

ГОДИШЕН ОТЧЕТ

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

**ПРИ
БЪЛГАРСКА АКАДЕМИЯ НА НАУКИТЕ**

2020 ГОДИНА

СОФИЯ

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.

Научната тематиката на ИФТТ е оформена с цел развитието на фундаментални и приложни изследвания в областта на микроелектрониката, акустоелектрониката, физиката на ниските температури, оптиката и спектроскопията. През годините тематиката на ИФТТ се разраства, за да обхваща широк кръг научни, научно-приложни и приложни изследвания на границите на няколко области от теорията и практиката. Основните научни и научно-приложни постижения на института са в областта на квантовата теория на твърдото тяло, теорията на фазовите преходи, свръхпроводимостта и свръхпроводимите материали, физиката на ниските температури, нанофизиката, микроелектрониката и микроакустиката, физиката на течните кристали, физиката на живата материя, изследването на структурата и свойствата на кристални и аморфни материали, физиката на атома и плазмата, нелинейната, интегралната и влакнестата оптика, физиката на лазери с метални пари.

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.

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 2020 и тези на ЕС: нанотехнологии и нови материали, информационни и комуникационни технологии, околна среда, опазване на културното наследство и качество на живот.

1.2. Изпълнение на Националната стратегия за развитие на научните изследвания 2020. Извършени дейности и постигнати резултати по конкретните приоритети

ИФТТ е бенифициент през 2020г. на четири проекта по Националната пътна карта за научна инфраструктура (2020-2027): един 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 -2020“ към МИНИСТЕРСТВО НА ОБРАЗОВАНИЕТО И НАУКАТА, ФОНД „НАУЧНИ ИЗСЛЕДВАНИЯ“ в научна област „технически науки“ бяха спечелени два проекта един проект, при който Институтът е партньорска организация и един младежки, на които ИФТТ е базова организация. Така също бе спечелен още един проект по програмата “Петър Берон и НИЕ“ с които с ИФТТ по тази програма проектите стават два. През 2020г. 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.: общо 20 проекта. С това ИФТТ дава заявка за запазване водеща 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.). Посъществените 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 двувходов 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.

Института по физика на твърдото тяло има одобрен през 2019г. проект „Физиката е забавна“ в рамките на договора между МОН и БАН по програма „Образование с наука“. В рамките на проекта е разработен набор от експерименти, чрез които се демонстрират и визуализират по атрактивен и достъпен начин природни явления и закони, изучавани в учебния материал по предмета „Човек и природа“ (4-6 клас), както и в началното обучение по физика (7, 8 клас). Подготвени са експериментални установки, демонстриращи същността и обясняващи по достъпен начин принципа на изучаваното явление. Разработените експерименти и демонстрации са основно от два дяла на физиката „Електричество и магнетизъм“ (Закон на Ом, Фотоелектричен ефект, Електромагнитна индукция, Електромотор, Магнитна левитация на свръхпроводник, Ферофлуид и магнитни силови линии) и „Оптика“ (Разпространение, отражение и пречупване на светлината, Спектър на светлината, Фокусиране на светлина, Направи си сам спектроскоп).

Поради ограниченията за посещение в института, наложени от пандемията Ковид-19, всички експерименти, които бяхме подготвили за демонстрация пред ученици, бяха заснети на видео-клипчета и качени на страницата на проекта, за да се ползват от учители и ученици. Заснети са и виртуални разходки в чистата стая и в кабинета-музей на акад. Георги Наджаков. Създаден е видео-канал в youtube, където могат да се намерят всички видеоклипове създадени в рамките на проекта.

https://www.youtube.com/channel/UC6kR1OePxytr0OI_08_9vzA

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, Временна Научно-Експертна Комисия по Физики Науки и Науки за Земята 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.

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 1нм. 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 оптичкото приборостроене, с някои от които Института има сключени рамкови договори.

Най-значим проект, финансиран от национални институции и индустрия

В рамките на КОНКУРС НАЦИОНАЛНА НАУЧНА ПРОГРАМА „Петър Берон. Наука и иновации с Европа“ (Петър Берон и НИЕ) 2020 към МИНИСТЕРСТВО НА ОБРАЗОВАНИЕТО И НАУКАТА, ФОНД „НАУЧНИ ИЗСЛЕДВАНИЯ” в научен панел „ФИЗИКА“ бе спечелен проект на тема „Влияние на златни наночастици с хидрофобна обвивка върху еластичните свойства, стабилността, флуидността и фазовото поведение на моделни липидни системи“ с ръководител доц. д-р Юлия Генова.

Бенефициент: Институт по физика на твърдото тяло „Акад. Г. Наджаков“ -БАН
Договор номер № КП-06-ДБ-8 / 01.12.2020
срок –24 месеца

По този договор в института ще гостува ученият изследовател д-р Пурнима Сантош.

Резюме: Измежду различните метални наночастици, златните наночастици (ЗНЧ) са от значителен интерес в множество биомедицински приложения като визуализация, диагностика и терапия поради техните уникални свойства. Задълбоченото познаване на взаимодействията на ЗНЧ с липидните мембрани е от изключителна важност, за да се гарантира тяхната безопасност при различни приложения, но все още остава ключово предизвикателство за научната общественост. Основният фокус на този проект е да се справи с този проблем, като анализира влиянието на ЗНЧ върху синтетичните бислойни липидни мембрани, които са най-простия модел на сложните клетъчни мембрани. Конкретните цели на предложението са (i) синтез на нов клас хибридни липозоми от синтетичния липид 1-Stearoyl-2-oleoyl-sn-glycero-3-phosphocholine (SOPC), съдържащи златни наночастици в тях и (ii) анализ на промените, индуцирани от присъствието на ЗНЧ върху различни физикохимични свойства на липидните мембрани. За изпълнение на поставените цели малки концентрации златни наночастици ще бъдат инкорпорирани в моделни липидни мембрани и получените обекти ще бъдат характеризирани с помощта на прецизни аналитични техники като Фурие-трансормираща инфрачервена спектроскопия, флукуационен анализ, динамично светоразсейване, диференциална сканираща калориметрия, флуоресцентна спектроскопия и др. Резултатите от този проект ще предоставят една задълбочена картина, разкриваща ефектите на златните наночастици върху свойствата на липидната мембрана, ще дадат оценка на безопасната прагова концентрация на ЗНЧ за предотвратяване на мембранни увреждания при разнообразни биомедицински приложения и съществено ще подпомогнат проектирането и дизайна на ново поколение хибридни липозоми с многофункционални приложения.

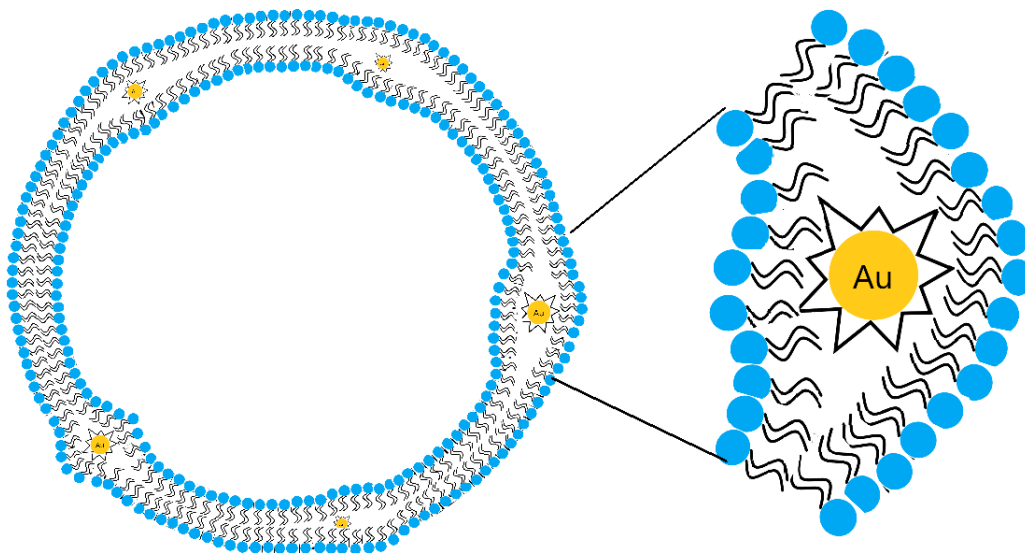


Схема на двоен липиден слой с вградени в него златни наночастици с хидрофобна обвивка.

