

Г О Д И Ш Е Н О Т Ч Е Т

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

**ПРИ
БЪЛГАРСКА АКАДЕМИЯ НА НАУКИТЕ**

2021 ГОДИНА

СОФИЯ

НАУЧНИТЕ 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“

Научноизследователските области на Направлението обхващат физика и технология на комплексни кристали, тънки диелектрични и проводящи слоеве и хетероструктури на тяхна основа: изследване на техните оптични, структурни, диелектрични, електрически и магнитни свойства; разработване на функционални структури и тяхното приложение в разнообразна микро-, нано-, оптоелектроника, както и сензорни устройства с множество приложения.

3. Направление „Нанофизика“

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

Научноизследователската дейност на Направлението е съсредоточена върху производството и характеризирането на наноструктурирани тънки покрития, съдържащи наноразмерни полупроводници – хомогенни и композитни слоеве и многослойни структури подходящи за електронни, оптоелектронни и сензорни приложения. Част от научноизследователските области на направлението са също изследванията на термично и фотоиндуцирани явления.

4. Направление „Физика на меката материя“

4.1. Лаборатория „Течни кристали и биомолекулни слоеве“

Научноизследователската дейност на Направлението по физика на меката материя е съсредоточена върху термотропните и лиотропни течни кристали, механичните характеристики на липидните мембрани, фотостимулираните ефекти при течните кристали, наноструктурирани течни кристали, електрични свойства на биологични и моделни мембрани и биофлексоелектричество.

5. Направление „Физическа оптика и оптични методи“

5.1. Лаборатория „Оптика и спектроскопия“

Научноизследователските области на Направлението се фокусират върху линейна и нелинейна оптика и спектроскопия, оптика и спектроскопия на термотропните течни кристали и други анизотропни среди, интегрална оптика, холографски дифракционни

решетки; фиброоптика, Раманова спектроскопия, тънкослойна оптика, многослойна оптика, теоретични методи в оптиката, както и спектроскопия и квантова оптика.

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

6.1. Лаборатория „Атомна спектроскопия“

6.2. Лаборатория „Лазери с метални пари“

Научноизследователските области на Направлението се концентрират върху изследване и разработване на нови лазерни източници и тяхното приложение, изследване на атомни константи и свойства на атомните спектри от астрофизичен интерес. Други изследвания касаят квантовата оптика, квантовооптични аналогии, лазерно охлаждане и манипулация на Rb атоми, процеси в ниско-температурната плазма от различни източници, в това число лазерно подпомагана плазма, аналитично приложение на лазерно-индуцирана спектроскопия при изследване на археологически обекти

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 и анализ на постигнатите резултати и на перспективите на звеното в съответствие с неговата мисия и приоритети съобразени с утвърдените научни тематика.

От създаването си през 1972 г. Институтът по физика на твърдото тяло към БАН осъществява политика на научна подкрепа на индустрията на България, на първо място за създаването на микроелектрониката у нас и за използването на слънчевата енергия. Освен това ИФТТ играе водеща роля в областта на физиката на кондензираната материя и физиката на лазерите; в квантовата теорията на твърдото тяло, на фазовите преходи, на свръхпроводимостта и свръхпроводимите материали; в нискотемпературната физика, физиката на течните кристали и на живата материя; в изследването на структурните свойства на кристалите и аморфните материали; в атомната и плазмена физика, акустоелектрониката и микроелектрониката.

Ние, учените от ИФТТ-БАН, осигуряваме полезни изследователски резултати за енергетиката, опазването на околната среда, националната отбрана, създаването на нови материали, здравеопазването, интегралната и функционална електроника. Тези резултати предоставяме на университетите и националната индустрия. Също така имаме успехи в обучаването на млади учени от България и целия свят. Днес, като членове на Европейското изследователско пространство, ние допринасяме за осъществяването на новото бъдеще на страната ни чрез прехода към икономика, основана на знанието, в условията на глобализация и технологична конвергенция. Наш дълг е да продължаваме да създаваме нововъведения и да съхраняваме оставеното научно наследство от нашите колеги, положили основите и допринесли за авторитета на ИФТТ-БАН. Ние имаме за цел да бъдем водещ национален институт в теорията на кондензираната материя, физиката на новите материали, нанофизиката, микро- и акустоелектрониката, нискотемпературната физика, физиката на оптиката и оптичните методи, физиката на живата материя, физиката на лазерите, атомите, молекулите и плазмата. Ние желаем да заемем наше заслужено място в научното изграждане на Обединена Европа и на света. За тази цел участваме като равноправен партньор в световни академични изследвания и в сътрудничество с индустрията. ИФТТ-БАН със своята дългогодишна репутация и задълбочен опит е ценен за България и може да бъде движеща сила за създаването на икономика на растежа. Първата стъпка в тази насока вече е направена от нас с формирането на бизнес-инкубатор за малки и средни предприятия. Това е началото на дълъг път, който ще ни изведе до нов преход – през науката и технологиите към предимствата на обществото на знанието.

ИФТТ разполага с богата гама от научноизследователска апаратура, прецизни методики и технологии:

- апаратура и ноу-хау за израстване на монокристали от оксидни материали за лазерната техника и приложения на фоторефрактивния ефект, апаратура за синтез и изследване на високотемпературни свръхпроводящи материали;
- съвременна техника и технологии за нанасяне на тънки слоеве за направа на микроелектронни, оптоелектронни и акустоелектронни сензори и за лазерната технология, чиста стая.
- апаратура и методика за провеждане на електронномикроскопски, изследвания, за спектрални елипсометрични измервания, за спектрометрия от

- вакуумния ултравиолет до инфрачервената спектрални области;
- апаратура за поляризационни измервания в мезоморфни системи и полимерни течни кристали за нуждите на индикаторната техника, апаратура за стробоскопична видеомикроскопия и микроманипулация на липидни везикули;
- различни лазерни системи – газови лазери с метални пари, твърдотелни (наносекундни и фемтосекундни) лазери, излъчващи в UV, видимата и близката IR спектрална област, за нуждите на плазмената физика, анализ с използване на лазерен източник и обработка на материали, с възможности за приложение в нанотехнологии, медицина, археология, екологията и др.;
- високотехнологична експериментална апаратура за изследване на електричните, магнитните и термични свойства на материали, повърхности и структури.

Основните научни направления, които се развиват в ИФТТ-БАН са:

- Израстване и изследване на кристали с оптически, рентгеноструктурни, електронно-микроскопски и други методи; многофункционални магнитни системи и свръхпроводници.
- Физика и технология на тънки и наноразмерни неорганични диелектрични и полупроводникови слоеве, въглеродни наноструктури, биоматериали и наноструктурирани течни кристали; приложения в наноелектрониката, опто и акустоелектрониката, сензорни устройства.
- Изследване и моделиране на физико-химически процеси в кондензирани среди, фази и фазови преходи, структурни, електронни, механични и магнитни свойства, динамика на нелинейни системи.
- Фотоника, оптика и спектроскопия на нелинейни и анизотропни среди.
- Лазери, атоми и плазма, приложения на лазери (нанотехнологии, лазерни технологии, археометрия, медицина, екология).

Тези области се вписват изцяло в приоритетите на Националната стратегия за развитие на научните изследвания 2030 и тези на ЕС: нанотехнологии и нови материали, информационни и комуникационни технологии, околна среда, опазване на културното наследство и качество на живот.

В Института се обучават и се подготвят висококвалифицирани млади учени в тези области с цел съхраняване на научния потенциал на страната и осигуряване на пълноценното ѝ участие във високотехнологичното развитие на Европейския съюз.

1.2. Изпълнение на Националната стратегия за развитие на научните изследвания 2021. Извършени дейности и постигнати резултати по конкретните приоритети

ИФТТ е бенифициент през 2021г. на пет проекта по Националната пътна карта за научна инфраструктура (2020-2027): два в категория Международни изследователски инфраструктури: Обединен Институт за ядрени изследвания (ОИЯИ, гр. Дубна); един в категория България в паневропейски изследователски инфраструктури (ESFRI): Консорциум „Екстремна светлина“ ELI-ERIC-BG и два в категория Национални научно-иновационни комплекси-проекти с ключово значение за развитието на конкурентноспособността на българската икономика и технологичната база: Център за върхови постижения „Национален център по мехатроника и чисти технологии“ в тематична област Мехатроника и чисти технологии и Научна инфраструктура за

иновативни изследвания на биомолекули, биомембрани и биосигнали (БиоММС) в тематична област Индустрия за здравословен живот и биотехнологии.

На национално равнище в рамките на конкурса „ФИНАНСИРАНЕ НА НАУЧНИ ИЗСЛЕДВАНИЯ -2021“ към МИНИСТЕРСТВО НА ОБРАЗОВАНИЕТО И НАУКАТА, ФОНД „НАУЧНИ ИЗСЛЕДВАНИЯ“ в научните области физически и технически науки бяха спечелени шест проекта, при които Институтът е базова организация и един, в който ИФТТ е партньорска организация. През годината стартира изпълнението на спечеления през 2020г. проект по програмата „Петър Берон и НИЕ“ с който в ИФТТ по тази програма проектите стават два. През 2021г. продължава изпълнението на проектите, финансирани от Фонд „Научни изследвания“ в Конкурса за финансиране на фундаментални научни изследвания – 2016 г. и 2017 г. и 2018г. и 2019г. и 2020г.: общо 27 проекта. С това ИФТТ дава заявка за запазване водещата роля в научните среди в страната.

1.3. Полза / ефект за обществото от извършваните дейности

През изминалите години съществена част от изследователската работа на Института беше свързана със създаването и миниатюризацията на сензори. Създаването на нови селективни, високочувствителни и надеждни сензори и детектори, при използване на нови явления/принципи, както и различни методи за измерване и обработка на сигнала, е сред сериозните научни проблеми в настоящето, тъй като необходимостта от такива устройства и полето на тяхното приложение, както и изискванията към техните параметри, непрекъснато се разширяват. Особено сензорите за детекция на химически агенти имат важни приложения в различни области на промишлеността, биологията, селското стопанство, контрола на околната среда, качество на живота (контрол на замърсяването с различни неорганични и органични съединения в затворени пространства; радиационно замърсяване и пр.). По-съществените достижения на ИФТТ в тази област могат да се обобщят както следва:

- Създаден е нов сензор за откриване на замърсявания в аерозоли (мъгла), работещ на основата на повърхностния фото-заряден ефект. Сензорът е в състояние да контролира наличието на замърсители и да дава оценка за концентрация им. Това е първият в света сензор за директен контрол на примеси в мъгли. Може да се прилага и за контрол на чистотата на въздуха.
- Създаден е двуходов сензорен резонатор на Релееви повърхнинни акустични вълни (РПАВ) за измерване масата на единица площ и характеризиране свойствата на екстремално тънки диелектрични слоеве, с дебелини от части от нанометъра до няколко десетки нанометра, където традиционната кварцова микровезна на обемни акустични вълни е неизползваема. Този сензор може да намери сериозно приложение в установки за атомно послойно нанасяне (ALD), както и в сензорни системи за детекция на много ниски концентрации от високотоксични и вредни за човешкия организъм газове, химически агенти, бойни отровни вещества, фини прахови частици и пр.
- Предложен е газов сензор за пари на ацетон, включващ вълноводно-оптичен разклонител, състоящ се от странично полирано оптично влакно и планарен вълновод от двутанталов петоокис, покрит с хидрофобен зеолит.
- Разработени са свръххидрофобни кварцови микровезни за анализ на човешки сперматозоиди и детекция на постеякулационните динамични характеристики на пресен еякулат. Така обособените сензори показват устойчив, повтаряем и напълно различен сигнал при натоварване на активната им повърхност с неподвижни и

подвижни мъжки гамети. Освен това, регистрираният отклик при подвижни клетки е различен при различни съотношения на бързо- и средно-прогресивни сперматозоиди, което недвусмислено показва, че предложените устройства могат успешно да установяват локални изменения в кинетиката на спермата от пациент до пациент. Нещо повече, предложените пиезорезонансни сензори успяват да регистрират съвсем точно фазите на коагулация и втечняване на човешки еякулат, чрез изменения в резонансната честота и динамичното съпротивление, което предоставя възможност за бъдеща по-прецизна оценка на репродуктивния потенциал на семенната течност.

- Разработен е иновативен метод за криоконсервация на човешки клетки и тъкани, по-специално човешки сперматозоиди, посредством свръхнеомокреми покрития от въглеродни сажди. Предимствата на метода се състоят в това, че свръххидрофобният слой от въглеродни сажди играе ролята на естествен криопротектант и регулира скоростта на топлообмен (чрез минимизиране на контактната площ твърдо тяло-течност). Така модифицираната платформа за криоконсервация забавя топлообмена на граничната контактна повърхност и след размразяване благоприятства за възстановяване на до 80 % от първоначалната подвижност на сперматозоидите, спрямо ~5-20 % преживяемост при традиционния подход с хидрофилна подложка. Използваният свръххидрофобен слой от въглеродни сажди проявява анти-бактериален ефект, биосъвместим е и нецитотоксичен, което води до стерилност на работната среда, липса на биологично замърсяване, възможност за замразяване както на малки, така и на големи обеми клетъчни суспензии, и редуция на използваното количество криопротектанти, спомагайки за ефективното запазване на първоначалните морфокинетични характеристики на гаметите.

1.4. Взаимоотношения с институции

Наши служители участват в редица експертни комисии и съвети от държавно и академично ниво: НАОА, Комисията към председателя на АЯР, Национална следствена служба (НСС) към МВР, Съвет по температура към НМИ, Експертен съвет по водите, Национален координационен съвет по Нанотехнологии при БАН, Национален съвет по иновации към Министерство на икономиката и енергетиката, Постоянна и Временна научно-експертна комисия по физически науки към Фонд „Научни изследвания“ и др.

1.5. Общонационални и оперативни дейности, обслужващи държавата

ИФТТ разполага с малка технологична линия за рутинни микроелектронни операции и изготвяне на структури и сензори на основата на силициева тънкослойна технология, както и с модерно свръхчувствително оборудване за изследване на електрическите и сензорни характеристики на структурите. Технологичната база осигурява съвременни условия за технологични експерименти, разполага със съвременна апаратура за извършване на широк спектър от електрически измервания и разширява възможностите за партньорство с индустрията.

ИФТТ разполага с напълно окомплектована лабораторна филтрираща мембранна система (MaxiMem, Prozesstechnik GmbH). Апаратът с неговата компактна и ергономична конструкция дава възможност за извършване на всички задвижвани от разлика в налягането мембранни процеси като обратна осмоза, нанофилтруване, ултрафилтрация и микрофилтрация. Филтриращата система е съставена от корпус от

неръждаема стомана, честотно управляема помпа (работно налягане до 60 бара), температурен контролер за работния съд (обем 2,5 до 100 л), гама от мембранни модули (площ от 200 cm² до 2.5 m²) и електронен дисплей. Експерименталните условия за работното налягане, производителността на помпата, температурата, потокът на пропускане, се контролират прецизно и записват за по-нататъшен анализ и проектиране на нови производствени процеси. Модерната филтрационна установка предоставя разнообразни възможности за приложение като екстракция и концентриране на растителни субстанции за фармацевтичната индустрия, пречистване и обезсоляване на ценни продукти, мембранна филтрация в големи продуктови обеми, третиране и рециклиране на отпадъчни потоци. Качествата на апаратурата за алтернативно сепариране на топлинно и химически неустойчиви вещества я правят уникална за целта. Апаратурата е снабдена с термостатичен модул LAUDA Alpha RA 8. Системата притежава иновативна система за охлаждане, интелигентно управление от микропроцесор и работен обем от 5л. до 7.5л. Нискотемпературната охлаждаща помпа (максимален дебит при 50 Hz - 15 л./мин.; максимално налягане при 50 Hz - 0.2 бара) позволява постигане на постоянно налягане на циркуляционната течност (вода). Чрез прецизен контрол на температурата се поддържа постоянна температура на работния процес. Температурната стабилност при 37 °C е 0,05[±K]. Технологиите за охлаждане на Термостатичната вана, позволява охлаждане в целия температурен диапазон от -25 до 100 °C. Автоматичното управление на компресора осигурява охлаждаща мощност при -20° C до 0.225 kW. Максималната относителна влажност от 80 % за температури до 31 °C, намалява линейно до 50 % относителна влажност при 40 °C. Според нуждите на потребителя, Термостатичната вана има три режима на работа – нагряване, охлаждане и изпомпване на течности.

В ИФТТ функционира напълно окомплектована технологична линия и измерителна апаратура за реализиране и изследване на масочувствителни кварцови резонатори за сензорно приложение, както и на многофункционални пиезорезонансни микросензори за работа при криогенни температури. Създадена е уникална установка за изследване масочувствителността на различни сензорни системи с тънки чувствителни слоеве по метода на кварцова микровезна (QCM) към различни агресивни газови среди. Разработена е методика за синтез на полимери в тлеещ разряд.

В Института е изградена Бяла стая, където са монтирани установката Beneq TFS 200 за последователно отлагане на атомни слоеве (ALD) и системата Oxford Nanofab Plasmalab System 100 за плазмено стимулирано химическо отлагане (PE CVD). Получените слоеве могат да се охарактеризират с единствения по рода си в България автоматичен елипсометър тип M2000D, който позволява анализиране на проби с дебелина под 1nm. 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 ще се използва за наблюдение на свръхбързи процеси и динамични измервания, за изучаване на живи структури и модификации на материали в наноразмерната скала. 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.

