.com/News/243855/mejdunarodna-shkola-po-fizika-na-kondenziranata-materiya>

<https://bnr.bg/varna/post/102037848/ucheni-diskutirat-novi-materiali-i-tehnologii>

- Ден на отворените врати в ИФТТ-БАН

<https://www.bta.bg/bg/news/lik/761478-institutat-po-fizika-na-tvardoto-tyalo-pri-balgarskata-akademiya-na-naukite-orga>

<https://bnr.bg/hristobotev/post/102061215>

10. ИНФОРМАЦИЯ ЗА НАУЧНИЯ СЪВЕТ НА ИНСТИТУТА ПО ФИЗИКА НА ТВЪРДОТО ТЯЛО ПРЕЗ 2024 г.

10.1. Списъчен състав на Научния съвет на ИФТТ към декември 2024 г.

Председател: доц. д-р Любомир СТОЙЧЕВ

Заместник председател: проф. дфн Йордан МАРИНОВ

Научен секретар: доц. д-р Бойко КАТРАНЧЕВ

Технически секретар: гл. ас д-р Василка СТЕФЛЕКОВА

Членове:

проф. дфн Албена Паскалева	ДОНЧЕВА
проф. дфн Красимир Панайотов	ПАНАЙОТОВ
проф. д-р Виктория Виткова	ВИТКОВА
проф. д-р Юлия Любомирова	ГЕНОВА
проф. д-р Петър Методиев	РАФАИЛОВ
проф. д-р Красимир Ангелов	ТЕМЕЛКОВ
проф. д-р Наталия Александрова	КРЪСТЕВА
доц. дфн Карекин Дикран	ЕСМЕРЯН
доц. д-р Благой Спасов	БЛАГОЕВ
доц. д-р Кръстьо Милчев	БУЧКОВ



доц. д-р Валентин Иванов	МИХАЙЛОВ
доц. д-р Ангелина Колева	СТОЯНОВА-ИВАНОВА
доц. д-р Тихомир Колев	ТЕНЕВ
гл.ас. д-р Елена Кристианова	СТОЯНОВА
доц. д-р Екатерина Иванова	ЙОРДАНОВА

10.2. Дата на избиране на Съвета и сведения за състава му след избора

След изтичане на редовния 4 годишен мандат на предходния Научен съвет (НС) на ИФТТ-БАН, след тайно гласуване на 08.02.2024 г. от Общото събрание на учените на ИФТТ-БАН бе избран действащият понастоящем НС, състоящ се от 3 професори дфн, 5 професори д-р, 1 доцент дфн и 8 доценти д-ри.

Почетните членове на ИФТТ – БАН са почетни членове на Научния съвет, без участие в гласуването. През тази година единодушно беше решено те да имат равен с редовните членове достъп до материалите за заседанията на Научния съвет.

11. ПРАВИЛНИК ЗА РАБОТАТА НА ИНСТИТУТА ПО ФИЗИКА НА ТВЪРДОТО ТЯЛО