Проектът е с бюджет за двете години 120 000лв., като за 2020г. е получена цялата сума.

2. РЕЗУЛТАТИ ОТ НАУЧНОИЗСЛЕДОВАТЕЛСКАТА ДЕЙНОСТ НА ИНСТИТУТА ПО ФИЗИКА НА ТВЪРДОТО ТЯЛО ПРЕЗ 2020 г.

НАУЧНО - ПРИЛОЖНО ЗВЕНО ЕЛЕКТРОМАГНИТНИ СЕНЗОРИ

I. Безконтактно детектиране на фазови преходи в течно-кристални среди посредством Електромагнитния ехо ефект

Разработен е метод за безконтактно определяне на фазовия преход в течни кристали посредством измерване на електрически сигнал индуциран от Електромагнитния ехо ефект (ЕМЕЕ). Течните кристали са междинно състояние на материята между твърдото тяло и изотропната течност. Освен своята значителна физическа анизотропия те притежават и полиморфизъм. От тази гледна точка те са интересно поле за изучаване на фазовите преходи и критичните явления в частично подредените системи. За да се подобри еднозначното определяне на наличието на фазов преход в такива полиморфни системи като течните кристали създадохме безконтактен метод, при който с модулирано лазерно лъчение се индуцира електрически сигнал, чиято амплитуда остава постоянна, докато не се предизвика фазов преход в изследвания течен кристал. Измерената стойност на сигнала от ЕМЕЕ зависи от структурата, порядъка и динамиката на тези термодинамични системи. При настъпване на фазов преход се наблюдава рязка промяна в измервания сигнал.

II. Уравнение на състоянието за магнетари.

Магнетарите са клас неутронни звезди, характеризиращи се с огромни магнитни полета на повърхността им. Според числените симулации магнитните полета във вътрешността биха могли да бъдат още по-силни. Те са толкова екстремни, че структурата на неутронните звезди може да бъде променена. В широк диапазон на силата на магнитното поле се изследват ефектите от квантуването на движението на електроните върху уравнението на състоянието и равновесния състав на кората на неутронна звезда. По единен и последователен начин в рамките на функционалната теория за плътността на ядрената енергия се разглеждат ефектите върху външната и вътрешната част на кората.

III. Експериментално изследване на промените, настъпващи в мъгла при поява на добавки с друг състав.

Изследвано е влиянието на аерозоли върху формирането на мъглата в лабораторни условия. Физичните и химичните свойства на аерозолите влияят на образуването на капките. Мъглата е интересно явление, защото влияе на видимостта, качеството на въздуха, климата и човешкото здраве. Мъглата също се използва в някои индустриални процеси. Мъгли с подходящи добавки се използват като почистващ агент от военните, в мирно време за защита при терористични атаки, аварии, при природни бедствия и др.

За да постигнем нашите цели, бяха създадени автоматизирани системи за генерация на мъгла, включително и на мъгли с контролирана добавка на примеси. Получените резултати показаха, че спектъра на разпределение на диаметрите на капките на мъглата се променя при промяна на концентрацията на добавката към мъглата. Това е оригинален научен резултат, който има сериозно практическо значение, като се вземат предвид важните функции на мъглата, някои от които бяха споменати по-горе.

IV. Детектиране появата на примеси в състава на мъгли и аерозоли посредством лазерно индуциран зарядов ефект

Създаден е метод за детектиране наличието на примеси в състава на мъгли и аерозоли посредством измерване на електрически сигнал индуциран от ЕМЕЕ, който зависи от вида и концентрацията на примесите. Това става като с модулирано лъчение се индуцира електрически сигнал, чиято амплитуда остава постоянна при чиста мъгла, но се променя при поява на примес. За целта е разработен метод за детектиране наличието на примеси в мъгли посредством лазерно генериран Електромагнитен ехо ефект, характеризиращ се с това, че се използва работна структура представляваща електрод, и пластина от полупроводников материал, върху която се образува граница твърдо тяло-течност. Течността е разположена вътре в сензора, като мъглата от околната среда си взаимодейства и разтваря в този слой течност. Повърхността на структурата се облъчва с модулирано лазерно лъчение, което индуцира електрически сигнал от ЕМЕЕ, който се измерва с волтметър, като този сигнал се променя при наличие на примеси в кондензираната мъгла. Това става, защото примесите променят интерфейса между твърдото тяло и течността а от там и измервания сигнал.

V. Безконтактно определяне броя и диаметъра на капките на мъгла, посредством гравитационно сепариране и измерване на електрически сигнали

Съществуващите на пазара уреди са скъпи и сложни за работа. Нашата разработка предлага опростен и по-евтин метод за безконтактно определяне броя и диаметъра на капките на поток от мъгла, посредством гравитационно сепариране и измерване на електрически сигнал от Електромагнитния ехо ефект, в няколко точки от струята. За целта е създаден безконтактен метод, при който мъглата се облъчва с модулирано лазерно лъчение, което индуцира електрически сигнал в приемник. Измерената стойност на сигнала зависи от параметрите на мъглата (брой и размери на капките). Този сигнал се измерва в няколко точки от струята, като е нужно капките да са в ламинарен поток. След измерване на сигнала в първата точка, от стойността му във всяка следваща точка се изваждат сигналите в предишните точки, за да може да се отдели отчетеният сигнал във всяка точка и да се определят параметрите на мъглата. Експериментално е установено, че при генерирането на мъгла, на известно разстояние от дюзата потокът от капки е турбулентен, като след това разстояние потокът преминава в ламинарен. Именно от този момент нататък се наблюдава гравитационно сепариране на капките по размер. Най-напред на земята падат най-едриите капки от потока, а останалите

продължават напред. След това падат следващите по големина капки, като най-далеч достигат само най-фините капки. Чрез подходящо калибриране и електронна обработка на сигналите се получава разпределението на капките по диаметър и брой.

VI. Възможност за създаване на сензор за коронавируси чрез използване на Електромагнитния ехо ефект

Наши изследвания са доказали, че сигналът от ЕМЕЕ е силно чувствителен, дори към малки промени в състава и свойствата на изследван флуид. Методът е бърз и безконтактен и осигурява резултат в реално време. На тази основа може да се създаде сензор за откриване на COVID-19 в три случая - във въздуха, на твърди повърхности и в течности от човешкото тяло. Подходът включва откриване на специфични реакции към вируса, дори ако те са невидими без специализирано оборудване. Предишни резултати показват, че ЕМЕЕ сигналът е много чувствителен към слаби или практически незабележими реакции. Идеята е да се работи със структура в която ще протече специфична реакция при поява на вируса върху нея. За целта могат да се използват антитела или други вещества, в които се възбужда реакция само при поява на търсения вирус. Вече имаме начални, експериментални резултати за животински вируси.

VII. Общонационални и оперативни дейности, обслужващи държавата: Научно-приложни системи.

Наши разработки са „Оптимално Разпределение на Локомотиви” и „Динамичен Тягов Интегратор”, автор на които е д-р Михайлов. Те са внедрени в железниците с голяма ефективност. Разработените алгоритми се включват в научно-приложни системи с общодържавно значение, за което оказваме постоянно съдействие. Система за дългосрочно планиране на графици за движение на влаковете, базирана на тези разработки, е предоставена във вид на версия за обучение на ВТУ „Т. Каблешков” и Казахската Академия по Транспорт и Комуникации.