В ИФТТ функционира високовакуумна система за оптични покрития Symphony 9 (Tesport Optics, САЩ), гарантираща реализиране на многослойни оптични структури на съвременно технологично ниво. Наличието на спектрофотометър Perkin Elmer-Lambda 1050, окомплектован с инфрачервен спектрофотометър с Фурие преобразование Vertex 70 и модул „150 мм интегрираща сфера“ позволява да се измерват и контролират във времето спектралните характеристики на различни материали в твърдо или течно състояние. 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.

Най-значим проект, финансиран от национални институции и индустрия

В рамките на Конкурс за финансиране на фундаментални научни изследвания – 2021 г. към Фонд Научни изследвания, „Физически науки“ бе одобрен за финансиране проект на тема „Динамика и формиране на плазма индуцирана от фемтосекундни инфрачервени лазерни импулси в прозрачна среда“ с ръководител главен асистент д-р Георги Петков Янков.

Бенефициент: Институт по физика на твърдото тяло „Акад. Г. Наджакков“ - БАН
Договор номер КП-06 ПН58/7/ 19.11.2021 г
срок – 36 месеца

Резюме: Иновативният характер на проекта предлага научно изследване, свързано с образуването и динамиката на плазма, създадена в твърди прозрачни среди при облъчване с фемтосекундни инфрачервени лазерни импулси. Новостта в предложението се състои в извършването на задълбочено-обширно фундаментално изследване за изучаване на динамиката и формирането на плазма, индуцирана от фемтосекундни лазерни импулси в далечния инфрачервен диапазон. Този нов подход може да се разгледа в няколко аспекта. За първи път ще бъде извършено задълбочено и разширено фундаментално изследване, комбиниращо:

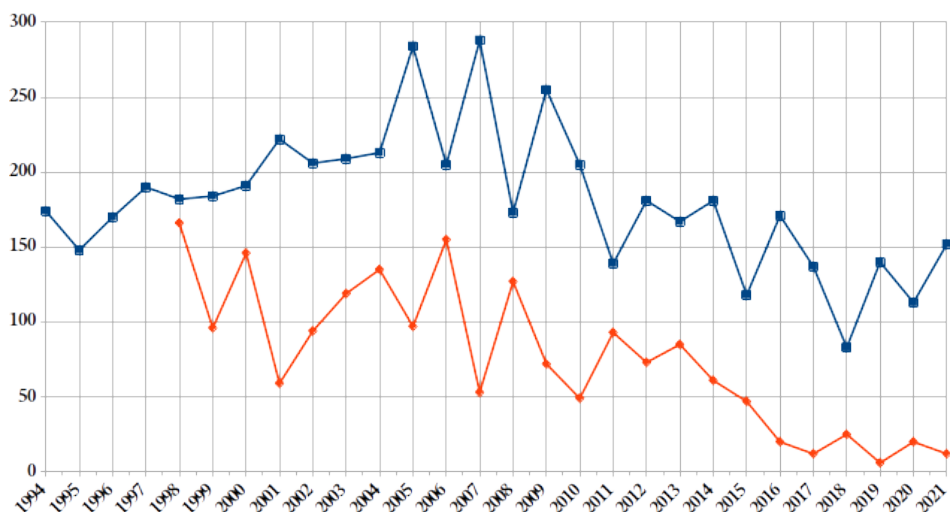
- едновременни измервания във време и пространство и измервания на абсорбция в близката и далечна инфрачервена спектрална област;
- изследване на зависимостта на дължината на вълната от нелинейното поглъщане;
- пространствено-времева еволюция на плазма индуцирана от фемтосекундно лазерно лъчение;
- наблюдение на ефекта от прилагане на единичен импулс и последващо лазерно индуцирани повърхностни модификации и съответни прагове на аблация;
- измерване в реално време на профила и продължителността на лазерния сноп;
- изследвания върху различни по състав материали.

Реализирането на проекта ще има значителен принос в създаването на нови фундаментални научни знания, водещи до успешното насърчаване на технологичен трансфер в развитието на техническите науки и иновации в области, като лазерни и плазмени източници, запис и съхранение на данни, биомедицина. Значимите резултати от проекта ще осигурят възможност за създаване на нови пазари и водещи индустрии, които да предоставят решения на обществени предизвикателства в области, като нанотехнологии, комуникации и медицина. Предложените фундаментални изследвания са в съответствие с Националната стратегия за развитие на научните изследвания в Република България 2017-2030 г. и показват ясна насоченост към обществените предизвикателства в следните приоритетните направления - Нови материали и технологии, Здраве и качество на живот, Мехатроника и чисти технологии.

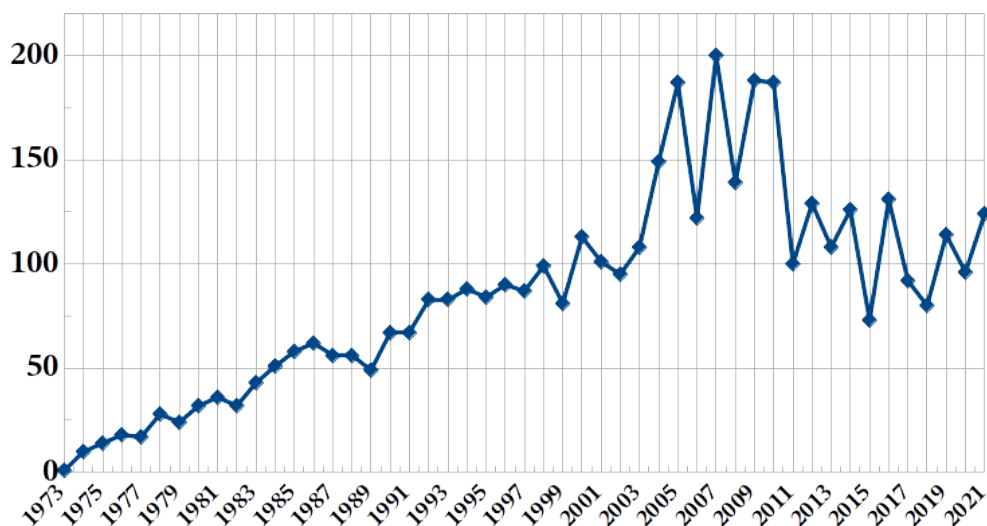
Проектът е с бюджет за трите години 170 000лв.

2. РЕЗУЛТАТИ ОТ НАУЧНОИЗСЛЕДОВАТЕЛСКАТА ДЕЙНОСТ НА ИНСТИТУТА ПО ФИЗИКА НА ТВЪРДОТО ТЯЛО ПРЕЗ 2021 Г.

През 2021 година научната продукция на ИФТТ възлиза на 143 публикувани научни статии (от които 29 в категория Q1, 30 в категория Q2, 4 в категория Q3, 38 в категория Q4 и 6 публикации с импакт ранг, непопадащи в гореспоменатите категории), 12 приети за печат и 1790 цитирания на публикации на учени от ИФТТ. На следващите графики е показано поведението на публикационната активност на учените от ИФТТ по години.



Публикации (в синьо публикувани и в червено приети за печат) на учените от ИФТТ по данни от годишните отчети.



Публикации на учените от ИФТТ по данни от Scopus.

Резултатите от научноизследователската дейност на учените в ИФТТ-БАН по Направления са както следва.

ТЕОРИЯ

Изследвано е разпространението на светъл солитон в дискретна анизотропна феромагнитна верижка с примесен спин. Използвайки последователно полукласическо и континуално приближения, е получено пертурбирано нелинейното уравнение на Шрьодингер (НЛУШ) за амплитудата на спиновата вълна. Характерът на взаимодействието на солитона с дефектния спин е различен когато обменното взаимодействие е модифицирано в равнината x, y или по посоката z . Докато модифицираното обменно взаимодействие в равнината $x, y(\eta)$ води до пертурбации във всички членове на НЛУШ, които освен това са зависими от вълновото число k , то модификацията в посоката z (η) води до появата на един линеен и един нелинеен пертурбационни членове. Проведените изследвания показват, че действието на дефектния спин върху солитонната динамика зависи от стойността на вълновото число k по един сложен начин. Установено е, че за бавни солитони, т.е. за малки стойности на k картината на разсейването е подобна на наблюдаваното разсейване от линеен точков дефект. За големи стойности на скоростта на солитона обаче разсейването от дефектен спин силно се различава от това на линеен точков дефект. Различието се дължи на пертурбационните членове пропорционални на $\eta \sin(k)$ пред първата производна и на $\eta \cos(k)$ пред втората производна в НЛУШ. В зависимост от знака на η пертурбационният член $-\eta \sin(k)$ води до нарастване или намаляване на кинетичната енергия на солитона, а пертурбационният член $\eta \cos(k)$ влияе върху съотношението между кинетичната и нелинейната енергия на солитона. Друга характерна особеност на модифицираното обменно взаимодействие е, че то има пространствен характер и ефективният му размер е по-голям от този на един линеен точков дефект.

Предложен е феноменологичен модел, който описва сложните магнитни преходи във феромагнитния свръхпроводник UGe_2 , тоест преходите от парамагнитно във феромагнитно състояние с малък магнитен момент с последващ преход при понижаване на температурата в ново феромагнитно състояние с голям магнитен момент без изменение на магнитната и кристална структура. За целта е изследвано разлагане на енергията на Ландау до осма степен по намагнитването, което се прилага при такъв тип изоструктурни преходи. Моделът описва различни фазови преходи в зависимост от съотношението и стойностите на материалните параметри в това разложение. Извършен е анализ и е показано именно в коя област на фазовата диаграма е възможно да се приложи моделът за изоструктурен фазов преход при нормално налягане, който отговаря на експерименталните данни за UGe_2 . Установено е съотношението между коефициентите в разложението на свободната енергия, при което възниква преход от втори род от неподредено състояние във феромагнитна фаза с малък магнитен момент, а при понижаване на температурата преход от тип кросовър към феромагнитна фаза с голям феромагнитен момент. Изведени са членовете на взаимодействието между колективизираните и локализираните f -електрони, както и условията за сравнение с експеримента. За тази цел са пресметнати магнитната възприемчивост, топлоемкостта и топлопроводността, както в T_c , така и при температурата на кросовъра.

Резиденциалната сегрегация е анализирана чрез модела на Шелинг, при който два типа агенти се опитват да оптимизират положението си според определени предпочитания и нива на толерантност. Няколко варианта на тази работа са фокусирани върху градски или социални аспекти. Докато тези модели разглеждат фиксирани

стойности за богатство или толерантност, тук разглеждаме как внезапните промени в нивото на толерантност засягат градската структура в модела на затворен град. В тази рамка, когато толерантността намалява непрекъснато, скоростта на промяна е ключов параметър за крайното състояние, достигнато от системата. От друга страна, внезапните спадове в толерантността са склонни да групират агентите в клъстери, чиято граница може да се характеризира с помощта на познания от кинетично формиране на повърхности. Тази граница може да бъде категоризирана в класа на универсалност на Едуард-Уилкинсън. По същия начин разбирането на тези процеси и как обществото се адаптира към вариациите на толерантността са от изключително значение в свят, където миграционните движения и про-сегрегационните нагласи са обичайни.

С помощта на разширения модел на Шелинг са изследвани и характеризирани внезапните увеличения на цената на земята в определени градски райони, явление, причиняващо джентрификация. Първоначалното покачване на цените принуждава някои от жителите в неравностойно положение да напуснат района, създавайки свободни работни места, които други групи намират за икономически привлекателни. Проблемите с нетолерантността принуждават по-нататъшно изместване, което вероятно води до лавина. Изследвано е как постепенните промени в икономическата среда влияят на градската архитектура чрез такива лавинообразни процеси, когато агентите могат свободно да влизат или напускат града. Лавините се характеризират със степенни хистограми, както обикновено се случва при самоорганизирани критични явления.

Разглеждат се случайно движещи се агенти, които деформират средата, докато се движат, позволявайки по-бързо движение в региони, които са били посетени наскоро. Това предизвиква ефективно привличане между агентите, посредством средата, което може да се разглежда като метрика на пространството и което води до модел описващ движение през деформируема материя или адаптивна геометрия. В режима на силна деформация е установено, че дифузията първоначално се описва с уравнението на порестата среда, като по този начин се получава субдифузионно поведение на първоначално локализиран облак от частици. Всъщност, докато средната ширина на един облак поддържа растеж $\sigma \sim t/2$, комбинираната ширина на целия ансамбъл нараства като $\sigma \sim t/3$ в определен времеви режим. Тази разлика може да се обясни със силните корелации между частиците индиректно чрез флукуациите на центъра на масата на облака и средната плътност от самите частици.

Използват се ограничени машини на Болцман като анзац за намиране на основното състояние на локално непоредени квантови системи. В случай на малки по размер системи от реални и скрити единици, се изграждат вълновите функции и се обучава системата да имитира квантовото състояние с висока точност.

С помощта на пакета LAMMPS е извършено компютърно моделиране на процеса на взаимната термализация на спиновата и решетъчната подсистеми в обемноцентрирана Fe решетка при $T = 300$ и 800 K. Хамилтонианът на системата включва механичен потенциал и обменно магнитно взаимодействие. Показано е, че в микроканоничния ансамбъл, процесът на релаксацията на температурата на спиновете и решетката при $T = 800$ K е около 50 ps независимо от вида на използваното потенциално взаимодействие. След термализацията в рамките на каноничния ансамбъл е изчислена динамичната матрица на атомите. Диагонализацията на тази матрица дава спектъра на фононите на Fe в трите основни кристални направления $[100]$, $[110]$ и $[111]$. 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 същите, наблюдавана на края на зоните, се дължи на анхармоничните ефекти. Наблюдава се изразено влияние от магноните върху фононния спектър във Fe. Наблюдава се съществена разлика в честотите на звуковите вълни, разпространяващи се в посоките [100], [110] и [111], изчислени с и без отчитане на обменното взаимодействие. Относителната разлика в честотите достига 14%. Същевременно, честотата на напречната вълна с вълновото число $q=0.6$, разпространяваща се в посоката [111], остава неповлияна от наличието на магноните. Според нашите данни и данните от други автори, този ефект се оказва зависим от използваното потенциално взаимодействие.

Изследван е квантовият произход на магнито-структурните корелации в нискоразмерни системи и молекулни магнити. Разгледаните задачи са пряко свързани с определянето на действителния принос на кристално/лигандно поле, обменните, спин-орбиталните и Зеeman взаимодействия върху магнитните и спектроскопските свойства на споменатите системи. Част от изследванията включва приложение на наскоро разработена теоретична рамка, базирана на теорията на молекулярните орбитали и метода на многоконфигурационното самосъгласувано поле. Особена черта на метода е разглеждането на несдвоените електрони като делокализирани до голяма степен, в резултат на което обменните взаимодействия допринасят значително към фината структура на енергетичния спектър. Възможностите на този метод са демонстрирани чрез изследване на магнитното поведение на спин-3/2 съединенията $\text{Na}_9[\text{Er}(\text{W}_5\text{O}_{18})_2]$ и $[(\text{Pc})\text{Er}\{\text{Pc}\{\text{N}(\text{C}_4\text{H}_9)_2\}_8\}]^{+/-}$. Получените теоретични резултати са в добро съгласие с експерименталните данни, достъпни в литературата. Успешно са възпроизведени някои термодинамични величини, като намагнитването и магнитната възприемчивост както при постоянно, така и при променливо магнитно поле.

Други изследвания на магнито-структурните зависимости, включват употребата на полеви метод на ограниченото активно пространство. Той е разработен в съответствие с принципите на теорията на кристалното поле и метода на Хартри-Фок. Този метод разглежда несдвоените електрони като локализирани до голяма степен около металните йони, което го прави полезен при изследвания на $3d^n$ системи, където $n = 2, \dots, 5$. За да демонстрираме неговото приложение, са изследвани магнитните и спектралните свойства на спин-единица съединението $(\text{C}_6\text{F}_5)_3\text{trenVCN}^t\text{Bu}$. Направените изчисления водят до добро съвпадение с експерименталните данни за намагнитването, магнитната възприемчивост, електронно парамагнитната резонансна спектроскопия и фотолуминесценцията. Получените резултати недвусмислено показват зависимостта на магнитните и спектралните свойства на това съединение от съществуващата химична структура.

Проведено е теоретично изследване, насочено към търсенето на дискретна динамика, стояща в основата на процесите на дискретен обмен на енергия в една квантова система. Изследването по метода на първично квантуване се изразява при хипотезата, че процесите на преноса на енергия и импулс са дискретни във времето. Основен момент в представената теория е съществуването на квантово уравнение за механичната мощност, което е аналогично на уравнението на Шрьодингер, и включва константа, имаща единица мярка за енергия. По подобие на константата на Планк, тази константа играе основна роля във всички последвали уравнения на движение. В резултат на това, предложената хипотеза генерира съотношения, аналогични на съотношението на Планк-Айнщайн и това между импулс и дължина на вълната. Тези съотношения са такива, че обвързват механичната мощност и равнодействащата сила при едно взаимодействие, съответно с честотата и дължината на вълната към фазата на вълновата

функция, свързана с преноса на енергия и импулс при това взаимодействие. Релятивистки и нерелятивистки операторни представяния на механичната мощност, сила и въртящ момент също са представени и обсъдени.