ТЕОРИЯ

Разработен е математичен подход за характеризирание на магнитните свойства на молекулярни магнити, включващи в състава си нетривиална по химичен строеж мостова структура, свързваща магнитните метални центрове. Подходът комбинира теорията на молекулярните орбитали с мулти-конфигурационния самосъгласуван полеви метод и се свежда до пост-Хартри-Фок схема за конструиране на съответния вариационен енергетичен спектър. С цел да се улесни приложението на посочения вариационен подход, е въведен и билинеен спиново подобен хамилтониан. Той включва набор от дискретни параметри, чрез които се възпроизвеждат основните енергетични нива от съответния вариационен спектър. Възможностите на посочения подход са проверени чрез изчисляване на спектралните свойства на магнитен димер с ефективен спин

единица. В допълнение, са характеризирани и магнитните свойства на молекулярния магнит $\text{Ni}_4\text{Mo}_{12}$. Получените резултати възпроизвеждат както количествено, така и качествено основните характеристики на магнитния спектър. Изчисленията за намагнитването и възприемчивостта са в много добро съгласие с експерименталните данни за същите. В общия случай, настоящият подход може да бъде приложен към различни магнитни наноструктури, базирани на преходни метали и редкоземни елементи.

Извършен е анализ на възможността за прилагане на феноменологичен подход за описанието на магнитните фазови преходи при обикновено налягане във феромагнитния свръхпроводник UGe_2 като се използва разложението на Ландау на свободната енергия до осми порядък по намагнитването M . Показано е, че при определени стойности и съотношения на параметрите в свободната енергия пред членовете M^4 и M^6 възниква възможност за два последователни фазови прехода от неподредено състояние във феромагнитно състояние с малък магнитен момент и последващ фазов преход от първи род в нова феромагнитна фаза със същата магнитна структура и голям магнитен момент. Подобна картина се наблюдава експериментално като преходът от парамагнитна във феромагнитна фаза с малък магнитен момент е от втори род, а преходът между двете феромагнитни фази с понижаване на температурата е все още неуточнен. Допълнително задачата се развива като се приеме, че не само коефициентът пред M^2 зависи от температурата, но и този пред M^4 . Експериментално е установено, че намагнитването е силно анизотропно, но дуалната природа на f -електроните, има и малка, но съществена напречна съставляваща, определена от колективизираните f -електрони. Направени са пресмятания, в които и този ефект е включен. Допълнителните аналитични сметки са оформени като разширена версия на публикуваната статия и ще бъдат изпратени за публикуване.

Квантовата фазова диаграма на модела с две спинови променливи ($S>s$) е изследвана както теоретично в приближение на силната връзка (strong-coupling expansions), така и числено с точни диагонализации по метода на Lanczos. Поради големия брой (5) спинови променливи в елементарната клетка, методът на Lanczos не е достатъчно ефективен, което наложи доуточняване на диаграмата на $(S,s)=(1,1/2)$ модела чрез прилагане на допълнителен числен ренормгрупов подход (DMRG), базиран на матрицата на плътността и допускащ изследване на значително по-големи системи.

Направен е обзор на публикуваните до момента работи, касаещи т. нар. J_1 - J_3 спинови верижки, включващи освен билинейното взаимодействие на Heisenberg и тричастични изотропни членове, конструирани от три спина, дефинирани на различни възли на решетката. Тези системи представляват нов клас от слабо изучени квазиедномерни спинови модели с магнитна фрустрация от нов тип.

Изследвана е система, представляваща изотропен спин-1/2 (J_1 - J_2) модел на Heisenberg, дефиниран на хексагонална решетка, която допълнително е уплътнена със $S=1$ спинови променливи, разположени в центъра на хексагоните и изотропно взаимодействащи (J_2) с близките спин-1/2 решетъчни спинове. Построена е класическата фазова диаграма на модела като функция на параметъра t [$J_2 = \sin t$, $J_1 = \cos t$], която съдържа две колинеарни магнитни фази (ферро- и ферримагнитна), а също така една скосена (canted) спинова

фаза в интервала $-\pi/4 < t < \pi/4$. В процес е теоретично пресмятане на квантовата фазова диаграма в параметричното пространство (J_1, J_2) на базата на спин-вълнови редове.

Показано е, че заплитането между два атомни спина, свързани чрез XY взаимодействие, може да бъде постигнато по контролиран начин с използването на един фотон. При предположение, че спин-фотонното взаимодействие е константно, са разгледани два различни случая – възбуждане с константна и с линейна по времето фотонна честота. Показано е, че тези задачи се свеждат до добре известните Jaynes-Cummings и Jaynes-Cummings – Landau-Zener модели, съответно, където системата с две нива се формира от състоянията на мода с нулев импулс на димера. С използването на точната решимост на двата модела, избирайки подходящи стойности на експериментално контролируемите параметри, е възможно да се упражни кохерентен контрол на процеса. Например адиабатно преминаване от атомна система в състояние с два спина надолу към максимално заплетено триплетно състояние.

Солитоните представляват обещаващо средство за контрол на спин-кубитите, необходими за квантово-информационни технологии. Разгледано е анизотропно взаимодействие между солитон, разпространяващ се в спинова верижка на Хайзенберг, и спин-1/2 (кубит). Използван е модел за феромагнитната спиновата верижка с еднородна анизотропия и включено спин-спин взаимодействие между първи и втори съседи. За изследване динамиката на спин-1/2 е използвано преставяне чрез сферата на Блох. Установено е, че увеличението на анизотропията и на амплитудата на солитона, което се дължи на взаимодействието с вторите съседи, води до по-голямо отклонение на кубита от началното му състояние.

Изследвано е взаимодействието на солитон с примесен спин в дискретна анизотропна феромагнитна верижка. Дефектният спин е моделиран чрез изменение на обменното взаимодействие със съседните му спинове. Използвайки последователно полукласическо и континуално приближения, е получено пертурбирано нелинейното уравнение на Шрьодингер (НЛУШ) за амплитудата на спиновата вълна. Характерна особеност за този вид примес е, че води до пертурбации във всички членове на НЛУШ. Получени са решения на свързаното солитон-дефект състояние за дефектен спин на привличане и на отблъскване както за светъл, така и за тъмен солитон и числено е изследвана тяхната стабилност.

Установено е, че солитон-дефектен спин решенията с един минимум/максимум са стабилни, докато решенията с два минимума/максимума са доста нестабилни. Причината е, че спинът с модифицирано обменно взаимодействие оказва влияние на спиновете в два съседни възела. Той има по-голям ефективен пространствен обхват на въздействие отколкото един линеен или един нелинеен точкови дефекти и това налага по-строги ограничения върху ширината на солитон-дефектен спин решенията с два минимума/максимума.

Анализирана е жилищната сегрегация чрез модела на Шелинг, при който два вида агенти се опитват да оптимизират ситуацията си според определени предпочитания и нива на толерантност. Няколко варианта на тази работа са фокусирани върху градските или социалните аспекти. Докато тези модели разглеждат фиксирани стойности за богатство или толерантност, тук е разглеждано как внезапните промени в икономическата среда или нивото на толерантност влияят на градската структура както

в затворения град, така и в отворените градски рамки, т.е. в зависимост от това дали миграционните процеси са от значение или не. В рамката на затворения град агентите са склонни да се групират в клъстери, чиято граница може да се характеризира с помощта на познания от кинетично грапаост. От друга страна, в открития град агентите за сближаване от определен тип, могат да влизат или излизат от града в поредица от лавини, чиито статистически свойства са обсъдени подробно.

Разгледани са случайно движещи се обекти, които деформират средата, докато се движат, позволявайки по-бързо движение в региони, които са били наскоро посетени. В режима на силно деформируемост откриваме, че дифузията се управлява от уравнението на пореста среда, като по този начин се получава субдифузионно поведение на първоначално локализиран облак от частици, чиято глобална ширина расте като $\sigma \sim t^{1/3}$, въпреки че ширината от всяка проба показва $t^{1/2}$ растеж, който може да бъде отчетен чрез нарушаване на ергодичността. Случайно движещите се обекти представят силни корелационни ефекти, които ние изследваме косвено чрез деформацията на центъра на масата на облака.

Изследвано е движението на вещество по канал в мрежа, която се състои от възли и връзки между тях. Потокът на вещество в мрежата се моделира със система диференциални уравнения. Анализирани са разпределенията на вещество по канал в мрежата и по отделните рамена на канала за стационарен режим на движение и режим с приток на вещество. Изведени са нови статистически разпределения и са пресметнати съответните мерки на информация и информация на Шанон.

Анализиран е методът на простите уравнения (SEsM) за получаване на точни решения на нелинейни диференциални уравнения. Показано е, че методът Hirota е случай на SEsM за специфична форма на функцията от Стъпката. 2 на SEsM и за прости уравнения от вида на диференциално уравнение за експоненциална функция. Методологията е илюстрирана чрез получаване на трисолитонно решение на уравнението на Кортевег - де Фриз, двусолитонно решение на нелинейното уравнение на Шрьодингер и солитонното решение на уравнение на Ишимори, моделиращо спиновата динамика на феромагнитни материали. Дискутирани са и някои други методи като частни случаи на метода на простите уравнения (SesM).

Като продължение на изследванията на слънчевата корона е извършен числен анализ, който се основава на релация на Уин за компаса и дава дълго търсения, минимален критерий за избора на оптимална Паде апроксиманта. Работата на този метод е илюстрирана, като пресмятането на многоточковата Паде апроксиманта е извършено, използвайки нова формула за изчисляване на тази най-добра рационална апроксиманта. Пресмятането на оптималната Паде апроксиманта по този критерий е демонстрирано чрез сумиране на редове – често срещан проблем в теоретичната физика. Направеното проучване започва от магнито-хидродинамична задача за нагряването на слънчевата корона от Алвфенови вълни, където настоящият метод е използван за предиктор в решаването на получените диференциални уравнения.

През 2020 г. започна изследването на слънчевата хромосфера по времето на карантинните дни на годината. Работейки в сферата на статистическата физика, е предложен нов механизъм за поглъщане на бавни магнито-звукови вълни чрез индуцирани от налягането осцилации на степента на йонизация. Изведена е

количествена експлицитна формула за скоростта на затихване. Обсъдени са физичните условия, където новият механизъм ще бъде доминиращ. За високи честоти затихването чрез йонизация-рекомбинация е честотно независимо според теорията на Манделщам и Леонтович и скоростта на затихване е пропорционална на квадрата на синуса между постоянното магнитно поле и вълновия вектор.

Предсказан е един нов ефект във физиката на кондензираната материя – повърхнинна (двумерна) намагнитеност на вихровата фаза на свръхпроводник, индуцирана от електрично поле. Намагнитеният свръхпроводник трябва да бъде една от плочите на плосък кондензатор, на който е приложено напрежение. Прилагайки променливо напрежение към кондензатора, електростатичната индукция води до осцилации на магнитния момент, които трябва да бъдат измерени като електродвижещо напрежение в детектиращата намотка. Изведената явна формула за намагнитеността съдържа ефективната маса на Куперовите двойки и систематично изследване на предсказаната намагнитеност ще доведе до създаване на спектроскопия на тази ефективна маса, която за атомно чисти повърхности е същата както за обемен материал. Масовата спектроскопия на Куперовите двойки е в същност средство за нормиране на вълнова функция на Гинзбург-Ландау.

Една алтернатива за създаване на мас-спектроскопия на Куперовите двойки е изследването на електронната отделителна работа на свръхпроводника, която има добавка пропорционална на квадрата на плътността на тока. Анализирани са тази добавка, известна като ефект на Бернули за свръхпроводници или токово индуцирана контактна потенциална разлика. Температурно зависимият коефициент $\beta(T; m^*)$, описващ Бернули ефекта в свръхпроводници, е параметризиран чрез ефективната маса на куперовите двойки m^* . По такъв начин изследването на Бернули ефекта е един друг метод за създаване на мас-спектроскопия на Куперовите двойки. Направен е кратък обзор на изследванията на Бернули ефекта в свръхпроводници. Освен това е описана в детайли предлаганата експериментална постановка за неговото измерване. Тък като качеството на повърхността на свръхпроводника е критично, за предлагания експеримент се препоръчва да се започне с кристали за ъглово разделителната фотоемисионна спектроскопия. Всички те имат превъзходно качество, гарантиращо успеха още на първия експеримент.

Съгласно теория, разработена от Елоранта, е направена оценка на съотношението на двойно-разсеянния към цялостния лидарен сигнал от многокомпонентна атмосфера съдържаща молекулярни, аерозолни фракции, както и компактни аерозолни от цирусови облаци, сахарски прах и мъгла. Показано е, че двойно-разсеянната част лидарен сигнал може да се апроксимира като сума от приноси от отделни атмосферни компоненти, сметнати като функции на надморска височина, имайки предвид разсейващите качества на слоя, дължината на вълната на лазера, разход на лъча, и ъгъла на зрение на телескопа.

Резултатите от направените изчисления показват, че като цяло, относителният двойно-разсеянния принос е пропорционален на ъгъла на зрение на телескопа, на оптичната дебелина на компонентата, и обратно пропорционален на дължината на вълната на лазера, на надморската височина, и на максималната ширина на индикатрисата на разсейващата среда.

ФУНКЦИОНАЛНИ МАТЕРИАЛИ И НАНОСТРУКТУРИ

С технологията Атомно Послойно Отлагане (ALD) са синтезирани прозрачни проводящи оксидни слоеве от ZnO, легиран с Al, върху подложки от стъкло и полиетилен терефталат (PET). Демонстрирани са техни приложения в течнокристални дисплеи и устройства с полимерно диспергирани течни кристали. Слоевете върху гъвкавата подложка PET запазват листовото си съпротивление дори и след 1000 цикъла на огъване.

През отчетния период беше изследван магнитокалоричният ефект в монокристалите TbVO₄ с помощта на магнитни и Раманови измервания. Установен е фазов преход от тетрагонална към орторомбична симетрия при 33 K, водещ до силна магнитна анизотропия и съответно наличие на ротационен магнитокалоричен ефект в TbVO₄. Изследвани бяха монокристали от LuVO₄ с поляризационна Раманова спектроскопия и беше довършено уточняването на Раманово-активните фонони от първи порядък.

Синтезирани бяха двумерни слоеве от платинов диселенид – графеноподобен материал с потенциални приложения в спинтрониката и сензорната техника. Получаването на материала беше потвърдено от поляризирани Раманови спектри и електрични измервания със стойности на листовото съпротивление $\sim 10^3 \Omega/\text{sq}$.

Слоевете от AlN бяха отложени върху Si подложки в ALD реактор. В двата полукръга на ALD процеса бяха използвани TMA (три-метил алуминий) и амоняк като прекурсори и азот за продухване и като носещ газ. За оптимизиране на режима на отлагане бяха променени продължителността на импулсите и продухването, температурата на отлагане, броя цикли и типа на подложката. Слоевете са характеризирани с XRD, XPS, AFM и Елипсометрия. Структурата на слоевете е аморфна с дебелини от 10 до 80 nm. Средната грапавост, получена от AFM анализа на AlN слой върху подложки Si/SiO₂, е от порядъка на 0.33 nm, което е подходящо за устройства, работещи с повърхностни акустични вълни.