Използвайки числено моделиране са получени параметрите, измервани в позитронната аниhilационна спектроскопия като продължителността на живота на позитрона и импулсното разпределение на електроните, за случаи когато дефектите в материала от вид ваканции са предизвикани от облъчване с неутрони или тежки йони.

Разработени са модификации на квантовия алгоритъм за търсене със случайно обхождане върху хиперкуб. Алгоритъмът използва монети на придвижване, построени от обобщено Хаусхолдерово отражение и фазов множител. Такъв тип монети съдържат две фази – едната е допълнителната, а другата е част от Хаусхолдеровото отражение. Изследвано е как се променя вероятността да се намери търсеният елемент от квантовият алгоритъм, при различни функционални зависимости между двете фази. Построените по такъв начин монети са оптимизирани с Машинно обучение с учител и Монте Карло симулации, така че да са по стабилни спрямо неточности във фазите, използвани в направата на маркиращата монета. Изследванията включват както регистър на монетата, съставен от кубити, така и регистър от кюдити.

Получени са 7 различни варианта за нормалните функции на разпределение на частици от кулоновата двойка при наличие на корелации между тези частици. Използвани са уравнения за функциите на разпределение, които са линейни спрямо неизвестните параметри на точната теория на кулоновата двойка. За целта са включени нелинейните спрямо неизвестните параметри на теорията в уравненията, с намерение да се получат максималното, което може да се получи за корелационните функции на кулоновата двойка от втори порядък. Последователно изключвайки недиагоналните елементи от неизвестните матрици на разлагане, успешно са получени прости съотношения за нормалните функции на разпределение в общия случай, т.е. без условия за наличие на корелации между частиците.

Показана е възможността за създаване на преплитане между два атомни спина, свързани посредством ХУ взаимодействие, с помощта на един фотон. При постоянно спин-фотонно взаимодействие са разгледани два възможни случая – взаимодействие с постоянна и линейна по времето честота на фотона. Първият случай се свежда до модел на Джейнс-Къмингс, а вторият до модел на Джейнс-Къмингс-Ландау-Зинер, в които системата от две нива се формира от мода с нулев импулс на димера. Показано е, че при подходящ избор на параметрите на задачата, е възможен кохерентен контрол на динамиката на системата. Например възможно е адиабатно превключване на два атомни спина, първоначално намиращи се в ниското състояние до максимално преплетено триплетно състояние.

Проведени са изследвания върху електронни уреди за създаването на ефективна спектроскопия на Куперови двойка. Уредът изисква нискошумен усилвател с 10^6 усилване по амплитуда, който вече е разработен и използван за изучаване на шумове на Джонсън-Найквист и Шотки. Този усилвател е последван от настройваем резонансен филтър с висок Q-фактор, след чието усилване общото усилване може да надвиши 10^9 и по този начин могат да бъдат надеждно измерени под нановолтови сигнали. Накратко, наблюдението на нови ефекти във физиката на кондензираната материя води до създаването на ново поколение електронни прибори.

Изследвани са два вида филтри. Първият изследван филтър се състои от регулируем резонатор, с висок Q фактор, което е постигнато чрез схемата на генералния

импедансов конвертор (ГИК). Изведена е общата формула за честотната зависимост на импеданса на ГИК. Експлицитните формули за резонансната честота и Q фактора включват като присъщ параметър сръзващата честота на операционния усилвател. Измервания на напрежението на ГИК с лок-ин усилвател отлично се съгласуват с изведените формули. Вторият изследван филтър включва Честотно зависимото отрицателно съпротивление (ЧЗОС) или D-елемент, на който е пресметнат честотно зависимия импеданс, отново използвайки честотно зависимия коефициент на усилване при отворена верига на операционни усилватели и крайна сръзваща честота. Изведената формула за Q-фактора разкрива нови ефекти в показва, че Q-факторът се определя от неидеалните параметри на операционните усилватели, крайно статично усилване при отворена верига и честотно зависим коефициент на усилване при отворена верига, определен от крайната сръзваща честота. Изведените формули могат да се използват за прецизни пресмятания на активни филтри с ЧЗОС, които вероятно са и основното приложение на D-елементите.

Изследвана е слънчевата хромосфера и са пресметнати температурната зависимост от степента на ударната йонизация на електрон и дву-електронната рекомбинация, използвайки сечението на Ване за ударна йонизация на електрон с неутрален водороден атом. Изведени са производството на ентропия и излъчването на мощност за случая, когато степента на йонизация се е отклонила от равновесната си стойност. Това е специалният случай на получената обща формула за производство на ентропия при химични реакции. Пресметната е степента на затихване на звукови вълни, като са взети предвид условията на доминиране на йонизационните процеси. Предложено е квази-класично приближение за механизма за нагряване на слънчевата хромосфера. Накратко са обсъдени няколко аналогични явления за степени на затихване в течности и кристали, например кух звук на чаша бира или разтвор на английска сол. Получен е за първи път от първи принцип явен израз за втория (или обемен) вискозитет на водородна плазма. Впоследствие са изведени аналитичното приближение на политропния индекс и топлинните капацитети на чист водороден газ. Получените резултати правят възможно прякото пресмятане на тези термодинамични величини вместо интерполацията им от таблици. В заключение, частично йонизираната водородна плазма не може да бъде напълно политропна. Пресметнатите отклонения от моноатомната стойност $5/3$ са значителни и измеряеми. Настоящата теория допуска, че водородните молекули са напълно дисоциирани и аналитичният резултат за чиста водородна плазма може да бъде приложен за слънчевата хромосфера. Тези две условия определят областите на валидност на температури и плътности. Аналитичният резултат за чиста водородна плазма е тестови пример, как този подход може да бъде разширен за произволна газова смес. Аналогично на плазмата за токамак, изпарението на малко количество от този материал от панелите, значително понижава температурата на плазмата поради йонизацията на тежките елементи. По този начин политропният индекс отново ще се различава от едноатомната стойност $5/3$ получена от компютърни симулации.

Ефективната маса на магнона на неодимов магнит е оценена, използвайки температурната зависимост на спонтанната магнетизация на Блох. За целта се използват магнетометър с ефект на Хол и термометър с термодвойка за измерване на температурата на водата, в която е потопен комерсиален магнит. Илюстрирана е връзката между квантовия спектър на магноните и магнитното поле на постоянен неодимов магнит. Експериментът е подходящ за часовете по физика в училище, а самото изследване е проведено в сътрудничество с мотивиран гимназист и гимназиален учител по физика.

ФУНКЦИОНАЛНИ МАТЕРИАЛИ И НАНОСТРУКТУРИ

Слоеве ZnO:Al с висока проводимост (AZO) са отложени с атомно послойно отлагане (ALD) върху прозрачни и гъвкави подложки от мусковитна слюда. Така получените структури притежават висока оптична пропускливост във видимия и близкия инфрачервен спектрален обхват и запазват ниско електрическо съпротивление, дори след непрекъснато огъване до 800 цикъла. Демонстрирано е успешното им приложение като прозрачни електроди в гъвкави PDLC устройства.

Изследвана е фотокаталитичната активност на слоеве от ZnO израстнати посредством атомно послойно отлагане (ALD) върху подложки от порест анодиран алуминий (AAO) с хексагонална симетрия на порите. Слоевите от ZnO са израстнати в Al₂O₃ пори с диаметри в диапазона 93–134 nm и разстояние между порите в диапазона 185–286 nm. Фотокаталитичната активност на ZnO/ Al₂O₃ композита е измерена за различен интензитет на УВ облъчване и различни размери на порите. Получените интересни резултати доказват възможността AAO базираните подложки да бъдат използвани, като тестов стент за изследване на фотокаталитичните свойства на ALD-отложени фотокатаризатори върху порести структури. Получените резултати могат да се използват, като насоки за проектиране на фотокатализатори с пореста структура и тръбна геометрия.

Слоеве от AlN с дебелина 25 nm са отложени с 550 ALD цикъла при температура 330°C върху подложки Si (111) с използване на TMA (trimethylaluminum) и NH₃ като прекурсори. Рентгеноструктурният анализ показва аморфна структура на слоевете. С (XPS) е установено наличието на AlN при всички получени слоеве с Al 2p и N 1s пикове съответно на 73.6 и 396.8eV. Анализът показва, че най-близко до стехиометричното съотношение Al/N (1:1) се получава при продължителност на импулсите 180 и 90 ms съответно за TMA and NH₃ прекурсорите. Изследване с атомно силова микроскопия (AFM) показва грапавост от порядъка на 1 nm. Представените резултати са обещаващи с оглед използването на AlN слоеве в устройства за повърхностни акустични вълни.

Изследвана е иновативната група материали: дихалкогениди на преходни метали, като WSe₂, PtSe₂ и WTe₂. Получени са в различни структурни форми: като двумерни (нано) слоеве (WSe₂ и PtSe₂) и монокристали (WTe₂). Нанослоевите са получени чрез отлагане от газова фаза. Проведени са серии експерименти за елементен анализ: Рентгенова фотоелектронна спектроскопия (XPS), UV-VIS-NIR спектروفотометрия и Раманова спектроскопия с цел да се проследи качествено формирането на нанослоевите при различните етапи на синтеза.

Проведени са елипсометрични изследвания на монокристални образци от WTe₂ - материал с разнообразни топологични, диелектрични и магнито-резистивни свойства. Той притежава силна триосна анизотропия, което рефлектира и в комплексни оптични свойства, висок коефициент на пречупване и двойно лъчепречупване.

Фазовата еволюция на Bi₂Se_{2.1}Te_{0.9} вследствие на приложено високо налягане до 30 GPa е изследвана с помощта на ъглова дисперсионна рентгенова дифракция (ADXRD) и Раманова спектроскопия. Идентифицирани са последователни структурни фазови преходи от ромбоедрична структура към седем- и осемкратна моноклинна структура и накрая към обемно центрирана структура, възникващи съответно при наляганя от ~10,5 GPa, ~18,8 GPa и ~23,0 GPa. Ромбоедричната фаза показва още по-изразен електронен топологичен преход в режим на ниско налягане, в сравнение с тези, наблюдавани преди в Bi₂Te₃ и Bi₂Se₃. Наблюденията показват, че легирането на Bi₂Se₃ с Bi₂Te₃ води до по-

дълбоки ефекти в електронните и структурни свойства на получената система, отколкото се очаква от закона на Вегард. Това може да се дължи главно на стехиометрично зависимата предпочитана заетост на Se и Te атоми в петкратните структурни единици.

CVD-израстнат графен беше прехвърлен върху полирани кристални подложки от бисмут силикат с последващо характеризиране на пробите чрез оптична абсорбция и Раманова спектроскопия. Влиянието на фотоиндуцираните явления в кристалния субстрат върху графеновия слой проявяващо се чрез повишена абсорбция на графен и изместване на позицията на G-пика е обяснено с оптично легиране на графен чрез преходни фотоиндуцирани полета на пространствен заряд.

Демонстриран е процесът на синтез на многослоен графен чрез техниката за химическо отлагане на пари при атмосферно налягане (APCVD). Оценките на качеството на графена се извършват чрез анализ на Раманова и оптична спектроскопия. След това графенът се прехвърля върху субстрати от полиетилен терефталат (PET) и се прилага като прозрачен проводящ електрод в гъвкави устройства с дисперсен полимерен течен кристал (PDLC). Изследвани са техните електрооптични свойства, като зависима от напрежението пропускливост и поведение на гъвкавост. Доказана е стабилност на листа след 1200 теста на огъване на графен/PET структурата.

Изследвани са флукуационната проводимост в нормално състояние на Fe-базиран свръхпроводници. Тези изследвания дават информация за различни феномени и етапи в зараждането на свръхпроводимостта, например, съществуването на некорелирани Куперови двойки над критичната температура.

Обстойно са анализирани новооткрити корелации при поведението на един от най-основните феномени при свръхпроводниците – двоен пик ефект в магнитния хистерезис при системата FeSeTe. Установена е универсална взаимовръзка между този феномен и различни релаксационни процеси във вихровата материя при множество свръхпроводящи системи.

C ALD са получени слоеве от ZnO легирани с преходни метали (Ni, Co и Fe). На база експерименти с магнито-оптична Кер ефект микроскопия беше установен силен магнитен отклик и високи стойности на коерцитивността. Тези резултати, както и технологията на синтез дават възможност за изпозването на тези слоеве в нов тип електронни, магнитни и оптични устройства.

Изследвани са и електрическите (волт-амперни (I-V) и волт-капацитивни (C-V)) характеристики на тънки хомогенни слоеве от ZnO легирани с атоми на преходни метали (Ni, Co или Fe). За провеждане на електрически измервания са изготвени метал-окис-метал (MOM) структури с долен електрод - TiN и горен електрод – Pt. Получено е, че формата на C-V кривите е различна в зависимост от легиращия елемент, като тези за Fe:ZnO и Ni:ZnO демонстрират ясно изразен пик и силна честотна зависимост, което показва, че легираните слоеве ZnO имат поведение на полупроводник. Определени са концентрацията на легиращите примеси (основни токови носители) N_D , - височината на бариера, Φ_b и вграденият потенциал $-V_{bi}$. Определените стойности са както следва: $N_D = 6.83 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$; $V_{bi}=1.29 \text{ V}$, $\Phi_b = 1.24 \text{ eV}$ – за легиране с Fe; и $N_D = 3.63 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$; $V_{bi}=3.43 \text{ V}$, $\Phi_b = 3.4 \text{ eV}$ - за легиране с Ni. По-високата концентрация на легиращия примес в случая на Ni:ZnO е в съгласие с резултатите от структурните изследвания. Нереално високата стойност за Φ_b за легиране с Ni най-вероятно се дължи на повърхностни дефекти или на нехомогенности на бариера. Във волт-фарадните характеристики на легиран с Co ZnO има индикация за наличие на феро- и

антифероелектрични явления в слоевете. Наблюдавана е силна честотна зависимост на капацитета на структурите, която се свързва с протичане на процеси на захват и емисия на токови носители от дефектни състояния в цинковия оксид.

Изследвани са електрическите характеристики и захвата на заряд в MIS (метал-диелектрик-полупроводник) кондензатори с наноламинирани $\text{HfO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ и легирани с Al слоеве HfO_2 , включващи болираци и тунелни диелектрични слоеве. Използваните диелектричните структури базирани на HfO_2 и Al_2O_3 са получени с атомно послойно отлагане (ALD), като за постигане на ефекта на легиране дебелината на подслоевите Al_2O_3 е сведена до 1 ALD цикъл. Получената от капацитивни измервания при различни честоти диелектричната константа на HfO_2 стеговете, не зависи от начина на въвеждане на Al в HfO_2 (ламиниране или легиране). И двата типа $\text{HfO}_2\text{-Al}_2\text{O}_3$ структури показват отрицателен първоначален окисен заряд, но в наноламинираните слоеве той е с по-голяма плътност. Показано е, че легирането на HfO_2 с Al води до по-ниски токове на утечка по сравнение с наноламинирането на HfO_2 с Al_2O_3 . Първоначалният анализ на характеристиките на захват на заряд в изследваните слоеве $\text{HfO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ показва, по-силен захват на положителни заряди в легираните слоеве.

На основата на модел за обработка на данните от елипсометрични измервания на многослойни диелектрични структури са оценени разпределението по състава в дълбочина на стеговете, дебелината на подслоевите. Демонстрирана е възможността, чрез използване на разработените алгоритми за дълбочинно профилиране да бъдат получавани някои от диелектричните параметрите на изграждащите структурата подслоеве от елипсометричните данни. Методът допълва електрическото характеризиране на структурите и позволява да се заобиколят някои от трудностите при капацитивни измервания на многослойни диелектрични структури.

Проведени са изследвания, свързани с детектиране на появата на различни вируси, определяне на влиянието на химични вещества върху микрофизичните свойства на мъгла, както и оптимизиране на почистващите й свойства за различни видове замърсители във въздуха. Регистрацията на появата на различни видове вируси е извършена с използване на *Електромагнитен Ехо Ефект* за детектиране на специфични реакции антиген-антитяло. Целта на експериментите е демонстрация на приложимостта на ефекта за бърза диагностика и в бъдеще да се премине към разработване на сензор за Covid-19.

Изследвана е ролята на свръхмощно магнитно поле върху кората на магнетарите. Съставът на кората и границата, отвъд която атомните ядра се разпадат чрез излъчване на неутрони се определят числено за различна сила на магнитното поле. Използват се експериментални измервания на атомната маса, допълнени с теоретичните маси, изчислени от ядрените модели на Хартри-Фок-Боголюбов. Осъществява се оптимизирана изчислителна процедура за намаляване на времето на изчисленията с няколко порядъка.

Изследвано е отражението от някои аспекти на теориите за обединяване на взаимодействията върху свойствата на ядрата. Аналитично и числено са изчислени енергиите на електрона на основното състояние, корекцията на масата и поляризацията на масата на ниско и многократно заредени йони, подобни на хелия. Двухелектронното уравнение на Шрьодингер е решено с пертурбационен подход, основан на експлицитно корелирани вълнови функции. Изследвани са корекциите, дължащи се на допълнителни измерения и са разгледани различни подходи за процедурата за минимизиране. Направен е детайлен анализ на влиянието на изотопните характеристики на ядрото върху енергията на основното състояние на хелиоподобната електрон-ядрена система и

съответните ѝ компоненти в рамките на класическата квантова механика за синтезираните 3833 изотопа. Изследванията са в рамките на класическата квантова теория без никакви допълнителни предположения. Връзките между тези енергии и компонентите им за различни изотопи са определени с прилагане на стагеригов анализ. Получените резултати съответстват на всички физически и математически принципи и измервания.