С фемтосекунден лазер бе текстурирана повърхността на биополимерни и биополимерно-керамични композити. Върху текстурираните образци беше отложен слой от ZnO с помощта на ниски-температурно ALD при температура 50 °C. С цел оптимизация на образците бяха варирани параметрите на лазерните импулси и параметрите на ALD отлагането. Морфологията и химическите свойства на образците бе изследвана с SEM, EDX и XPS. С приложения подход значително се подобряват биоактивните свойства на образците при влагането им като подложки за израстване на костна тъкан, което е важен резултат за тъканното инженерство.

Синтезирани бяха обемни композити на базата на високотемпературния свръхпроводник YBCO, сребро, графенов оксид (GO) и редуциран графенов оксид (RGO). Целта на изследването са изучаване на ефектите GO и RGO върху свръхпроводимите свойства на YBCO фазата. Композитите с RGO се характеризират със слаб Мейснер ефект и стандартен отклик на екраниране, докато композитите с GO имат аномално поведение. При повишаване на температурата преминаването им от свръхпроводимо в нормално състояние е съпроводено с усилване на екранирането, което води до минимум в сигнала на отклик с последващ максимум. Подобно поведение се наблюдава в двуслойни структури от свръхпроводник/ферромагнетик.

Създадена е структура от CVD израстнат графен, трансфериран върху циклоолефинова полимерна подложка. Свойствата на получените проби бяха систематично

изследвани с помощта на микро-Раманова, терагерцова и инфрачервена спектроскопия. Установени бяха висок коефициент на пропускане и висока проводимост, демонстрирайки годността на получените структури като материали за производството на нов клас прозрачни и гъвкави електроди, работещи в терагерцовия спектър.

Продължиха изследванията на свръхпроводими образци от вида FeSe и FeSeTe. Добавката на сребро в първата система подобрява свойствата на материала (критични параметри, пининг, ширина на прехода) и намалява магнитните примесни фази. Установено е, че за образците FeSeAg критичният ток и полето на необратимост са по-големи от тези за образците FeSe. Енергията на пининг като функция на магнитното поле показва преход от единичен към колективен пининг и за двата типа образци. Полето на прехода, както и пининг енергията са по-високи за образците FeSeAg, което предполага, че среброто увеличава броя на пининг центровете и тяхната ефективност.

Изследвана е флукуационната свръхпроводимост в поликристални образци FeSeAg и FeSe-получени чрез частично разтопяване и твърдофазен синтез. За разлика от купратите малко се знае за флукуационната свръхпроводимост, флукуиращите Куперови двойки над T_c и тяхното влияние на свойствата на FeSe. Получена е зависимостта $\Delta^*(T)$, която при купратите се асоциира с псевдопразнина. Максимална плътност на локалните Куперови двойки е установена в образца FeSeAg, заради присъствието на Ag. Показано е, че флукуационната свръхпроводимост в FeSe се подчинява на класическите флукуационни теории, а флукуиращи Куперови двойки съществуват и при температури превишаващи $2T_c$.

Изследвани са хистерезисните криви на кристали FeSe_{0.5}Te_{0.5} при различни скорости на изменение на постоянното магнитно поле. Установено е, че с увеличаване от 5 Oe/сек до 200 Oe/сек хистерезисната крива се разширява и вторият пик в намагнитването се измества към по-високи полета. Критичният ток расте при температури в интервала 2.5K - 10 K, а отношението $J_c(@200 \text{ Oe/s}) / J_c(@5 \text{ Oe/s})$ достига стойност 6 при $T=10 \text{ K}$ и $H \sim 8 \text{ T}$. Тези ефекти се постигат, защото високата скорост на изменение на магнитното поле понижава индуцираното дисипативно електрично поле в образца, скъсява времето за релаксация на флуксоните и ограничава динамичните процеси, което е от изключителна важност при практическото приложение.

Флуксонидната динамика в тези кристали е изследвана и в променливо магнитно поле посредством хармоничен анализ на магнитната възприемчивост. Определена е зависимостта на полето на необратимост от температурата, $H_{irr}(T)$, при различни честоти на променливото магнитно поле, като са достигнати максималните стойности докладвани в литературата, което е свидетелство за високото качество на изследвания материал получен в ИФТТ.

Изследвани са електрическите характеристики и захвата на заряд в MIS (метал-диелектрик-полупроводник) кондензатори с HfO₂/Al₂O₃ наноламинати с и без блокиращи и тунелни оксидни слоеве. В качеството на блокиращ и тунелен оксиден слой са изследвани съответно Al₂O₃ като блокиращ слой, и 3 nm Al₂O₃ и SiO₂ като тунелени слоеве. Установено е, че типа на тунелния окис влияе на плътността на интерфейсите състояния на границата диелектрик/Si, знака на първоначалния заряд в структурата и утечните токове. Използването на SiO₂ като тунелен слой осигурява най-ниска плътност на интерфейсите състояния и най-малък утечен ток. Първоначалният заряд на структурите с Al₂O₃ тунелен без такъв е положителен като плътността му в първия случай е по-голяма. Кондензаторите със SiO₂ тунелен слой имат отрицателен първоначален заряд, интерпретиран с формирането на дипол на интерфейса между тунелния SiO₂ и първия Al₂O₃ подслой от HfO₂/Al₂O₃ наноламинат. Сравнението на характеристиките на захват на електрически заряди показва, че реализирането на кондензаторна структура с отделни блокиращ и тунелен слоеве съществено увеличава

плътността на захванатия заряд, като кондензаторите със SiO₂ тунелен слой демонстрират най-големи прозорци на запаметяване.

Изследвана е радиационната устойчивост към гама-радиация (⁶⁰Co, 1 и 10Mrad) на HfO₂/Al₂O₃ наноламининати след бързо термично отгряване в азот. Установено е, че за разлика от неотгрятите и отгрятите в кислород HfO₂/Al₂O₃ наноламининати увеличаване на електронните уловки след облъчване не се наблюдава. Влиянието на гама лъчението върху електричните и интерфейсни свойства на отгряните в азот многослойни HfO₂/Al₂O₃ диелектрици зависи силно от дозата. Така например, облъчването с 1 Mrad води до генериране на отрицателен заряд в отгряните в N₂ слоеве, увеличава плътността на интерфейсните състояния на границата HfO₂/Al₂O₃/Si, но и същевременно намалява утечния ток. При по-големи дози на облъчване (10 Mrad) характеристиките на отгряните в азот структури се оказват близки до тези характерни за необлъчените образци.

Чрез атомно послойно отлагане (ALD) са изготвени тънки хомогенни слоеве от ZnO легирани с атоми на преходни метали (Ni, Co или Fe). Ефектът на легиращия елемент върху структурата, морфологията и оптичните свойства на слоевете е изследван чрез различни техники: рентгенова дифракция (XRD), рентгенова фотоелектронна спектроскопия (XPS), елипсометрия, UV-Vis спектроскопия, Фурие инфрачервена спектроскопия (FTIR). Изследван е ефектът на подложката (стъкло или Si с различен тип проводимост и ориентация) върху морфологията на слоевете. Установено е, че всички слоеве имат кристална хексагонална вурцитна структура, но преференциалната ориентация на кристалитите зависи силно от легиращия елемент. Легирането променя преференциалната ориентация на кристалитите от (002) за чист ZnO на (100) за филми, легирани с Co или Ni. За легирани с Fe ZnO слоеве, отложени върху Si, и двете ориентации са налице с лек превес на ориентацията (002). В случая на легиране с Ni резултатите недвусмислено показват включване на Ni в решетката на ZnO. Резултатите за легирани с Co или Fe ZnO слоеве предполагат, че тези елементи също се внедряват, макар и в много малко количество, в ZnO. Легирането с кобалт подобрява прозрачността на ZnO, което би могло да намери практическо приложение на тези слоеве като функционални електроди в интелигентни прозорци или като фотокаталитичен материал. Възможността за отлагане на тънки хомогенни слоеве от легирани с преходен метал (Ni-, Co- или Fe-) ZnO слоеве чрез ALD отваря нови хоризонти за приложение на тези материали в усъвършенствани електронни, магнитни или оптични устройства.

През 2019 г. бе подготвено и изпратено описание в европейската мрежа Europe Network с цел търсене на партньор, за доокомплектоване на термочувствителните сензорни елементи, разработени в лабораторията, като сензори за температура. Тази година са осъществени контакти с немската фирма Фиботек, Майнхайм, която предлага електронно устройство, което преобразува честотата в температура. С устройството са проведени предварителни експерименти. Предстои доуточняване на софтуера и подходящо свързване с термочувствителния елемент.

Изследвани са резонансни устройства на РПАВ, функционализирани с Ленгмюир Блоджет (LMB) монослоеви в качеството им на сензори за детекция на пари от летливи химични съединения. Парочувствителните слоеве са получени от дипалмитол фосфатидил етаноламин, маркирани с нитробензоксадиазол (DPPE-NBD) и разтворени в хлороформ, след което са нанесени върху РПАВ резонансни устройства със златна електродна структура чрез контролирано изтегляне в LMB вана. Такива слоеве служат като матрица за имобилизация на протеини, ензими и аптамери, като при това запазват чувствителността си към определени органични съединения. Тази тяхна функция е

потвърдена чрез въздействие на пари от общо 6 летливи съединения върху така получените сензори, като максимална чувствителност на сензорната честота от 225 kHz, (равна на 11,42 ng сорбирани пари), е отчетена към пари на хлороформ, който е и активното вещество в процеса на формиране на ЛМБ слоевете. По такъв начин е постигната висока сензорна селективност именно към съединението хлороформ. Наблюдавана е също така бърза реакция на сорбция и десорбция, като сензорната честота се връща в изходна позиция само за няколко секунди след отнемане въздействието на парите. Резултатите показват, че гореописаните сензори могат да се окажат перспективни при селективна детекция на пари от определени летливи органични съединения.

Изследвана е също така и масочувствителността на РПАВ резонансни устройства към послойно нанасяне на аморфен въглерод върху цялата активна повърхност на резонатора. За целта, върху устройствата са нанесени послойно общо 15 нанослоя от въглерод с дебелина 10 nm всеки, като след всяко нанасяне са записвани резонансната честота и внесените загуби в устройството. Установено е ненаблюдавано до този момент циклично изменение на честотата първо в низходяща, а после във възходяща посока, като след 10-тото нанасяне честотата надхвърля значително първоначалната. Това води до заключението, че послойното нанасяне на много тънки нанослоевете променя свойствата на звукопровода, концентрирайки акустичната енергия от пиезоелектричната подложка в аморфната слоиста структура.

Методът за полимеризация в плазма е приложен за получаване на борсъдържащи полимерни слоеве. Проведени са експерименти, при които като изходен материал е използван триетилборат. При вариране параметрите на процеса, плътността на тока на разряда и времето за синтезиране, са получени различни по дебелина и структура полимери. Получените тънки слоеве върху стъкло, силиций и алуминиево фолио са охарактеризирани с XPS. Резултатите показват наличието на връзки на бора с въглерода, което доказва синтезирането на нов борсъдържащ полимер.

В рамките на 2020г. беше направен обстоен литературен обзор на принципа на действие на свръхводоотблъскващите покрития при пасивна защита от обледеняване. Бяха разгледани основните и най-съвременни научни тенденции, предизвикателства и иновативни аспекти на приложение на тези покрития за предотвратяване на ледообразуването в условия на минусови температури. Също така, през 2020г. беше разработен уникален (без аналог в научната литература) метод за криоконсервация на човешки клетки и тъкани (изпробван върху човешки сперматозоиди) чрез използване на свръхнеомокряема повърхност от въглеродни сажди. Неполарният химичен състав на саждите, заедно с формирането на грапав повърхнинен профил, минимизира контактната площ на границата твърдо тяло-течност, вследствие на което се забавя скоростта на топлообмен, водейки до потискане на вьтреклетъчната кристализация, липса на осмотичен шок, плавен процес на замразяване и размразяване, и съответно възстановяване на до ~80 % от първоначалните жизнени показатели на консервирания биологичен обект (за случая на човешки сперматозоиди, подвижност и виталитет). Накрая, 2020г. отбеляза началото на продуктивно сътрудничество с колеги от Tianjin University, Китай, свързано с разработката на биомиметични анти-биоадхезивни/анти-микробни покрития имитиращи физикохимичния повърхнинен профил на насекомото Cicada.

НАНОФИЗИКА

Изследвано е влиянието на два вида обработки върху структурата и електричната проводимост на зол-гел тънки слоеве от ZnO. Прилагани са поток от топъл въздух, като първа стъпка в сушенето на слоя, и облъчване на отложените слоеве с инфрачервен импулсен лазер. Показано е, че използването на топъл въздух води до намаляване на дебелината на слоя, подобно на това, предизвикано от отгряване при 400 °C. Установено е, че всички слоеве (неотгрети, отгрети при 400 °C и лазерно облъчени) са кристални с вюрцитна структура. Направено е заключение, че всяка от двете обработки подобрява кристалността, което е свързано с намаляване на количеството на органичните включения в слоевете и порьозността им. Двата вида обработки, с топъл въздух и с лазер, причиняват също намаляване на електричната проводимост на слоевете, което е свързано с намаляване на дефектите (включен водород, кислородни ваканции и др.). Необлъчените и облъчени с лазер слоеве, приготвени чрез прилагане на топъл въздушен поток и сушене при 140 °C, показват добра реакция на пари на етанол при стайна температура.

Чрез спектрална елипсометрия с Woollam M2000D (193 - 1000 nm) са определени оптичните константи на обемни образци от различни по състав топологични изолатори (WTe₂, MoTe₂, TaTe₂, WSe₂), на квази-двумерни 2D слоеве от PTSi₂ с дебелина 15 - 20 nm, отложени върху SiO₂/Si, както и на слоеве от графен отложен върху SiO₂/Si чрез сублимация на аморфен въглерод. Продължени са спектралните елипсометрични изследвания на различни по състав тънкослойни образци. Определени са дебелините на слоевете, оптичните константи и ширините на забранените зони на слоеве от ZnO, легирани с желязо Fe, кобалт Co и никел Ni, отложени чрез послойно атомно отлагане върху подложки от силиций и стъкло. Установено е, че легирането на ZnO с Ni води до формиране на кластери от NiO, в резултат на което прозрачността на слоевете намалява. Систематично са измервани тънки слоеве от метални оксиди (Al₂O₃, ZnO, AlZnO, TiO₂ и др.) върху подложки от силиций и стъкло, които също са отложени чрез послойно атомно отлагане.

Изследвано е влиянието на скоростта на отлагане ($V_d = 0.2, 0.5$ и 1.5 nm/s), дебелината ($d = 30$ и 50 nm) и температурата на отгряване (T_a) върху свойствата на тънки слоеве от ZnSe, отложени чрез вакуумно термично изпарение. При отлагане на слоевете подложките се въртят с 8 оборота в минута и до тях достигат пари от ZnSe през 1/12 част от времето на всеки оборот. Всички слоеве са отгрети в инертна среда при 200°C за 60 мин., а част от тях са допълнително отгрети при 400°C за 60 min. Резултатите от рентгенова дифракция и атомно-силова микроскопия показват, че слоевете са нанокристални, имат кубична структура с ориентация (111) и размерите на кристалитите нарастват при нарастване на d и V_d . При определяне на оптичната ширина на забранената зона (~ 2.7 eV за всички слоеве) е направено заключение за директни разрешени междузонни преходи, което потвърждава кристалността на слоевете. Наблюдавано е намаляване на порьозността на слоевете при нарастване на T_a и V_d . Получена е висока стойност за енергията на активация на тъмновия ток (~ 0.8 eV), която не зависи от условията на отлагане и е свързана със силно „обедняване“ на кристалитите. Изследвана е чувствителността към пари на етанол при стайна температура. Най-висока чувствителност е наблюдавана при слоеве с дебелина 50 nm, отложени с най-ниската скорост и отгрети при 200°C.