Разработен е високочувствителен метод за пряка детекция на респираторни вируси, използващ кварцова повърхнинна микровезна (КПМ) на Релееви повърхнинни акустични вълни (РПАВ) в качеството и на резонансен гравиметричен сензорен елемент. Показано е, че такава КПМ има масочувствителност от 19,7 KHz/ng и предел на детекция от 11 fg, което е от порядъка на 22 вирусни частици на вируса SARS-Cov-2. При функционализация на активната повърхност на КПМ със слой от аптамер с висок афинитет към даден респираторен вирус е възможна експресна проверка за наличието на такъв вирус в човешкия дъх. Така методът може да се приложи в широко достъпни лични диагностични средства за проверка наличието на SARS-Cov-2 и други респираторни вируси, които при заразяване доминират над всички други субстанции в дъха на човека.

Разработен е метод на повишение на газочувствителността на КПМ, функционализирани с плазмени полимерни слоеве от хексаметилдисилоксан (ХМДСО) и триетилсилан (ТЕС) към пари на амоняк. Чрез допълнителна модификация на полимерните слоеве с NH_3 , в същия процес на плазмена полимеризация, използван и при синтеза на функционализиращите слоеве, се постига значително увеличение на афинитета на слоевете към пари на амоняк и съответно подобрене са сорбционните им свойства. Демонстрирано е повишение на газочувствителността на реално работещи КПМ със 74 до 82% и с 8%, съответно при слоеве от ХМДСО и ТЕС при въздействие на пари от амоняк с концентрации от 50 до 500 ppm. Получена е висока възпроизводимост на сензорните параметри при многократни измервания във времето.

За пръв път е изследвана поносимостта на КПМ на РПАВ към функционализиране чрез многократно послойно нанасяне на Ленгмюир Блоджетови (ЛБ) слоеве за химически и биосензорни приложения. Показано е, че КПМ на 430 MHz много добре понасят до 15 ЛБ-монослоя от архидинова киселина, подходящи за такива приложения, като при това запазват ниско внесено затихване и висок натоварен Q-фактор. Демонстрирана е висока чувствителност към пари на хлороформ, хексан, метанол, етанол и ацетон и незначителна чувствителност към водни пари, което създава предпоставки за приложимост и в сензори за летливи органични съединения (VOC).

Синтезирани са нови тънки полимерни слоеве чрез метода на полимеризация в плазма. Като мономери са използвани триетил борат, титанов бутоксид, тетрабутил 1-метил-2-пропинил етер и триетилсилан (ТЕС). Варирането на основните параметри на процеса – налягането на газовата фаза, плътността на тока на разряда и времето за синтезиране доведе до получаване на различни по дебелина, структура и морфология полимери. Получените върху ПАВ резонатори тънки слоеве от ТЕС са използвани като чувствителен слой за определяна на концентрацията на амоняк във въздуха.

В рамките на 2021г. беше направен обстоен литературен обзор на възможностите за разработка на неомокряеми функционални покрития от аерозолни сажди, отделяни в атмосферата от промишлени дейности. Бяха проведени първите по рода си експерименти, свързани с изследване на влиянието на цялостния физикохимичен профил на свръхнеомокряеми покрития от въглеродни сажди върху техните ледофобни свойства. Получените резултати показаха, че налаганото до този момент в

международните научни среди убеждение, че морфологията, грапавостта и омокрената площ на границата твърдо тяло-течност са основните параметри, които контролират скоростта и температурата на вледеняване, изглежда че не е универсално и не важи в пълна степен за въглеродните сажди. Установи се, че кондензационното обледеняване и динамиката на вледеняване на статични водни капки върху покрития от въглеродни сажди се контролират от химичния състав, дебелината и порестостта на материала. От съществено практическо значение е, че първоначалното размразяване на саждите става до 35 пъти по-бързо спрямо хидрофилна подложка, което означава, че покритията поддържат изключително слаба адхезия с ледените кристали, превръщайки саждите в материал с висок потенциал за пасивна защита от обледеняване на различни криогенни съоръжения. Разработени бяха и нови методи за детекция на различните модове на замръзване на водата и за комплексен биохимичен анализ на човешка урина, чрез използване на свръхнеомокряема кварцова микровезна.

НАНОФИЗИКА

Бяха изготвени и изследвани две групи зол-гел слоеве от ZnO с използване на spin-coating техниката. Новост в приготвянето на първата група образци беше прилагане на сушене с горещ въздух, последвано от конвенционална обработка в пещ при 140°C. Втората група беше направена само чрез прилагане на конвенционална обработка в пещ при 140°C. Част от слоевете от двете групи бяха допълнително отгreti при 400°C. Беше направено комплексно характеризирание на слоевете с Рентгенова дифракция (XRD), Сканираща електронна микроскопия (SEM), Атомно силова микроскопия (AFM), Раманово разсейване, оптична микроскопия и спекрална елипсометрия (SE). Беше установено, че поради използването на моноетаноламин, всички слоеве са нанокристални, а сушенето с горещ въздух има значително влияние върху свойствата им. При използване на горещ въздух, слоевете са с хомогенна, гладка повърхност, докато повърхността на тези, получени чрез конвенционално сушене, е „набръчкана“. Прилагането на горещ въздух води също така до по-голям размер на нанокристалите и по-добра кристалност, намалява вътрешното напрежение в слоевете, подпомага изчистването на органичните остатъци и води до по-ниска плътност на дефектите.

Като алтернатива на стандартното отгряване в пещ за модифициране на зол-гел слоевете от ZnO беше приложено облъчване с наносекунден инфрачервен лазер. Чрез облъчването беше постигнато намаляване на размера и плътността на малките пукнатини и пори на повърхността и на броя на дефектите, играещи ролята на безизлъчвателни рекомбинационни центрове за електрони. Беше установено още, че лазерното облъчване подобрява кристалната структура, увеличава малко размера на кристалите, но причинява и увеличаване на микронапрежението в слоевете.

Изследването на влиянието на процедурите на сушене върху скоростта на фотокаталитичната реакция на зол-гел слоевете от ZnO при облъчване с ултравиолетова и видима светлина показва, че и при двата вида облъчване всички образци, сушени с горещ въздух, демонстрират значително по-висока фотокаталитична активност и по-добра стабилност (до 6 фотокаталитични цикъла) от тези от втората група.

Експериментите за измерване на сензорна чувствителност към пари на етанол при стайна температура не показаха добра чувствителност при всички слоеве от ZnO, отгreti при 400°C. Това може да се дължи на намаляването на порьозността и значителното увеличаване на размера на нанокристалите в слоевете в резултат на отгряването. Най-добра чувствителност беше наблюдавана при слоевете, отложени чрез

сушене с топъл въздух и тя се увеличава след облъчване с лазерен лъч, което може да е свързано с по-добрата кристалност на тези слоеве.

Проведено беше изследване на влиянието на начина и скоростта на отлагане върху кристалността и порьозността на свежи нанослоеви от ZnSe с дебелина 50 nm. Слоевете бяха отложени с термично изпарение във вакуум чрез използване на непрекъснато или периодично прекъсвано отлагане на материала върху подложки от Corning 7059 glass и три скорости на отлагане (0,5, 1,5, 3,0 nm/s). Информация за порьозността и оптичните свойства на слоевете беше получена с прилагане на спектрална елипсометрия, а от данните от Рентгенова дифракция и резонансно микро-Раманово разсейване бяха направени изводи за кристалната структура. Получените от двата метода резултати бяха в много добро съгласие помежду си и показаха, че всички слоеве са кристални, но размерът на нанокристалите и подредеността на кристалната им решетка са силно повлияни от скоростта на отлагане – размерът е по-голям при непрекъснато отлагане и при по-висока скорост. При всички скорости на отлагане порьозността при прекъснато отлагане е по-висока от тази на непрекъснато отложените слоеве, а при всеки вид отлагане порьозността намалява с увеличаване на скоростта. Прекъснато отложените слоеве със скорост 0,5 nm/s са с най-висока порьозност (25%) и най-малък размер на нанокристалите (~8 nm от XRD), а непрекъснато отложените слоеве със скорост 3,0 nm/s не са порьозни и са със среден размер на зърната 19 nm.

За провеждане на планираното изследване на влиянието на размера на нанотръбички от TiO₂, получени чрез анодно окисление на титан, върху процеса на термоиндуцирано формиране на кристална фаза в тях колегите от Автономния университет на Южна Калифорния в Мексикали, Мексико, чрез вариране на времето на окисление и приложеното напрежение, направиха три вида образци. Направените SEM изследвания на повърхността на образците показаха наличие на нанотръбички с вътрешен диаметър около 20 nm (с дебелина на стената 8-11 nm), около 45 nm (с дебелина на стената 13-16 nm) и 80-100 nm (с дебелина на стената 13-16 nm). Част от образците бяха отгreti във въздух при 450°C за 2 часа при бавно нагриване и бавно охлаждане след отгряването.

Хомогенни слоеве от SiO_x (x = 1,2) и композитни слоеве от a(nc)-Si-SiO_x, съдържащи аморфни Si наночастици/Si нанокристали бяха облъчени с бързи неутрони при поток от 3,96.10¹⁷ neutrons/cm². Ефектът на облъчването върху свойствата на слоевете беше изследван с XPS, HRTEM, AFM, IR пропускане, SE и Раманово разсейване. Беше установено, че приложеното облъчване не причинява значителни промени на повърхността на слоевете, тя остава много гладка. В хомогенните слоеве облъчването причинява фазово разделяне, при което се увеличава съдържанието на кислород (от x = 1,2 в необлъчените до x = 1,5 в матрицата на облъчените слоеве) и се образува значително количество от чиста аморфна силициева фаза (коэффициент на запълване 0,15). При неутронно облъчване на композитните слоеве с аморфни наночастици беше наблюдавано намаляване на относителния дял на чистата аморфна силициева фаза, дължащо се на намаляване на размера на наночастиците. Това е обяснено с допускане, че неутронното облъчване причинява редуциране на част от SiO₂ до SiO_x и освободеният кислород намалява размера на Si наночастици чрез повърхностното им окисление и образуване на SiO_x. При слоевете с нанокристали беше наблюдавана висока радиационна устойчивост.

Посредством спектрална елипсометрия с Woollam M2000D (193-1000 nm) систематично бяха правени измервания на тънки слоеве от метални оксиди (Al₂O₃, ZnO,

AZO, TiO₂ и др.), отложени чрез послойно атомно отлагане (ALD) върху подложки от силиций и стъкло, за определяне на дебелините на слоевете и/или оптичните константи.

Изследвани бяха слоеве от графен, отложен върху медно фолио (graphene/Cu foil) и Al₂O₃ върху графен, отложен върху медно фолио (Al₂O₃/graphene/Cu foil). Измерванията, направени на свежи (веднага след отлагането на графен) образци показаха отсъствие на меден оксид, а след престоя им на въздух за 6 месеца - наличие на меден оксид около границите на графеновите области. Дебелината на този оксид е около 6 nm. Слой от Al₂O₃, отложен върху графена, допълнително капсулира и спира проникването на кислород през графена към медното фолио.

Бяха проведени елипсометрични измервания за определяне на дебелините (като втори метод) на графеноподобни тънки слоеве (a-C:H, ta-C:H, a-C) отложени върху SiO₂/Si подложки чрез PLD (Pulsed Laser Deposition (импулсно лазерно отлагане)) и облъчвани с UV-C светлина. Работата е извършена съвместно с колеги от Института по електроника.

ФИЗИКА НА МЕКАТА МАТЕРИЯ

Извършени са изследвания на Langmuir-Blodgett (LB) филми за откриване на пари на летливи органични съединения, като ацетон и метанол при стайна температура. За целта LB монослоеви от фосфолипида дипалмитоил-фосфатидил-етаноламин (DPPE) бяха отложени върху резонатор на повърхностни акустични вълни (SAWR). Така беше формиран сензорен елемент. Изследванията извършени с електрическа импедансна спектроскопия показаха, че в резултат на сорбция на пари върху филма, импедансната реакция на LB филмите се променя значително. Получените резултати показват, че проектираният сензорен елемент, базиран на DPPE LB, е в състояние да открива и определя количествено парите на метанол и ацетон.

Продължени са изследванията на течнокристални нанокompозити на трис(кетохидрозон) дискотични течни кристали (DLC), легирани с едностенни въглеродни нанотръби (SWCNTs) при концентрация 1 wt.%. Средният размер на SWCNTs е 1,5 nm. Тънки филми с дебелина 3 μm, образувани от тези нанокompозити, бяха осветявани с непрекъсната светлина с нисък интензитет (1 mW/cm²). Чрез комплексна електрическа импедансна спектроскопия бе наблюдаван светлинно-индуциран термoeфект. Той е свързан с промяната в електрическата проводимост на филмите SWCNTs/DLC. Наблюдаваният ефект е потенциално интересен за фотоконтрол на течно-кристалното състояние на DLC-базиран нанокompозитни материали, легирани с SWCNT, за да се постигне подобрене на техните свойства.

Изследван е нанокompозит, получен от цинков титанат (ZnTiO₃), легиран с наночастици редуциран графенов оксид (rGO). Електрическите свойства на серията от образци rGO/ZnTiO₃ са охарактеризирани с комплексна електрохимична импедансна спектроскопия (EIS) в честотния диапазон от 0,1 Hz до 1 MHz. Резултатите, получени от EIS за електрическата проводимост на rGO-легиран ZnTiO₃ като функция от концентрацията на наночастиците rGO бяха корелирани с данните от структурни изследвания. Нашите изследвания установиха, че с повишаване на концентрацията на rGO електричните свойства значително се модифицират. Наблюдаваните ефекти показват, че получената rGO/ZnTiO₃ керамика е обещаващ материал за електронни и диелектрични приложения.

Обектите на изследване представляват твърди полимерни нанокомпозитни електролити от поли(етиленов оксид) (PEO) и поливинил пиридон (PVP) с добавка на натриев метапериодат (NaIO_4). Композитите бяха легирани с наноразмерен (~ 10 nm) графенов оксид (GO) и имаха следния състав: PEO:PVP е 70:30 тегловни процента, а концентрацията на натриевата сол е 10 тегл.%. GO се диспергира с концентрации от 0,2; 0,4 и 0,6 тегл.%. Тънки филми ($150 \mu\text{m}$) от GO/PEO/PVP/ NaIO_4 бяха изследвани с комплексна импедансна и диелектрична спектроскопия в честотния диапазон 0,1 Hz – 1 MHz. Получените резултати за йонната проводимост, диелектричната функция и диелектричните загуби на изследваните полимерни електролити показаха ефекта от добавянето на нано-люспи от GO.

С конвенционална техника на леене от разтвор са получени гъвкави свободностоящи електролитни мембрани от нанокомпозит, съдържащ полиетиленоксид (PEO) и нанокристали-нишесте (SNC), образуващи комплекс със солта магнезиев бромид (MgBr_2) в различни концентрации (5, 10, 15, 20 и 25 WT.%). Свойствата на микроструктурата и термичната стабилност на чистите и MgBr_2 /PEO/SNC-те нанокомпозитни мембрани бяха характеризирани със сканираща електронна микроскопия (SEM), рентгенова дифракция (XRD), инфрачервена спектроскопия с трансформация на Фурие (FTIR) и диференциална сканираща калориметрия (DSC). Изследванията с комплексна електрохимична импедансна спектроскопия (EIS) и диелектричните изследвания на нанокомпозитните мембрани бяха проведени в честотния диапазон 0,1–1 MHz и в температурния интервал 30–70 °C. В сравнение с чистите PEO/SNCs (10 WT.%), електролитните мембрани със състав PEO/SNCs (10 WT.%)/ MgBr_2 (25 WT.%) демонстрираха повече от три порядъка по-висока йонна проводимост при стайна температура. Регистрирано бе явно изместване в позицията на пиковете на диелектричната релаксация като функция от концентрацията на MgBr_2 . С методите на диелектричната спектроскопия беше установено, че стойностите на коефициента на дифузия (D) и общата йонна концентрация (n) за изследваните нанокомпозитни електролитни мембрани се увеличават пропорционално на концентрацията на добавената сол.

Установеният стабилизиращ ефект на захарите върху биологичните мембрани се използва широко в медицината и индустрията за криоконсервация на тъкани и материали. От друга страна, приемът на нискомолекулни въглехидрати се асоциира с повишен риск от сърдечно-съдови заболявания и неблагоприятни промени в липопротеините в организма. С оглед, изясняване на молекулярните механизми, участващи в взаимодействието на моно- и дизахаридите с биомиметични липидни системи, формирани от 1-палмитил-2-олеил-sn-глицеро-3-фосфохолин (POPC) и 1-стеарил-2-олеил-sn-глицеро-3-фосфохолин (SOPC), са изследвани диелектричните свойства, степента на хидратация, параметърът на подреденост и диполният потенциал на моделни липидни мембрани в присъствието на нискомолекулни захари. Проведените флуоресцентни спектроскопски измервания показват нарастване на параметъра на подреденост на липидните молекули в разтвори на захароза, като намаляването на ротационната дифузия и степента на хидратация за съответния флуорофор е по-голямо отколкото установеното при глюкоза и фруктоза. Открива се качествено различно поведение на флуоридитета в двата типа фосфатидилхолинови бислоеве, POPC и SOPC, при увеличаване на концентрацията на захароза във водната среда. Получените данни подкрепят хипотезата за ефекта на подреждане на липидните молекули в близост до глицероловия остатък в присъствие на изследвания дизахарид. Установено е, че захарозата предизвиква по-големи промени в подреждането на липидните молекули на ниво глицерол в сравнение с хидрофобната част на бислоя. Отчита се леко увеличение

на диполния потенциал за POPC и SOPC мембрани при добавяне на натриев хлорид, глюкоза, фруктоза и захароза. Специфичният електричен капацитет на мембраните във водни разтвори на захароза, глюкоза и фруктоза е определен чрез два независими метода: анализ на деформацията на квазисферични липидни везикули в променливо електрично поле и бърза електрохимична импедансна спектроскопия на плоски окачени POPC и SOPC мембрани. Посредством двата метода е установено нарастване на специфичния електричен капацитет на мембраните в разтвори на 0,2 мол/л захароза, а така също и при по-големи концентрации на дизахарида. Измерванията показват, че присъствието на монозахариди (глюкоза или фруктоза) във водната фаза не променя диелектричните свойства на липидния бислой. Получените резултати са от значение за бъдещи разработки на основата на бислойни липидни структури, изложени на външни физически стимули като температурни промени и електрически полета.