Наблюдавана е селективна чувствителност към ултравиолетова (UV) светлина в метал-оксид-полупроводник структури със слоеве от SiO_x с изходно кислородно съдържание $x = 1.15$ и 1.3 . След отгряване при 700, 800 и 1000 °C, в слоевете се формират аморфни или кристални силициеви наночастици. Показано е, че при всички

структури UV чувствителността е много по-висока от тази към видима светлина. Чувствителността зависи от стехиометричният индекс x , температурата на отгряване и поляритета на напрежението на гейта. Структурите с $x = 1.3$ показват по-голяма селективност към UV светлината, но по-ниска чувствителност в сравнение с тези с $x = 1.15$. Най-висока чувствителност беше получена при структурите с $x = 1.15$, отгрити при $1000\text{ }^{\circ}\text{C}$, при приложени положителни напрежения на гейта. Тази висока чувствителност обаче беше постигната при прилагане на напрежение на гейта, осигуряващо инжекция в SiO_x слоя на фотогенерирани в подложката носители, което е по-високо от напреженията, необходими за инжекция в структурите отгрити при 700 и $800\text{ }^{\circ}\text{C}$.

ФИЗИКА НА МЕКАТА МАТЕРИЯ

I. Получаване и характеризиране на биомиметични археолипидни наноструктури

Археолипидите представляват клас съединения в състава на мембраните на едноклетъчните организми, обединени под названието Archaea. При някои от тях липидният бислои е заменен от монослой поради обстоятелството, че е съставен от амфибилни молекули с две полярни части, организирани в монослойни ламеларни мембранни структури, за които се предполага, че притежават особени физикохимични характеристики, позволяващи на археите да оцеляват при екстремни условия (висока температура, киселинност на средата и др.). Еластичността на огъване на палмитил олеил фосфатидилхолинови (POPC) бислоеве, съдържащи глицерол диацил глицерол тетраетерни болалипиди от плазмената мембрана на *Thermoplasma acidophilum*, е определена чрез анализ на термичните флукутации на формата на квазисферични „гигантски“ липидни везикули с диаметри от порядъка на няколко десетки микрометра. Определената еластичност на огъване е немонотонна функция на концентрацията на болалипида в мембраната. При $50\text{ wt}\%$ е измерено 20% намаление на модула на огъване в сравнение с POPC контролата. При концентрации над $70\text{ wt}\%$ археолипид в бислоя се установява нарастване на модула на огъване на болалипид-съдържащата мембрана. Получените резултати подкрепят хипотезата за еднослойно позиционирана огъната форма на биполярните липидни молекули при ниски концентрации и преобладаваща трансбислойна конформация при по-високи концентрации на археолипида в мембраната. Изследванията с флуоресцентна микроскопия на гигантски везикули показват двуфазна структура на бислоя при ниски температури (6°C) и $75\text{ wt}\%$ болалипид. Флуоресцентно спектроскопските измервания върху малки везикули (стотици нанометри в диаметър) свидетелстват за нарастване на степента на подреденост на липидните молекули с увеличаването на концентрацията на болалипида в мембраната до $90\text{ wt}\%$, което е в съгласие с резултатите за модула на еластичност на огъване на мембраната за предполагаема трансмембранна конформация на болалипидните молекули. Чрез флуоресцентна спектроскопия е доказано и значителното намаляване на мобилността на ацилните вериги в хидрофобното ядро при наличие на болалипид в бислоя. Получено е, че структурата на мембраната се повлиява в по-значителна степен на ниво глицеролов остатък отколкото в областта на хидрофобните вериги. Характеризирането на структурните и механични свойства на тетраетерни липидни наноструктури се очаква да допринесе за развитието на редица фармацевтични и биомедицински приложения, базирани на липозоми, както и за перспективни разработки в сензориката и нанотехнологиите.

Резултатите са постигнати в сътрудничество с Института по физикохимия и електрохимия „А. Н. Фрумкин”, Москва (Русия), Университета в Линц (Австрия) и Университета в Марбург (Германия) в рамките на научноизследователски проект с национално финансиране и базова организация ИФТТ-БАН (ФНИ, ДН08-7/2016).

II. Изследване на моделни липидни мембрани в електролитни захарни разтвори: приложение на цифрова холографска микроскопия за определяне на механичните им свойства

Морфологията и динамиката на липидните мембрани са свързани с техните механични параметри като еластичността на огъване и междуслойното триене. Анализът на термичните флуктуации на формата (АТФФ) на квазисферични гигантски липидни везикули (диаметри от порядъка на десетки микрометри) позволява измерване на модула на огъване на бислоя. В настоящето изследване посредством АТФФ е определена еластичността на огъване на синтетична еднокомпонентна фосфатидилхолинова мембрана в електролитни разтвори на захароза. Механичната константа на бислоя е измерена във водни разтвори на монозахарид, дизахарид и полизахарид посредством цифрово-холографски метод, позволяващ количествени фазови измервания и възстановяване на тримерната форма на везикулата. Анализът на времевата автокорелационна функция на диаметъра на везикулата по оптичната ос на системата позволява определянето на механичното напрежение на мембраната и нейния модул на еластичност на огъване. Получените данни показват, че присъствието на натриев хлорид в обемната фаза променя ефекта на захарозата върху механичните свойства на бислоя, което в контекста на калориметричните и молекулярно-динамичните данни в литературата е резултат на йонно-индуцираната промяна във взаимодействията на захарозата с мембраната. В съгласие с предходни наши резултати са получени допълнителни доказателства за влиянието на изследвания дизахарид върху еластичността на огъване на липидния бислой.

Резултатите са постигнати в сътрудничество със Свободния университет в Брюксел, Белгия в рамките на научноизследователски проект за междуакадемичен обмен между Българската академия на науките от една страна и Белгийския фонд за научни изследвания, Fond National de la Recherche Scientifique (FNRS) и Валонската международна общност на Брюксел, Wallonie-Bruxelles International (WBI) от друга.

III. Определяне на електрокинетичните свойства и светоразсейването на полилизин-съдържащи тилакоидни комплекси

Тилакоидните мембрани на хлоропластите участват в производството на енергия при растенията, като процесите на агрегиране при тилакоидите могат да бъдат използвани за осигуряване на голяма реактивна повърхност за биокаталитични цели. Изследвано е образуването на тилакоидни комплекси под действие на нискомолекулярния катионен полипептид полилизин при ниска йонна сила на суспендиращия разтвор посредством микроелектрофореза, разсейване на актинова светлина, милисекундна забавена флуоресценция и продукция на свободни радикали в тилакоидни мембрани на висши растения за определяне на повърхностните електрични свойства, електрон-транспортните процеси и формирането на трансмембранен протонен градиент. В резултат на неспецифичните електростатични взаимодействия на катионния полипептид с тилакоидите е измерено нарастване на протонния градиент в полилизин-третираните тилакоиди поради промени в трансмембрания протонен транспорт при осветяване. В присъствие на полилизин е установено редуциране на липидната пероксидация както на тъмно, така и при осветяване с актинова светлина. Получените

знания за ефекта на поликатионите върху фотосинтетичните мембрани могат да бъдат използвани в разработването на подходи, базирани на тилакоиди, в приложения за пренос на енергия.

Резултатите са постигнати в рамките на научноизследователски проект с национално финансиране, изпълняван съвместно със СУ „Св. Климент Охридски” и Медицинския университет, София (КП-06-Н-38/14 от 06.12.2019 г.).