Морфологично и функционално идентични с мозъчните синапси, частиците на нервните окончания на синаптозомите са биохимично извлечени мембранни структури, отговорни за предаването на невронна информация. Техните повърхностни и механични свойства, измерени *in vitro*, дават полезна информация за функционалната активност на синапсите в мозъка *in vivo*. Глутаминовата и каиновата киселини пораждат особен интерес поради ролята им в мозъчната патология (включително причиняване на припадъци, мигрена, исхемичен инсулт, аневризматичен субарахноиден кръвоизлив, интрацеребрален хематом, травма на мозъка нараняване и инсулт). Изследвани са ефектите на възбуждащия невротрансмитер L-глутаминова киселина и нейния агонист каинова киселина върху активността на Na^+ , K^+ -АТФаза и Mg^{2+} -АТФаза. Електрокинетичните и повърхностните свойства на синаптозоми в присъствието на L-глутаминова и каинова киселини са изследвани чрез микроелектрофореза. Установено е, че невротрансмитерите допринасят за значително повишаване на електрофоретичната подвижност и повърхностния електричен заряд на синаптозомите 1-4 часа след тяхното изолиране. В присъствие на L-глутамат е измерено намаляване на модула на огъване на моделни бимолекулярни мембрани от мононенаситения липид 1-палмитил-2-олеил-sn-глицеро-3-фосфохолин. Агонистът каинова киселина не повлиява изследваната механична характеристика на мембраната дори при десет пъти по-високи концентрации. Получени са данни за инхибиране на ацетилхолинестеразната активност под действие както на L-глутаминова, така и на каинова киселина. Представените резултати относно модулирането на ензимната активност на синаптичните мембрани, повърхностните свойства на синаптозомите и еластичността на огъване на липидната матрица допринасят за изясняване на молекулните механизми на взаимодействие на невротрансмитери и агонисти с мембраните.

През отчетния период бяха проучени най-новото поколение многосилови ортодонтски дъги Bio-active™ Чрез рентгеноструктурен анализ (XRD), сканираща електронна микроскопия (SEM), енергийно-дисперсионен анализ (EDX), лазерно-индуцирана емисионна спектроскопия (LIBS), рентгенова фотоелектронна спектроскопия (XPS), диференциална сканираща калориметрия (DSC), наноиндентация (Nanoindentation) и статистически анализ са изследвани структурата, морфологията, химичния състав, термичното поведение и механичните свойства на неизползвани и използвани в *in-vivo* среда дъги. Ортодонтските дъги Bio-active™ са изработени от Ni-Ti сплав с аустенитна кристална структура, която се запазва по време на ортодонтското лечение. Грапавостта на повърхността на изследваните дъги намалява след клинична употреба и елементният им състав не се променя значително по време на лечението. Освен Ni и Ti, бяха открити и следи от Fe и Cr. Винаги е по-добре да се знае елементния състав, защото все повече хора са алергични, особено към Cr и Ni. Освен това,

познаването на скоростта на намаляване на Ni в дъгите (или скоростта, с която Ni се абсорбира може би в тялото на пациента) е важно за ортодонтите, които решават колко дълго да предписват използването на дъги за всяко специфично лечение. С увеличаване времето на престой на дъгите в устната кухина, тяхната твърдост намалява вероятно поради промените в морфологията. При използването в продължение на 6 седмици бикуспидна област има най-малката от всички други изследвани проби, вероятно поради най-ниската концентрация на Ti в този регион. Може да се заключи, че намаляването на твърдостта на дъгите се ограничава до първите 6 седмици от употреба.

Основен резултат от това проучване е полученият модел на динамика на освобождаване на никел по време на престой в устата на пациента. Новостта на подхода се основава на идеята за отчитане на разликите в дължините на интраорална употреба. Полученият модел може да се превърне в инструмент за определяне на оптималната продължителност на използване на ортодонтските дъги специфично за всеки пациент.

Настоящите резултати ще дадат на ортодонтите важна информация за физикохимичните и механичните свойства на многосиловите дъги Bio-active™ по време на тяхната клинична употреба. Тя може да помогне при избора на оптимална продължителност на употреба на дъги в зависимост от конкретните цели на лечението и нуждите на пациента.

През отчетния период чрез твърдофазен синтез са получени обемни образци от системите: Y-Ba-Cu-O (с номинален състав: 123; 134; 156; 13-20-33), Dy-Ba-Cu-O (номинален състав 123) и същите легирани с Ag₂O и наноразмерен Fe₃O₄ и Bi-Pb-Sr-Ca-Cu-O (с номинален състав: 2201; 2212).

Различни методи като сканираща електронна микроскопия (SEM), рентгеноструктурен анализ (XRD), енергийно-дисперсионен анализ (EDS) и магнити измервания (AC/DC) бяха използвани за тяхното изследване. Внасянето на добавки (Ag₂O и Fe₃O₄) с ниски концентрации към Y-Ba-Cu-O образци по литературни данни подобрява свръхпроводимите им свойства като повишат критичната температура и критичната плътност на тока, наблюдавано и при получените от нас поликристални образци с нееднороден състав и хомогенно разпределение по повърхността на желязото и среброто, съответно. Установено е също така, че стойността на обема на клетката(V) за Dy123 и Dy123 с добавка Fe₃O₄ е еднаква. XRD анализът е проведен върху цялата повърхност на пробите и не открива фази, чието количество е под 4%. SEM микроснимките разкриват многофазна структура с удължени зърна за DyBCO керамиката. Въвеждането на Fe₃O₄ в състава на изследваната многофазна проба DyBCO не пречи на образуването на Dy123 свръхпроводяща фаза, както и на образуването на фазите BaCuO₂ и CuO. Резултатите от EDX и картографските анализи сочат наличието на малки количества Fe по повърхността, разпръснати около кристалите Dy123, CuO и BaCuO₂, което ни доведе до заключението, че Fe не реагира с другите елементи и не образува фази и не влиза в решетката на клетката Dy123. Изчисленото съдържание на кислород в пробите не варира значително между пробата с Fe₃O₄ и чистата, следователно добавянето на 2 тегл.% Fe₃O₄ нанопрах към DyBCO керамиката не влияе върху количеството кислород, което играе важна роля за свръхпроводящите свойства на материала.

През отчетния период са проведени изследвания с цел установяване на ефекта на различните методи на приготвяне върху електрохимичните свойства на активна цинкова маса с проводящи купратни керамични добавки. Изследвани са 3 начина на приготвяне (топкова мелница, ултразвук и механично смесване). Бяха приготвени по три електрода с различни композиции: цинкови електроди с въглеродна добавка в два от които има и

добавена проводяща керамика от системата В(Рb)SCO 2201 и В(Рb)SCCO 2212, респективно. Образците са изследвани чрез рентгенова дифракция, сканираща електронна микроскопия и електрохимична импедансна спектроскопия. При В(Рb)SCCO 2212 керамика е установено, че най-добра хомогенизация на добавката в активната маса се постига при ултразвукова обработка и се наблюдава подобрене на вече известните ефекти на керамичната добавка. По-добрата хомогенизация на добавките с ZnO може да подобри проводимостта, стабилността и по този начин да удължи живота на батерията.

Получените до момента резултати определиха и бъдещи изследвания, свързани с изследване влиянието на количеството керамична добавка върху работните характеристики на цинковия електрод в Ni-Zn електрохимична клетка.

През изминалата 2021 г. продължихме изследователската си работа върху влиянието на различни органични и неорганични примеси върху физикохимичните свойства на мембранни структури, съставени от синтетичния липид стериол-олеил фосфатидилхолин SOPC. През отчетната година довършихме започнатите анализи на системи от SOPC във водни разтвори с концентрация 100; 200; 300 и 400 mM захароза. Също така, благодарение на съвместната ни работата с колеги от различни институти, успяхме да синтезираме успешно сребърни наночастици с хидрофобна обвивка и да сравним влиянието им върху свойствата на синтетичната липидна мембрана с това на златни наночастици с хидрофобна обвивка в същата концентрация.

Посредством диференциалната сканираща калориметрия на чиста SOPC липидна система (без наличие на захар във водния разтвор) бе установено, че преходът от гел към течно-кристално състояние настъпва при около 3.34 °C. Пикът е много ясно изразен и съответства на фазов преход от първи род. С добавянето на захароза във водния разтвор измерванията показват леко изместване на тази температура до към 4,73 °C. От резултатите се вижда, че добавянето на захароза още при концентрация 100 mM в разтвора силно влияе на фазовото поведение. Формата на пиковете, свързани с трансформацията, е сходна за всички проби, съдържащи захароза. Също така се наблюдава ясна тенденция за намаляване на стойностите на енталпията с увеличаване на концентрацията на дизахарида в разтвора до концентрация от около 300 mM захароза. При тази концентрация настъпва насищане на системата и последващо увеличение на концентрацията на захарта практически не влияе на стойностите на параметрите. Може да се направи връзка между тези резултати и резултатите за модула на еластичност на огъване- k_c на SOPC мембрана в присъствие на захароза. Според тези данни има драстично намаляване на k_c с добавяне на захароза до концентрация от около 300 mM. При по-висока концентрация на захароза се наблюдава насищане и стойността на еластичните параметри остава практически непроменен.

Системи от SOPC във водни разтвори с концентрация 100; 200; 300 и 400 mM захароза бяха изследвани и посредством Фурие-трансформираща инфрачервена спектроскопия. Поради изваждане на сигнала, вследствие на водната абсорбция от спектрите на изследваните системи, не се наблюдават ИЧ ивици, отговарящи за SOPC или захарта, в интервалите: 3600–3200 cm^{-1} ; 1700–1500 cm^{-1} . Под 3200 cm^{-1} се откриват две валентни трептения, породени от връзката C–H (2936 cm^{-1} -асиметрично и 2885 cm^{-1} -симетрично разтягане). Те се свързват с липида и добавената към водната проба захароза. В останалата част на спектъра доминиращи ИЧ ивици се дължат на валентните трептения на C–O и C–C от захарта, като най-изразени са при 1138, 1113, 1056, 1018 и 998 cm^{-1} . Като цяло интензитетът на спектрите се увеличава пропорционално на количеството захароза във водната фаза. Не се наблюдава изместване на

местоположението на самите ивици. От друга страна е установено известно намаляване на съотношението на интензитетите на трептенията при 1056 и 998 cm^{-1} , съответстващи на валентните вибрации на CO на захарта, т.е. относителният интензитет на ивицата при 998 cm^{-1} се увеличава спрямо този при 1056 cm^{-1} с увеличаване на концентрацията на дизахарида. Това явление сочи за наличието на поне два вида сукрозен хидрат в изследваните системи- сукрозен пентахидрат и воден разтвор на сукроза.

Поради значителното припокриване на ИЧ ивици на захарта и SOPC, пробата на фосфолипида с добавка от 300 mM захароза беше подложена на анализ на втората производна в областта 1500-800 cm^{-1} и последващ анализ на спектрите. Това съдържание беше избрано, заради вече установеното влияние на захарта върху k_c на същия липид. След сравнение на спектрите на чиста захароза беше установено, че колебателните движения при 1249 cm^{-1} и 1260 cm^{-1} произхождат единствено от асиметричните валентни връзки на фосфатните групи. Позицията на тези ивици е силно зависима от водородните връзки и йонното взаимодействие. Предвид наличието на ивици едновременно при 1260 cm^{-1} и 1249 cm^{-1} може да се заключи, че в пробата с 300 mM захароза не всички фосфатни групи на липида са свързани във водородни връзки.

Термограмите на системите от SOPC и 0.5 тегл. % златни (AuNPs) и сребърни наночастици (AgNPs) с хидрофобна обвивка показват съществен и сходен ефект на двата вида наночастици върху фазовия преход от гел към течнокристално състояние. Присъствието на наночастиците предизвикват отместване на трансформацията към по-ниски температури. Този ефект е по-изразен за сребърните наночастици. Самият преход за системите SOPC-AuNPs е значително затруднен и по-труден за идентифициране, което води до по-ниска стойност на енталпията от около един порядък в сравнение с пробата, съдържаща AgNPs. Получените термограми показват, че AuNPs възпрепятстват фазовата трансформация по-интензивно в сравнение с златните си аналози за изследваната концентрация. Експерименталните резултати разкриват видоизменение на фазовия преход от еднороден (всички молекули преминават едновременно в друга фаза) към нееднороден такъв и появата на междинно състояние преди самия преход при добавянето на наночастици.

ИЧ ивици на молекулите от SOPC в системата SOPC-AgNPs се наблюдават на същите позиции като тези, открити за SOPC-AuNPs: 2962, 2930, 2877, 2860 cm^{-1} (CH валентни трептения на метиловата и метиленова групи от алкилни вериги), 1463, 1414, 1394, 1381, 1360 cm^{-1} (CH деформационни вибрации), 1217 cm^{-1} (асиметрични валентни вибрации на фосфатните групи) и 1046 cm^{-1} (валентни вибрации на CO). Само ивицата за валентните вибрации C=O на карбонилните групи на липидния естер изглежда леко изместена - от 1730 cm^{-1} (SOPC-AuNPs) до 1735 cm^{-1} (SOPC-AgNPs), но съответства на позицията за напълно хидратирани диацил фосфатидилхолини. Позицията на ивицата за асиметричната валентна вибрация на фосфатните групи - при 1217 cm^{-1} също е знак за ефективна хидратация на фосфатните групи. Очевидно хидратацията не се влияе от наличието на металните нанопрimesи. От друга страна, в системата SOPC-AgNPs относителният интензитет на ивиците за SOPC е много по-висок, отколкото в системата SOPC-AuNPs. Това най-вероятно се дължи на по-силния плазмонен ефект на AgNPs в сравнение с AuNPs.

Бяха проведени експерименти на нанофилтрация през Nadir®NP030 мембрана (средна големина на порите 500 Da) с два вида водни разтвори - хидролизат на биологично активното съединение *Mutirophyllum spicatum* и моделен разтвор, който симулира въглехидратите, намиращи се в реалния разтвор. С цел подобряване начина на разделяне на високомолекулни феноли от моно и дизахариди, филтруването бе

извършено в режим на диафилтрация при следните работни параметри: трансмембранно налягане 10, 20 бара, тангенциален поток 1.2, 1.6л/мин., скорости на напречния поток 50 – 125 л/ч и температура 20°C (приложен е температурен режим на охлаждане).

Може да се заключи, че по отношение на моделното решение, проникването на глюкоза при диафилтрацията е по-малко ефективно главно поради много по-малкото ускорение на потока при разреждане. Основното предимство на режима на диафилтрация пред концентрацията е засиленото проникване на захари, особено на по-големите, дизахариди, което води до няколко пъти по-високо пречистване на фенолните вещества в ретентата.

Бяха проведени експерименти на нанофилтрация през Nadir®NP030 мембрана с моделни водно-етанолни разтвори, с различна концентрация на етанол, от 0 до 80%. Експерименталните резултати с моделни разтвори показват изразено намаляване на потока на пермеата до 20% съдържание на етанол, след което се наблюдава увеличение, но потокът остава много по-нисък от този във водата. Съществува тенденция на задържане, която леко се увеличава при повишение съдържанието на етанол. Концентрациите на етанол в пермеата (C_p) и ретентата (C_r) в моделните разтвори остават близки една до друга, като съотношението C_p/C_r е по-ниско от 1.

Беше проучено как това поведение на наномембраната се променя при филтруване на сложна многокомпонентна система вода-алкохол (червено сухо вино Мавруд). Експериментите показват много по-нисък поток на пермеата в сравнение с моделните разтвори. С цел подобряване поведението на потока бяха изследвани ефектът от трансмембранното налягане и скоростта на напречния поток.

При филтруване на вино, при 10 бара, наблюдаваният нисък поток на пермеата има тенденция към намаляване с времето. Филтруването на вино в диапазона от 10 до 50 бара показва около петкратно увеличение на потока на пермеата, като зависимостта е линейна. Не се наблюдава ефект на компресиране на мембраната при по-високото трансмембранно налягане. При по-ниско налягане се наблюдава ефект на замърсяване, който е обратим, като мембраната възвръща характеристиките си след измиване и при повторен опит се наблюдава добра възпроизводимост на потока.

ФИЗИЧЕСКА ОПТИКА И ОПТИЧЕСКИ МЕТОДИ

Изследвана е ролята на наночастици от графенов окис (GO) за увеличаване на йонната електрическа проводимост на електролитна система, съставена от полимери поли(етиленов окис) (PEO) и поли(винилпирилодон) (PVP), и солта NaIO_4 като донор на йони. Нано-добавката от GO е в концентрация 0.2; 0.4; 0.6 и 0.9 тегловни %. Йон-полимерната система PEO/PVP/ NaIO_4 /GO, провеждаща натриеви йони, е нова и специфична, и представлява практически интерес като многофункционален материал за приложения в органичната електроника, мехатроника и сензорика. Чрез комплексна електрическа импедансна спектроскопия и комплексна диелектрична спектроскопия в честотния диапазон 1 Hz – 1 MHz, е определен ефекта от наночастиците GO. Той е обяснен от гледна точка на диполната реорганизация в йонопроводящия нанокомпозитен комплекс (и твърд полимерен електролит) PEO/PVP/ NaIO_4 /GO, когато на този диелектричен материал е приложено външно променливо електрическо поле. Определена е йонната проводимост на изследвания електролит в зависимост от концентрацията на GO наночастиците. Резултатите, получени от това изследване, са от значение за получаването на нанокомпозитни полимерни електролити с подобрена йонна проводимост.

Изследвани са гъвкави свободно-стоящи електролитни мембрани от наноккомпозит, съставен от поли(етиленов окис) (PEO) и нанокристали от нишесте (SNCs), с добавка на магнезиев бромид ($MgBr_2$) в различни концентрации (5, 10, 15, 20 и 25 тегл.%). Микроструктурата и термичната стабилност на тези наноккомпозитни мембрани са характеризирани чрез сканираща електронна микроскопия, рентгенова дифракция, инфрачервена спектроскопия с трансформация на Фурие, и с диференциална сканираща калориметрия. Проведени са и изследвания на наноккомпозитните мембрани PEO/SNCs/ $MgBr_2$ чрез комплексна електрическа импедансна спектроскопия и комплексна диелектрична спектроскопия в честотния диапазон 0.1 Hz – 1 MHz при промяна на температурата в диапазон 30–70 °C. Измерено е, че в сравнение с PEO/SNCs(10 тегл.%) недотиран с $MgBr_2$, електролитните мембрани със състав PEO/SNCs(10 тегл.%)/ $MgBr_2$ (25 тегл.%) показват увеличение с повече от три порядъка на йонната проводимост при стайна температура. Чрез диелектрична спектроскопия са определени коефициента на дифузия (D) и общата йонна концентрация (n) за изследваните наноккомпозитни електролитни мембрани. Установено е, че стойностите на тези параметри се увеличават пропорционално на концентрацията на солта $MgBr_2$, и при 25 тегл.% $MgBr_2$ се достигат стойности, подходящи и атрактивни за съхраняване на електрическа енергия.

Комплексна електрическа импедансна и диелектрична спектроскопия са приложени за изследване на диелектрични релаксации и тяхното термично поведение в йонопроводящи композити/комплекси от полимер поли(етиленов окис) (PEO) и E8 нематични течни кристали (LCs), при композиционно съотношение PEO:E8 = 70:30 тегл.%. Изследвани са гъвкави тънки филми PEO/E8 с дебелина 150 μm , както и такива филми от Na^+ йонно-опроводящ електролит PEO/E8/ $NaIO_4$ със същото PEO:E8 композиционно съотношение, но допълнително съдържащи 10 тегл.% от солта натриев метапериодат ($NaIO_4$) като източник на Na^+ йони. Молекулната динамика, а именно диелектричната релаксация на PEO/E8 и PEO/E8/ $NaIO_4$, са характеризирани чрез анализи на комплексния импеданс и диелектричните спектри, измерени в честотния диапазон от 1 Hz–1 MHz, при изменение на температурата около температурата на встъпяване на тези композити. Релаксацията и поляризацията на диполните образувания в PEO/E8 и PEO/E8/ $NaIO_4$ е установена и сравнена, както по отношение на техния електрически импеданс, така и на диелектричния им отклик в зависимост от температурата. Резултатите, получени за молекулярната организация, динамиката на молекулната релаксация и електрическа поляризация в изследваните йонно-проводящи полимер-LC композити/комплекси са полезни при оптимизирането на тяхната структура и функционалност, и са привлекателни за приложения в гъвкавата органична електроника, устройства за съхранение на енергия, и мехатроника.

Изследвани са нови наноккомпозити, получени от дискотични течни кристали (ДТК) от звездообразно трис (кетохидрозоново) съединение LTTH6, към които са добавени въглеродни нанотръбички (SWCNTs) при концентрация от 1 тегл.%. SWCNTs/LTTH6 наноккомпозитите са формирани като тънки филми с дебелина 3 μm . Те са изследвани чрез диференциално-сканираща калориметрия и оптична спектроскопия на поглъщане в близката УВ, видимата и близката ИЧ спектрални области. Изследването е фокусирано върху характеризирането на структурните и мезоморфни свойства на тънки филми от тези ДТК наноккомпозити, които могат да намерят приложения като функционални опто- и електрически активни материали. По отношение на мезоморфизма и течено-кристалното поведение на SWCNTs/LTTH6 наноккомпозитни филми бе установено, че при стайна температура колоно-образната течено-кристална фаза на ДТК LTTH6 в тях може да бъде в стъкло-образно състояние. Изследван е и фото-

индуциран термо-ефект, наблюдаван в такива филми, а също и фото-електрическият им отклик при стайна температура, с оглед на техните възможни приложения за сензори и други устройства. Електронните свойства на такъв тип наноструктуриран ДТК материал и съответно електрическите характеристики на тънки филми от него са интересни от практическа гледна точка, напр., за приложения в органичната електроника (OLED-и, дисплеи и органични полевни транзистори), сензорика и мехатроника.

Изследван е електро-импедансния отклик на Ленгмюир-Блоджетови (LB) нано-тънки ($\sim 3-6$ nm) молекулярни монослоеви (планарни филми) от фосфолипид дипалмитоил-фосфатидил-етаноламин (DPPE), когато такива LB филми са в присъствието на пари на вредни летливи органични съединения (метанол, ацетон, хлороформ, етанол, хексан, тетрахлорметан). Пригодността на DPPE LB филми за практически приложения за детекция на такива пари е тествана чрез комплексна електрическа импедансна спектроскопия в честотен диапазон 0.1 Hz – 1 MHz. Установено е, че в резултат на сорбция на парите върху филма, импедансната реакция на DPPE LB филмите се променя значително, което е подходящо за откриване на наличие на тестваните летливи съединения в газова фаза. Показано е, че промяната на честотните спектри на комплексния електрически импеданс на филмите може да служи за получаване на информация за концентрацията на детектираните пари, в определени граници. Това прави изследваните фосфолипидни структури интересни като нано-тънки слоеве за биосензорни приложения, като идеята е те да се ползват в сензорен елемент с интердигитални микроелектроди. Това дава възможност, предложената експериментална схема да бъде платформа за конструиране на микро-сензорни устройства за детекция на пари и на други опасни летливи органични съединения.

Изследван е и електро-импедансния отклик на DPPE LB филми с цел откриване на ниски концентрации на Cd^{2+} йони във вода (1 $\mu g/L$, което е 5 пъти по-ниска от допустимата норма в питейна вода). Детекцията и предаването на сигнала се извършват чрез електролитен интерфейс - капка на течен електролит. Основните изводи от изследванията са, че присъствието на Cd^{2+} води до промяна на комплексния електрически импеданс и електрическата проводимост на DPPE LB филмите, перпендикулярна на монослоя, което се дължи на електростатичните взаимодействия между Cd^{2+} йони и DPPE LB монослоеве. Резултатите, получени в тази работа, показват, че фосфолипидни DPPE LB монослоеви с приложената техника за детекция са достатъчно чувствителни за откриване на наличие на йони на тежки метали (по-специално йони на Cd) във вода при концентрации, по-ниски или съвместими с допустимите граници за питейна вода и могат да се ползват за количествено определяне на концентрацията на йоните. Така фосфолипидни DPPE LB филми могат да бъдат подходяща молекулна матрица за биоразпознаване в активни слоеве на възможни микро-биосензори.

Приготвени са образци на графенови слоеве посредством химическо отлагане на пари (CVD) върху медно фолио. Получените проби са изследвани с Раманова спектроскопия, елипсометрия и рентгенова фотоелектронна спектроскопия. Изследвани са ефектите от повърхностната ориентация на Si и степента на окисление, както и възможната предварителна обработка върху качеството и Рамановия отзвук на израсналите слоеве. Получените данни се сравняват с Рамановия сигнал на графен след трансфер върху стъклена подложка, разкривайки сложното взаимодействие на графена с Si катализатора. За да илюстрираме допълнително ефекта от електрополирането, ние визуализираме домейните в графеновите слоеве, отложени върху електрополирано и върху необработено Si фолио с помощта на нематичния течен кристал E7. При наблюдаване с оптичен микроскоп, в режим на отражение, при кръстосани поляризатори,

на течнокристалната текстура, получена при графен с E7, поради нематичното подреждане, картината преминава от тъмно в светло състояние при завъртане на 45° на образца. Тъй като графеновият слой се състои от зърна с различна кристалографска ориентация и всяко зърно налага собствена подредба на течния кристал, чрез π - π електронно взаимодействие, по този начин могат да се визуализират различни графенови зърна. От визуализация на графенови зърна чрез покритие от течен кристал се установява, че графенът, отгледан върху електрополирано Cu фолио, показва по-големи зърна с по-ниска плътност на дефектите.

Продължена е работата по определяне на оптимални режими на технологичния процес за реализиране на филми с необходимите характеристики (показател на пречупване, плътност, здравина, адхезия и др.) с нови оптични материали със системата за вакуумно отлагане Symphony 9 на фирмата Tesport Optics, закупена по Оперативна програма „Развитие на конкуренто-способността на българската икономика“.

Усвояват се многослойни покрития за близката и далечната УВ област – антирефлексни и огледални чрез използване на устойчиви окиси – Al_2O_3 и SiO_2 . Реализирани са тесноивични огледала (минус филтри) с над 40 слоя за дължини 520 и 1040 nm с високо пропускане в широка спектрална област (270-900 nm).

Установено е съществуването на стабилни дисипативни светлинни структури в резонатори на Кер ограничени както в пространството така и във времето (светлинни куршуми). Тези три-размерни (3D) локализирани структури се състоят от изолиран светлинен куршум (light bullet - LB), свързани заедно LBs, или от клъстер формиращ 3D картина. Те се явяват като стационарни състояния в референтна рамка движеща се с груповата скорост на светлината в резонатора. Броят на LBs и разпределението им се определя от началните условия, докато тяхната максимален интензивност - от параметрите на системата. Тяхната бифуркационна диаграма ни позволява да обясним това явление като хомоклинна структура. Когато силата на инжектираната светлина се увеличи, светлинните куршуми губят стабилност и в резонатора се появяват гигантски, късо-живеещи импулси. Техните статистични характеристики разкриват вероятно разпределение с дълга опашка, което е типично за екстремални явления още наричани рог-вълни (rogue waves) или вълни-убийци.

Демонстрирано е, че новооткритите дисипативни 3D структури се появяват в силно нелинеен режим, в който модулационната нестабилност е субкритична. Конструирана е бифуркационна диаграма на формирането на оптичен кристал както в моностабилен така и в бистабилен режим. Аналитично изследване предсказва доминирането на кубична централна кристална решетка над възможните други 3D решения с по-малка симетрия. Тези резултати, получени чрез слабо-нелинеен анализ са потвърдени числено. Показано е, че светлинни куршуми и техните клъстери са възможни и в режим на бистабилност.

Разгледана е матрица от свързани нелинейни резонатори с оптична инжекция, която се описва теоретично с дискретни обобщени уравнения на Лужато-Лефевър. Предсказани са дискретни светли (тъмни) светлинни куршуми и клъстери от тях в режим на аномална (нормална) дисперсия.

Изследвано е формирането на тъмни векторни дисипативни солитони в присъствието на нелинейно поляризационно свързване в оптичен резонатор с кохерентна оптична инжекция в режим на нормална дисперсия. Това устройство се описва от свързани уравнения на Лужато-Лефевър. Стабилизирането на тъмните солитони се дължи на заключване на фронт на превключване в бистабилен режим. В

тристабилен режим на хомогенното решение два клона на локализираните решения могат да съществуват при еднакви параметри на системата. Тези съ-съществуващи решения са с различна максимална интензивност и поляризационно състояние. Построена е бифуркационна диаграма в режим далеч от модулационна нестабилност и е показано, че те притежават хетероклинна структура.

Изследвана е експериментално нелинейната поляризационна динамика на VCSEL с ортогонална оптична инжекция на честотен гребен. Демонстрирана е генерацията както на честотен гребен със същата поляризация както инжектирания, така и на два гребена с взаимно ортогонална поляризация, а също така и на хармоничен гребен и на гребен с увеличен брой на линиите. Оптимизация на параметрите на инжекция води до гребен с полоса от 60 GHz при отместване на линиите от 2 GHz и с отношение на сигнал към шум от 60 dB. Тази техника може да се използва за спектроскопски измервания или за поляризационно мултиплексиране при оптично предаване на данни.

Важността на протонно-обменените вълноводи в литиев ниобат и литиев танталат за фотониката изисква задълбочено изследване на фазовия състав – основен фактор за качеството и параметрите на устройствата на основата на такива вълноводи. Предложена е методика за неструктивен анализ на многофазови протонно-обменени слоеве чрез комбиниране на модова спектроскопия и деконволюция на ИЧ спектри на поглъщане и отражение. Изследвана е връзката между фазовия състав и вътрешното механично напрежение във вълноводите. Проведеният анализ допринася за по-доброто разбиране на процесите на фазообразуване при протонния обмен и за управляемо модифициране на свойствата на получените вълноводни слоеве с оглед на бъдещото им приложение.

Изследвани са кратковременният и дългосрочният дрейф на работната точка при електрооптични модулатори на основата на протоннообменени вълноводи в литиев ниобат след предварително термично третиране на подложката. Измерено е времето за релаксация на постояннотоковия дрейф при промяна на температурата на кристала. Резултатите показват значителното влияние на предварителната термична обработка на повърхността (с цел намаляване на дефектите) върху стабилността на работната точка на EO-модулаторите. Тя води до съществено намаляване на краткосрочния постояннотоков дрейф и едновременно с това и до повишаване на дългосрочната стабилност на тези модулатори.

Установено е, че при химическо ецване плътността на дислокациите в монокристалните подложки литиев ниобат е по-висока близо до повърхността (около 20 μm) отколкото в дълбочина. Това променя дифузионния коефициент при протонен обмен и може да повиши постояннотоковия дрейф при амплитудните модулатори, базирани на вълноводи, получени с използването на тази технология.

Използването на лазери за изследване на художествени материали навлиза в консервационната и реставрационната дейност поради редица предимства: висока точност и степен на контрол, неструктивен *in situ* анализ, съвместимост с други методи, възможност за пълно охарактеризиране на физичната и химичната структура на картини. Направеният анализ на тези методи обхваща основните спектроскопични методи за възбуждане на спектрите на пигменти, свързватели, фирниси и други компоненти на живописните слоеве, интерферометричните методи за структурен анализ на картини (холографска интерферометрия, широкография, лазерна Доплерова виброметрия, оптична кохерентна томография), сензори за микроклимат, почистване на повърхността на картини, рязане и стратиграфиране, 3D сканиране и документиране, влияние на

лазерното лъчение върху пигментите, свързвателите и фирнисите, също както и тенденциите, изискванията и перспективите при използване на лазерно-базираните методи при консервация и реставрация на кавалетна живопис.

ЛАЗЕРНА ФИЗИКА И ФИЗИКА НА АТОМИТЕ, МОЛЕКУЛИТЕ И ПЛАЗМАТА

Изследван е лазер с пари на меден бромид (CuBr), с активен обем на разрядната зона 10 литра (диаметър 8 cm и дължина 200 cm) и генериращ на атомните самоограничени преходи на медта $\lambda=510.6$ nm и $\lambda=578.2$ nm). Получена е рекордно висока средна изходна мощност от 140 W за лазерите с CuBr пари. Достигнатата средна лазерна мощност от 131 W при комутация само на 10 kV е също рекордна за CuBr лазери. При възбуждане на същата лазерна тръба с патентованото биполярно мощно високоволтово (HV) захранване е получена средна изходна мощност от 151 W. Създаден е също така 20-W компактен мобилен CuBr лазер, възбуждан с изяло твърдотелно биполярно HV захранване, при което водородния тиратрон е заменен с IGBT (insulated-gate bipolar transistor).

На двете линии на медния атом ($\lambda=510.6$ nm и $\lambda=578.2$ nm) е получена плътност на средната лазерна мощност от $0.85 \text{ TW}\cdot\text{cm}^{-2}$ с нова лазерна система с разходимост близо до дифракционния предел ($M^2 = 1.2$), състояща се от три отпоени лазерни тръби, както следва: осцилатор, двупроходен усилвател и мощен усилвател. Осъществена е също така прецизна лазерна микрообработка на образци от различни материали, а именно неръждаема стомана, силиций и кварц с оптическо качество. Проведено е също така теоретично изучаване на взаимодействието на лазерното лъчение чрез аналитично решаване на нестационарното уравнение на топлопроводността за случаите на алуминий, мед, силиций и неръждаема стомана.

Създадена е и е изследвана нова отпоена генератор–усилвател система със стронциеви пари, генерираща дифракционно ограничено лазерно лъчение на линията $6.45 \mu\text{m}$ със средна изходна мощност 2.3 W, със следните съществени подобрения: като генератор е използвана лазерна тръба с малък диаметър на разрядната зона (8 mm), поставена в плосък-плосък резонатор вместо в неустойчив резонатор; вместо телескоп от две огледала е използван телескоп от две лещи, с което се елиминира ъгловото падане на лазерното лъчение и се намаляват загубите от поглъщане. Реализирани са прецизни микрозаваряване и микрорязане на образци от кварц с оптическо качество, за да се демонстрират възможностите на новата система генератор–усилвател и да се определи разходимостта на лазерното лъчение.

Проведени са изследвания на въздействието на фемтосекундно лазерно лъчение върху различни видове синтезирани биополимерни материали (2D и 3D конструкции), като лазерните параметри (дължина на вълната, енергия на лазерния импулс, площ на облъчване, брой приложени импулси, скорост на сканиране) са варирани в широк диапазон за оптимизиране на лазерните параметри за повърхнинно модифициране на всеки тип синтезирана клетъчна матрица.

Направен е сравнителен анализ на най-популярните техники за квантов контрол, като е оценено представянето им при наличие на разнообразни източници на грешки. Разгледните техники включват резонансно възбуждане, адиабатни преходи, композитен адиабатен преход, универсални композитни импулси, "шорткъти" към адиабатност, както и оформени импулси. Като възможни източници на грешки са включени разпределение по интензитета, вариация на времето на взаимодействие, нехомогенно уширение, Доплерово уширение, нежелан чърп, грешки във формата на импулсите,

както и грешки от използването на приближението на въртящата се вълна. За различните типове грешки, различни техники се проявяват като превъзхождащи останалите, но общата оценка показва, че универсалните композитни импулси са най-стабилни към грешки.

Създаден е нов метод за оценка на вибрационната температура на охладен йон. Техниката използва тясно спектърни композитни импулси за да "сканира" заселеностите на различните вибрационни състояния. За разлика от традиционните методи, този подход не предполага термално разпределение на фононните заселености и освен това е приложим извън Ламб-Дике режима.

Разработен е нов метод за контрол на свръхпроводящи кубити, от типа "transmon". Методът е базиран на композитни импулси и позволява да се редуцират основните типове грешки, които възникват в този тип кубити: кохерентни грешки от калибрацията на кубита, "теч" на заселеност извън изчислителното подпространство на кубита, както и грешки поради декохерентност.

Разработен е нов метод за лазерно охлаждане на йони в уловки, който има за цел да подобри скоростта и прецизността на стандартния sideband cooling. Методът разчита на композитни импулси, чрез които да се приложи ефективен пи-импулс върху голям набор от вибрационни преходи, притежаващи различни честоти на Раби. За целта са завършени необходимите аналитични пресмятания, както и числени симулации, които да потвърдят теоретично ефективността на разработваната техника.

Реализирана е конструкция представляваща нов дизайн на оптичен изолатор, чието действие не зависи от поляризацията на светлината. Устройството се базира на интерферометър на Саняк и съдържа две композиции от Фарадеев ротатор и полувъълнова пластина, които действат като нерещипрочен ротатор т.е. ротатор в едната посока и компенсатор в обратната посока. Тестовете на изолатора показаха ниво на изолация между 43 dB и 50 dB за всички входни поляризации (линейни, кръгла или елипсовидна).

Разработена е нова конструкция на забавител (retarder) – оптично устройство, което забавя едната компонента на поляризацията спрямо другата (ортогонална на нея). Предложеният забавител е нерещипрочен т.е. действа по различен начин в права и обратна посока на преминаване през устройството и конструкцията предлага възможност да се регулира за различни режими на действие т.е. отместването между двете компоненти на поляризацията може да се настройва за различни въздействия в права и обратна посока. Системата е базирана на комбинация от рещипрочен поляризационен ротатор, Фарадеев ротатор и две четвъртвъълнови пластини като фазовото отместване в двете посоки на преминаване зависи от комбинирания ъгъл на въртене на ротаторите и може да се регулира чрез една от полувъълновите пластини в рещипрочния ротатор. Експериментално конструкцията е тествана при дължина на вълната от 650 nm и 632,8 nm, за която са направени настройки на системата и постигнат ефект на полувъълнова пластина в права посока и четвърт вълнова пластина в обратна посока. Друга демонстрирана полезна функционалност на конструкцията е действието на системата в една посока като неутрален елемент (нулев забавител), който оставя поляризацията непроменена, а в противоположната посока действа като общ забавител. При конкретния демонстриран случай за дължина на вълната 632,8 nm и подходящо избрани ъгли, в противоположната посока действието е на осмина вълнова пластинка. Предложената конструкция е приложима навсякъде, където е необходимо управление на поляризационното състояние в двете противоположни посоки – поляризационен

анализ, нови конструкции на изолатори или циркулатори, реализиране на квантови гейтове и др.

Проведено е археометрично изследване на керамика от неолитно селище Чавдар, намиращо се в Пирдопско-Златишкото поле и датирана към Ранния неолит (VII – VI хил. преди н.е.). Чрез лазерно-индуцирана плазмена спектроскопия (LIBS) са идентифицирани елементите съдържащи се в обема на керамиката, ангобата и бялата рисувана декорация нанесени върху нея, а инфрачервена спектроскопия FT-IR (Fourier-Transform Infrared Spectroscopy) е определен минералния състав. Проведения LIBS анализ на ангобата и бялата украса показва наличие на елементите Si, Ca, Fe, Al, Ti, Mn, Mg, Na, K, Li, Sr и Ba както и следи от Cu. В бялата декорация основният елемент е Ca, докато в ангобата са Si и Fe. Чрез FT-IR анализите са идентифицирани минералните компоненти в керамичното тяло (алумино-силикати, различни глинести минерали, фелдшпати и оксиди). На базата на резултатите получени от LIBS и FT-IR анализите е установено че определящ за червено-кафявия цвят на ангобата е минералът хематит (Fe_2O_3), докато основният минерал в бялата декорация е калцит ($CaCO_3$). Резултатите показват и непълна дехидроксиляция на глината от което е направено заключението, че изследваната керамика е печена при температура $500 \div 650^\circ C$.

ОТЛИЧИЯ

УКАЗ № 260

На основание чл. 98, т. 8 от Конституцията на Република България

ПОСТАНОВЯВАМ:

Награждавам акад. Никола Василев Съботинов с орден „Св. св. Кирил и Методий“ огърлие за неговите особено значими заслуги в областта на науката.

Издаден в София на 4 октомври 2021 г.

Президент на Републиката:
Румен Радев

Министър-председател:
Стефан Янев

Подпечатан с държавния печат.

Министър на правосъдието:
Янаки Стоилов

През 2021 г. учени от ИФТТ бяха отличени за своите научни постижения със следните награди:

Акад. Н. В. Съботинов е награден от Президента на РБ с орден „Св. св. Кирил и Методий“ огърлие с Указ № 260 от 04.10.2021 г., обнародван в Държавен вестник бр. 84 от 08.10.2021 г. за особено значими заслуги в областта на науката.

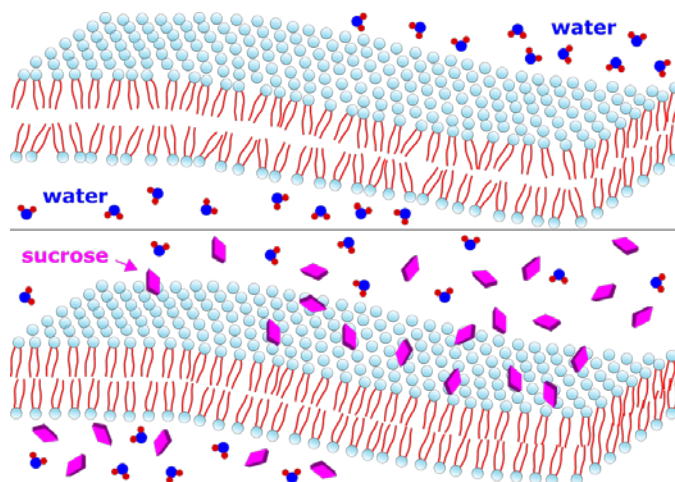
Огнян Красимиров Петков, стипендиант на Фондация „ЕВРИКА“ за 2021/2022 за постижения в овладяването на знания в областта на физиката на името на АКАД. ГЕОРГИ НАДЖАКОВ.

2. РЕЗУЛТАТИ ОТ НАУЧНОИЗСЛЕДОВАТЕЛСКАТА ДЕЙНОСТ НА ИНСТИТУТА ПО ФИЗИКА НА ТВЪРДОТО ТЯЛО ПРЕЗ 2021 г.

2.1. Най-значимо научно постижение

ЕФЕКТ НА ЗАХАРИ ВЪРХУ ДИЕЛЕКТРИЧНИТЕ СВОЙСТВА И СТРУКТУРАТА НА ЛИПИДНИ МЕМБРАНИ

Ръководител на темата: проф. Виктория Виткова



Подреждане на липидните молекули в близост до глицероловия остатък в присъствие на захароза.

Изследването на молекулните механизми на взаимодействие между захарите и биологичните мембрани има основна роля при установяването и контрола на техния стабилизиращ ефект върху биологичните мембрани. Неговото изучаване е важно не само по отношение на широкото му използване в медицината и индустрията за криоконсервация на тъкани и материали, но и за разкриването на връзката му с повишения риск от сърдечно-съдови заболявания и неблагоприятни промени в липопротеините в организма, асоциирани с приема на нискомолекулни въглехидрати. Диелектричните свойства, степента на хидратация, параметърът на подреденост и диполният потенциал на моделни липидни мембрани са определени в присъствието на нискомолекулни захари. Открива се качествено различно поведение на флуидитета в двата типа фосфатидилхолинови бислоеве при увеличаване на концентрацията на захароза във водната среда. Доказан е структуриращият ефект на дизахаридите в близост до глицероловия остатък на липидните молекули в мембраната. Посредством анализ на деформацията на квазисферични липидни везикули в променливо електрично поле и бърза електрохимична импедансна спектроскопия на плоски окачени мембрани е установено нарастване на специфичния електричен капацитет на мембраните във водни разтвори на захароза, докато монозахаридите глюкоза и фруктоза не променят диелектричните свойства на липидната мембрана. Получените резултати са основополагащи за бъдещи разработки на основата на бислойни липидни структури, изложени на външни физически стимули като температурни промени и електрически полета.

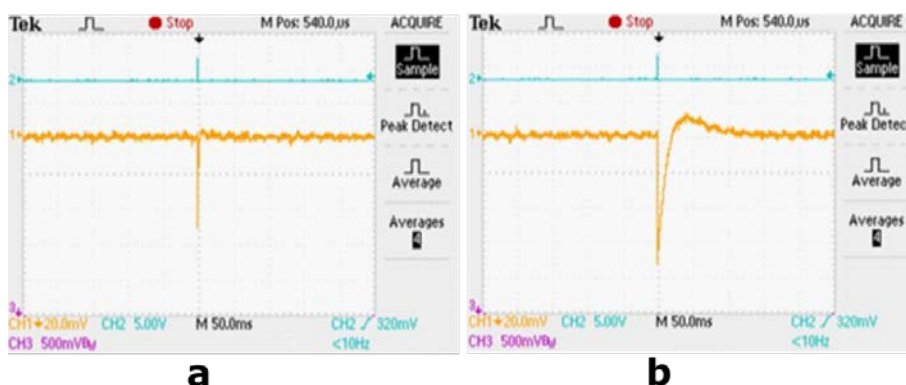
2.2. Най-значимо научно-приложно постижение

МЕТОД ЗА ОПРЕДЕЛЯНЕ ПРАГА НА АБЛАЦИЯ ЗА ТВЪРДОТЕЛНИ МАТЕРИАЛИ

Ръководител на темата: гл. асист. Стефан Каратодоров

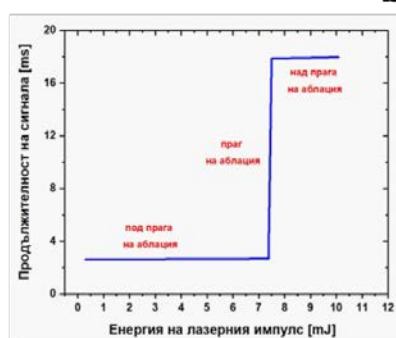
Патентът представя нов метод за прецизно определяне прага на аблация на твърдотелни материали и се отнася до взаимодействието на импулсна лазерна светлина с твърдотелна повърхност. Потенциалните приложения на метода са в областта на: - микро-електрониката за лазерно модифициране на твърдотелни повърхности; - машиностроенето за лазерна обработка на материалите; - физика на плазмата и др. Методът се състои в облъчване на повърхността на изследвания материал с импулсно лазерно лъчение и регистриране на минималната енергия, при която се наблюдава скокообразна промяна във формата и амплитудата на индуцирания електрически сигнал.

Промяната във формата на сигнала се характеризира с ясно изразено разширяване по продължителност и нарастване по амплитудата. Настоящият метод дава възможност за директна (онлайн) регистрация и се характеризира с висока чувствителност, като при това не се изисква сложна и скъпа експериментална апаратура. Форма на фотоиндуцирания сигнал под прага на аблация Форма на фотоиндуцирания сигнал над прага на аблация.



a

b



c

Продължителност на фотоиндуцирания сигнал - под прага на аблация а) и над прага на аблация б) и зависимост на продължителността на фотоиндуцирания сигнал от енергията на лазерния импулс около прага на аблация с)

3. МЕЖДУНАРОДНО НАУЧНО СЪТРУДНИЧЕСТВО НА ИНСТИТУТА ПО ФИЗИКА НА ТВЪРДОТО ТЯЛО ПРЕЗ 2021г.

Институтът по физика на твърдото тяло продължи да развива и през 2021 г. сътрудничества на ниво Академия и двустранните сътрудничества между ИФТТ и университети, лаборатории и организации от цял свят.

Голяма роля играят традиционно добрите сътрудничества на Института с авторитетни международни центрове като ОИЯИ – Дубна, Русия и Международната лаборатория за силни магнитни полета и ниски температури във Вроцлав, Полша.

60 публикации от общо 143 излезли от печат публикации през 2021 г. са в съавторство с чуждестранни учени.

През изтеклата година продължи работата по 12те спечелени проекта на млади учени от института по Програмата за подпомагане на младите учени в БАН и един за постдокторант от същата програма.

През 2021 г. в ИФТТ беше работено общо по 8 проекта в рамките на традиционното вече междуакадемично сътрудничество между БАН и съответните научни организации в: Полша (4), Румъния (2), Сърбия (1) и Естония (1). Те се изпълняват въпреки финансовите трудности и отчетите им са разгледани и приети от Научния съвет на ИФТТ.

Учени от ИФТТ работиха през 2021г. по два договора с ОИЯИ-Дубна (рък.: проф. Х. Шамати и рък. доц. Ю. Генова) и участваха в пет Европейски мрежи по програмата Cost (доц. Д. Димитров, доц. З. Димитрова и доц. Е. Йорданова).

През 2021г. ИФТТ започна организацията на 22-та ШКОЛА ПО ФИЗИКА НА КОНДЕНЗИРАНАТА МАТЕРИЯ (State of the Art in Functional Materials & Technologies), която ще се проведе в периода 29 август – 2 септември 2022 във Варна. Отново с цел подпомагане финансирането на школата се подготвя проект към Фонд научни изследвания по „Процедура за подкрепа на международни научни форуми, провеждани в Република България“. Реализирането на такъв проект би позволило да бъдат командирани около десет млади учени за участие в школата. На този етап за участие в школата са дали съгласие 19 поканени лектори от САЩ, Русия, Франция, Германия, Сърбия, Унгария, Полша, Словения, Румъния, Италия, Белгия.

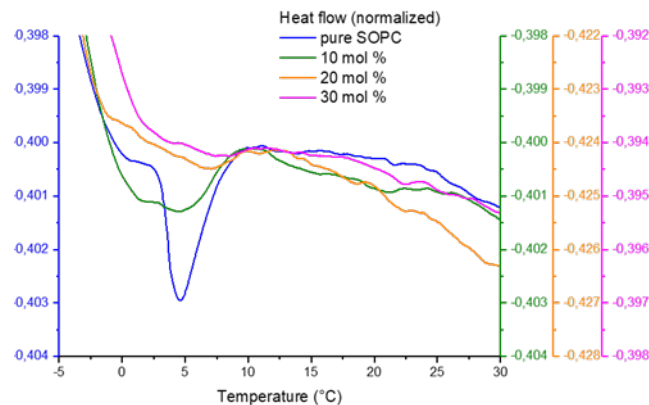
През 2021 година поради пандемията множество от научните конференции по цял свят бяха отменени или отложени. Въпреки това сътрудници на Института са участвали присъствено или онлайн в конференции и школи в чужбина и страната, където са представили своите постижения в 10 доклада и 24 постера.

Най-значим международно финансиран проект на ИФТТ

Договор по теми към „Обединен институт за ядрени изследвания“, Дубна 04-4-1133-2018/2020 на тема “Investigation of the influence of nanoparticles on the properties of biologically relevant systems “ с ръководител: доц. д-р Юлия Генова.

Изследователската програма на проекта имаше за основна цел експериментално и теоретично изучаване на структурата и функциите на модифицирана (комплексна) липидна мембрана, получена при вграждането в нея на наноматериали от органичен вид, биоструктури от вида на холестерол, мелатонин, карбохидрати, антибиотици, както при

вграждане на такива от неорганичен тип, като различни по състав и свойства наночастици (въглеродни във формите на графен, графенен оксид или въглеродни нанотръбички; а така също и златни наночастици с хидрофобна обвивка). Състоянието на водородните връзки, които стабилизират структурата и контролират функциите на мембраната, както в основно невъзбудено, така и в модифицирано комплексно състояние, бяха обект на прилагане на течнокристален подход, с цел получаване на нова информация за бислойната липидна мембрана. Част от изследванията бяха посветени на мембранно разделяне на биологично-активни вещества.



Термограми на SOPC липидна система при различни концентрации на мелатонин в липидната мембрана

По проекта бе закупен микроскоп Axiovert 100 Zeiss, оборудван с камера Axioscam 208 за запис и обработка на изображенията на получените изображения на изследваните обекти и термостатиране на работния обем и няколко млади учени бяха обучени да поддържат оборудването и софтуера на камерата и да извършват експерименти върху новоинсталираната система от представителите на Zeiss Company.



Закупения по проекта микроскоп Axiovert 100 Zeiss, оборудван с камера Axioscam 208 и термостатиращ модул.

4. УЧАСТИЕ НА ИНСТИТУТА ПО ФИЗИКА НА ТВЪРДОТО ТЯЛО В ПОДГОТОВКАТА НА СПЕЦИАЛИСТИ ПРЕЗ 2021 г.

Учени от Института четат лекции и водят упражнения по основни и специализирани курсове към Центъра за обучение към БАН, като: 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.

През 2021г. след депозиране доклади Самооценка ИФТТ поднови акредитацията си за обучение в образователната и научна степен „доктор“ по специалности от професионалните направления 4.1. „Физически науки“ по програмите: „Физика на кондензираната материя“ и „Лазерна физика, физика на атомите, молекулите и физика на вълновите процеси“. През 2021г. ИФТТ се отказа да продължи акредитацията по програмата „Биофизика“.

През 2021 г. в Института са се обучавали 2 докторанти на самостоятелна подготовка и един в задочна форма на обучение.

На 07 Декември 2021 г. се проведе XXIV ЗИМЕН СЕМИНАР „ИНТЕРДИСЦИПЛИНАРНА ФИЗИКА“ на докторантите и младите учени от институтите на БАН. В семинара взеха участие 9 участника – 4 от Институт по Физика на Твърдото Тяло „Акад. Георги Наджаков“, Българска Академия на Науките (ИФТТ–БАН), 4 от Институт по Електроника „Емил Джаков“, Българска Академия на Науките (ИЕ– БАН) и 1 от Институт по биофизика и биомедицинско инженерство, БАН. Участниците представиха 9 устни доклада. Темите на лекциите и резюметата на докладите са отпечатани в материалите на семинара в електронен вид. Семинарът се проведе дистанционно в платформата ZOOM. Бяха изслушани лекциите на следните поканени лектори: д-р Пурнима Будоме Сантош “Influence of hydrophobic gold nanoparticles on bending elasticity, phase transition and fluidity of SOPC lipid model systems” и доц. д-р Кръстьо Бучков от ИОМТ/ИФТТ–БАН “Перспективи на 2D дихалкогениди на преходни метали.

Представените доклади от докторантите и младите учени бяха върху най-актуални теми от областта на плазмата, течните кристали, сензориката, биологията, медицината и приложение на фемтосекундните лазери и електронните снопове в модерните технологии.

5. ИНОВАЦИОННА ДЕЙНОСТ НА ИНСТИТУТА ПО ФИЗИКА НА ТВЪРДОТО ТЯЛО И АНАЛИЗ НА НЕЙНАТА ЕФЕКТИВНОСТ ПРЕЗ 2021 г.

5.1 Осъществяване на съвместна иновационна дейност с външни организации и партньори

ГОТОВИ ЗА СТОПАНСКА РЕАЛИЗАЦИЯ НАУЧНИ ПРОДУКТИ

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.

5.2 Извършен трансфер на технологии

В ИФТТ се поддържат общо 24 патента.

Поддръжка на внедрените разработки: „Оптимално Разпределение на Локомотиви” и „Динамичен Тягов Интегратор,” и техните алгоритми, които продължават да се включват в научно-приложни системи с общодържавно значение, обхващащи голям брой работни места.

През 2021г. бяха одобрени 2 патента на ИФТТ:

МЕТОД ЗА ОПРЕДЕЛЯНЕ ПРАГА НА ЛАЗЕРНА АБЛАЦИЯ НА ТВЪРДОТЕЛНИ МАТЕРИАЛИ, изобретатели: Огнян Иванов, Валентин Михайлов, Стефан Каратодоров, José Luis Pérez-Díaz;

ОПТИМИЗИРАНЕ НА ПОЧИСТВАЩИТЕ СВОЙСТВА НА МЪГЛА, ПОСРЕДСТВОМ СЕНЗОР, РАБОТЕЩ НА БАЗАТА НА ЛАЗЕРНО ИНДУЦИРАН ФОТО-ЗАРЯДЕН ЕФЕКТ, ЧРЕЗ ИЗМЕРВАНЕ НА ЕЛЕКТРИЧЕСКИ СИГНАЛИ, изобретатели: Огнян Иванов, José Luis Pérez-Díaz, Петър Тодоров.

В експертиза са 3 патента на ИФТТ.

През 2021г бяха подадени две патентни заявления:

1. К. Д. Есмерян, Ц. А. Йорданов, Ю. В. Лазаров и Л. Г. Вергов, Метален държател за кварцов пиезоелектричен сензор функциониращ в условия на отрицателни температури, подаден на 26.02.2021г, София, България, №113331.
2. К. Д. Есмерян и Т. А. Чаушев, Свръхнеомокряеми въглеродни сажди като функционален активатор на човешки сперматозоиди, подаден на 30.11.2021г, София, България, №113453.

6. СТОПАНСКА ДЕЙНОСТ НА ИНСТИТУТА ПО ФИЗИКА НА ТВЪРДОТО ТЯЛО ПРЕЗ 2021г. И АНАЛИЗ НА НЕЙНАТА ЕФЕКТИВНОСТ.

6.1 Съвместна стопанска дейност

ИФТТ няма договори за съвместна стопанска дейност.

6.2 Отдаване под наем

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

- 1. “Каффа ойл” ЕООД**
- 2. “АПЛАЙ” ЕООД**
- 3. „Вертех“ ЕООД**
- 4. “БУЛРЕНТАЛ” ЕООД**
- 5. "БУЛПОД" ООД**
- 6. “ГИТАВА” ООД**
- 7. “НАТИ-75” ЕООД**
- 8. “ДИНО АРТ” ЕТ**
- 9. Мирослав Гергинов**
- 10. “АСКИ” ЕООД**
- 11. Интересно БГ**
- 12. “Михаил Янков” ЕТ-2 договора**
- 13. Никола Байнов**
- 14. “НИК ТРЕЙД 12” ЕООД**
- 15. МИХАИЛ НИКОЛОВ**
- 16. “ПУЛСЛАЙТ” ООД**
- 17. “Пи Си хаос” ЕООД**
- 18. Радослав Сашев Иванов**
- 19. “СКАЙ ПРИНТ” ООД**
- 20. Стоян Нешев**
- 21. „Дива 2009“ ЕООД**
- 22. „Гопал Прасад“ 2 договора**
- 23. Теодор Станоев**
- 24. БФМ ЕООД**
- 25. ЕПО ЛУКС ООД**
- 26. МИКРОТЕХ БГ ЕООД**
- 27. “ЧЕНТИ СПОРТ” ООД**
- 28. Семра Дургут**
- 29. Симпекс ди**
- 30. Самекс ЕООД**

7. КРАТЪК АНАЛИЗ НА ФИНАНСОВОТО СЪСТОЯНИЕ НА ИНСТИТУТА ПО ФИЗИКА НА ТВЪРДОТО ТЯЛО ЗА 2021 Г.

Институтът се финансира от бюджета и със собствени средства. Приходите са както следва: от бюджетната субсидия – **3 369 288 лв.**, собствени средства **226 025 лв.**, трансфери от МОН – **812 906 лв.**, вътрешни трансфери получени – **129 229 лв.** и трансфер към БАН за отчисления от наемни договори – **88 331 лв.**

Разходите са 4 311 043 лв. както следва:

§01 Заплати	2 577 815 лв.
§02 Други възнаграждения	222 736 лв.
§05 Осиг.вноски работодател	464 345 лв.
§10 Издръжка /НИР, охрана, командировки, раб.облекло, м-ли, външни у-ги, тек.ремонти, вода, парно, телефони, ел.е-я/	675 650 лв.
§19 Платени данъци и такси	43 480 лв.
§43-09 Др.субсидии и плащания-НБУ	12 000 лв.
§52 Придобиване на ДМАиНДМА	315 017 лв.

Списъчният състав на Института е с планова численост от **183 щатни бройки.**

Договорите за отдаване под наем са тристранни - наемател, ИФТТ и БАН. От тях се превеждат дължимите данъци и остатъка се разпределя между БАН и ИФТТ по **88 331 лв.**

Транспортните средства са 3 на брой.

8. ИЗДАТЕЛСКА И ИНФОРМАЦИОННА ДЕЙНОСТ НА ИНСТИТУТА ПО ФИЗИКА НА ТВЪРДОТО ТЯЛО В ПРЕЗ 2021 Г.



В периода 18-22 октомври 2021 г. пред фойето на зала „Проф. Марин Дринов“ (ул. „15 ноември“ №1) бе проведена изложбата „Предизвикателства на новите материали и приложения“. Изложбата бе организирана от Института по физика на твърдото тяло (ИФТТ) „Акад. Г. Наджаков“ и бе посветена на 49-та годишнина от своето създаване.

Експозицията представи развитието и постиженията на учените от лаборатория „Оптика и спектроскопия“. Началото на изследванията в областта на спектроскопията е поставено в ИФТТ през 1952 г. Днес учените от Лабораторията разполагат с технологии, апаратура и аналитични методи като UV-VIS-NIR и FT-IR спектрофотометрия, комплексна електроимпедансна спектроскопия и др. Това позволява провеждането на широк кръг изследвания на разнообразни материали – нови полимернобазирани електролити, които представляват интерес за органичната електроника, сензорика и мехатроника, йонноимплантирани прозрачни полимерни материали с приложение в интегралната, адаптивната, нелинейната оптика и фотониката и фотоактивни нематични нанокompозитни материали с приложение във фотоконтролируемата електрооптика.

Изследователите в областта на оптиката и спектроскопията са разработили нанокompозит – течен кристал с графенови наночастици, и получените резултати са индикация за осъществяването на ефективна електрооптично контролируема памет в течнокристална матрица. Те работят също върху определяне на оптимални режими на технологичния процес на физическо отлагане във вакуум. Получените антирефлексни и огледални покрития за близката и далечната ултаравиолетова област, които притежават необходимите характеристики, са важни за фирмите от индустрията в България, посочват от ИФТТ. Сред постиженията на Лабораторията са също теоретични и експериментални разработки на високоэффективни дифракционни решетки, както и на интегралнооптични и влакнестооптични пасивни и активни елементи с нов дизайн.

През 2021г. бяха продължени дейностите по обновление на наличната инфраструктура и поддържаните услуги. В момента, ИФТТ поддържа самостоятелно следните услуги: DNS, DHCP, MAIL, WEB hosting, file servers за администрацията и счетоводството и др.

Периодично през годината бяха обновявани версиите на счетоводните софтуерни програми Omeks 2000 и заедно с представителите на фирмата поддържаща софтуера Скипър е направена настройка за периодични съхранявания на данните на предвидения за това сървър.

Извършвани са и рутинни дейности по регистрация на нови емайл потребители, регистрация на нови компютри към локалната мрежа, лицензиране на компютри и др.

ВРЪЗКИ С ОБЩЕСТВЕННОСТТА

Независимо от извънредната ситуация, свързана с ковид пандемията и ограниченията в провеждането на публични събития, Институтът по физика на твърдото тяло успя да организира честването на важни годишнини и да популяризира постиженията на своя научен състав.



През 2021 г. се навършиха 125 г. от рождението на акад. Георги Наджаков, първият български откривател, чието име ИФТТ носи от 1982 г. и 100 г. от рождението на акад. Милко Борисов (директор на ИФТТ през периода 1973 – 1991 г.). Юбилеят на акад. Наджаков беше отбелязан с марка, която бе тържествено валидирана на 16

декември в БАН, а на акад. Борисов - с Юбилейна научна сесия, проведена онлайн чрез програмата ZOOM на 18 октомври.

Информация за дейността на Института по физика на твърдото тяло и за постигнати значими резултати от проведени научни изследвания беше публикувана в печатни, интернет базирани и ефирни медии. Сред тях са в-к Homo Sciens, списанията „Наука“, „Списание на БАН“, „Светът на физиката“, Business Global, телевизия Bulgaria ON AIR онлайн базираните (<http://www.bta.bg/bg>, <https://bglobal.bg/>, <https://zdrave.to>, <http://www.Dnes.bg>, <http://www.nauka.bg> и др.)

Учените от ИФТТ активно участват в популяризирането на българската наука. 4-ма са членове на редакционната колегия и на редакционния съвет на научно-популярното списание „Светът на физиката“; публикувани са 5 научнопопулярни статии (Р. Камбурова – 2 бр., Лозан Спасов – 1, Св. Рашев – 1, Никола Съботинов – 1), дадени са 3 интервюта (доц. Карекин Есмерян – 2 бр. и доц. Боян Торосов – 1 бр. за проекта „100 лица зад българската наука“- 2021 г. на списание „Българска наука“), кабинетът на акад. Георги Наджаков, обявен от Европейското физическо дружество за историческо място на Европа, е достъпен за посетители всеки ден след предварително договаряне.

02.04.2021

<https://zdrave.to/zdravni-novini/nay-interesnrite-razrabotki-na-ban-gotovi-da-se-prevrnat-v-uspeshen-biznes>

Най-интересните разработки на БАН, готови да се превърнат в успешен бизнес

318 прочитания

15 март

<https://bglobal.bg/>

Свърхнеомокряемите покрития на един витален учен

Текстът е публикуван в бр. 5 на сп. Business Global.

06.10.2021

<https://www.dnes.bg/obshtestvo/2021/10/06/v-ban-razrobotvat-metod-za-reshavane-na-reproduktivni-problemi.505992>

В БАН разработват метод за решаване на репродуктивни проблеми

06.10.2021

<https://www.bgonair.bg/a/36-sutreshen-blok/241482-lach-svetlina-balgarski-metod-varvi-uvereno-kam-reshavaneto-na-reproduktivni-problemi>

Български метод върви уверено към решаване на репродуктивните проблеми

<https://nauka.bg/100-lica-balgarskata-nauka-2021/>

100 лица зад българската наука

9. ИНФОРМАЦИЯ ЗА НАУЧНИЯ СЪВЕТ НА ИНСТИТУТА ПО ФИЗИКА НА ТВЪРДОТО ТЯЛО ПРЕЗ 2021 г.

9.1. Списъчен състав на Научния съвет на ИФТТ

Председател: доц. д-р Екатерина ЙОРДАНОВА
Заместник председател – доц. д-р Йордан МАРИНОВ
Научен секретар – доц. д-р Бойко Павлов КАТРАНЧЕВ
Технически секретар – гл. ас. д-р Василка СТЕФЛЕКОВА
Членове:

проф. д-р Хасан	ШАМАТИ
проф. д-р Албена Паскалева	ДОНЧЕВА
проф. д-р Виктория Виткова	ВИТКОВА
проф. д-р Петър Методиев	РАФАИЛОВ
проф. д-р Красимир Ангелов	ТЕМЕЛКОВ
проф. д-р Георги Бориславов	ХАДЖИХРИСТОВ
доц. д-р Ирина Елкова	БИНЕВА
доц. д-р Благой Спасов	БЛАГОЕВ
доц. д-р Юлия Любомирова	ГЕНОВА
доц. д-р Златинка Иванова	ДИМИТРОВА-ВИТАНОВА
доц. д-р Карекин Дикран	ЕСМЕРЯН
доц. д-р Валентин Иванов	МИХАЙЛОВ
доц. д-р Ангелина Колева	СТОЯНОВА-ИВАНОВА
доц. д-р Тихомир Колев	ТЕНЕВ

9.2. Дата на избиране на Съвета и сведения за промени в състава му след избора

След изтичане на редовния 4 годишен мандат на предходния Научният Съвет (НС) на ИФТТ-БАН след тайно гласуване на 05.02.2020 г. от Общото събрание на учените на ИФТТ-БАН бе избран действащия понастоящем НС. Първоначалният състав на НС бе 18 членове, от които 2 професори д-р, 1 професор д-р и 15 доценти д-ри. След проведени избори през годината съставът на НС съвет се промени на 2 професори д-р, 4 професори д-р, 1 доцент д-р и 11 доценти д-ри. След трагичната загуба на доц. д-р Емилия Димова през месец септември 2020, броят на доцент докторите се промени от 11 на 10.

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.

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

http://www.issp.bas.bg/wp-content/uploads/2016/10/PRAVILNIK_IFFT_20_04_2018.pdf