IV. Изследване на системи от синтетичен липид (стероил-олеоил фосфатидилхолин) в присъствие на въглеродни наноразмерни люспи

Обект на научния ни интерес бяха системи от синтетичен липид (стероил-олеоил фосфатидилхолин) в присъствие на въглеродни наноразмерни люспи, с дебелина под три слоя и страничен размер 0.5-5 μm . Различни концентрации от обектите бяха добавени към липида във водна среда. Получените течни проби бяха изследвани посредством диференциална сканираща калориметрия с цел изследване на влиянието на люспите върху прехода от гел към течно-кристално състояние на фосфолипида. Беше установено, че влиянието не е особено изразено, и правейки сравнение между резултатите от този анализ и предишни измервания на функционализирани с амид и чисти въглеродни нанотръбички, може да се заключи, че функционализирането им е от ключово значение за внедряването им в липидната матрица.

V. Мембранно разделяне на биологично-активни вещества

Проведени са поредица от експерименти на мембранно разделяне на биологично активни вещества от групата на полифенолите и флавоноидите от растителни материали. Процесите на нанофилтрация с напречен ток са осъществени на мембранна филтрираща система MaxiMem (PS Prozesstechnik GmbH), оборудвана с нанофилтрационна мембрана "Microdyn Nadir NP030P" (MWCO 500 Da). Крайният екстракт е многокомпонентен разтвор, съдържащ предимно глюкоза, но също така и други редуциращи захари, включително фруктоза и някои нехидролизирани олигозахариди (рафиноза, мелибиоза и др.), както и ценни общи феноли, предимно хидролизуеми танини. Екстрактът, подаван към мембранната филтрираща система, пробите, изтеглени от текущия пермеат, както и остатъчният ретентат бяха анализирани за редуциращи захари, общи феноли и глюкоза (HPLC, оборудван с RI детектор, LC - 25 Perkin Elmer и Aminex HPX -87P колона). Средните концентрации на отделните компоненти са, както следва: глюкоза, 5.20 ± 0.18 g/l; други редуциращи захари, 4.29 ± 0.12 g/l; общи феноли, 0.52 ± 0.01 g/l.

Нанофилтрацията е успешно приложена като разделителен метод за фракциониране на въглехидрати и феноли, получени от хидролизат на водни растения. За целите на мембранното разделяне е използван воден екстракт от плевели от *Mugwort spicatum*. Филтрирането е извършено в режим на концентрация при следните работни параметри: трансмембранно налягане (5, 10, 20, 30 бара), тангенциален поток (0,8, 1,2, 1,6, 2, 3 l/min), скорости на кръстосан поток (50 - 125 l/h) и стайна температура. Промяната в отхвърлянето с изминалото време е проследена въз основа на 9-точково измерване на концентрациите по време на филтрацията. Проследява се с времето постепенното увеличаване на обема на пермеата на всеки 5ml, при различно транс-мембранно налягане. Въз основа на получените резултати се препоръчват меки хидродинамични условия за нанофилтрация на воден екстракт от евразийски воден многолистник - ниско налягане (10 бара) и ниска скорост на напречен поток (1.2 l/min). Беше установено, че не се наблюдава никакъв или лек ефект от

скоростта на хранващия поток върху потока на пермеата и потока на ретентата. Това показва, че поляризацията на концентрацията не е ограничаващо явление.

Преди всеки експеримент, мембраната се подлага на адаптиране с различните разтворители до постоянен поток. Използваната нанофилтрационна мембрана осигурява пълно отхвърляне на феноли и тяхното разделяне в ретентата. Ефективността на разделяне на мембраната спрямо захарите се обсъжда въз основа на разликата в отхвърлянето между компонентите. Намалването на глюкозата и други редуциращи захари и по-голямата разлика в отхвърлянето на вещества от групата на феноли се наблюдават при ниски скорости на кръстосан поток. Последното може да се препоръча с оглед отделянето на екстракта в по-чист разтвор на глюкоза (в пермеата) и концентриран разтвор на други редуциращи захари и полифеноли (в ретентата). По отношение на пречистването на глюкозата, оптималното съотношение между проникването на глюкоза и отхвърлянето на други редуциращи захари, присъстващи в хидролизата, е постигнато чрез прилагане на умерено налягане от 10 бара.

За подобряване на разделянето е проведена нанофилтрация в режим на диафилтрация.

Групата по мембранно разделяне на биологично-активни вещества от ИФТТ участва в конкурса за финансиране на Фундаментални научни изследвания 2020, Направление Технически науки, в проект на тема: „Валоризиране на ценни биоактивни вещества и етанол от гроздови продукти чрез иновативни нано- и ултрафилтрационни мембранни процеси“. Проектното предложение е одобрено за финансиране за период от три години.

VI. Регистрация на йони на тежки метали с наноструктуриран Ленгмюр-Блоджет биосензор

Алтернатива за откриването на някои замърсители във водата или някои маркери в кръвта е използването на биосензори. Ние предложихме биосензор от органични нанофилми, получени по метода на Ленгмюр и Блоджет от флуоресцентно белязан фосфолипид с добре развита 3D структура, която подобрява чувствителността на сензора. Средната дебелина на слоя е 3 nm, което предполага бързи времена на реакция. Ние тествахме тази структура за регистрация на Cd^{2+} йони, разтворени в чиста вода. Отклика на сензора беше регистриран с методика, използваща електрохимична импедансна спектроскопия. Използван е методът на Ленгмюр и Блоджет (ЛБ) за послойно отлагане на органични тънки филми и постигане на надмолекулярна архитектура с точен контрол на дебелината и молекулната ориентация, ниска повърхностна плътност на дефектите, възможност за промяна на състава вътре в слоя и между слоевете. Използваната от нас молекула е белязаният с флуоресценен маркер фосфолипид дипалмитил - фосфатидил - етаноламин, маркиран с нитробензоксадиазол (DPPE-NBD). Електрохимичната импедансна спектроскопия (EIS) е приложена посредством техника, използваща контактна капка на върха на капиляра в честотния диапазон 1 Hz - 3 MHz. Получените резултати показват, че Cd^{2+} йони променят електрическия импеданс на DPPE-NBD ЛБ филми. Тази промяна е по-голяма за DPPE-NBD филми с по-висока плътност на отлагане. Получените резултати показват, че предложената методика е чувствителна към откриване на присъствието на йони на тежки метали във вода за концентрации, по-ниски или съизмерими с допустимите граници за питейна вода.

VII. Получаване и изследване на течнокристални нанокompозити

Получени са нови нанокомпозити от long-armed tris(ketohydrozone) дискотичен течен кристал LTH-6 посредством добавка от 1 wt.% едностенни въглеродни нанотръбички (SWCNTs). Установен е техният мезоморфизъм и течно-кристално поведение. SWCNT са характеризирани с Раманова спектроскопия. Както бе установено, при стайна температура колонообразната течно-кристална фаза на дискотичния мезоген LTH-6 може да бъде замразена в стъкловидно състояние. Същото се отнася и за SWCNT-6 / LTH-6 нанокомпозита. За последният беше установено, че той проявява фотоелектричен отклик. Изследваните нанокомпозити притежават обещаващи електрични характеристики, които могат да представляват практически интерес за органичната електроника.

С помощта на сканираща електронна микроскопия е изследвана кинетиката и морфологията на нанокомпозити, състоящи се от термотропен теченокристален полимер Poly(heptane-1,7-diylbiphenyl-4,4'-dicarboxilate), P7MB, с 1 wt.% SWCNTs. Резултатите от кинетичното изследване показаха, че образуването на смектична фаза е много бърз процес, протичащ през първите 50 секунди, независимо от условията. При последващо охлаждане се наблюдават ясни разлики в смектичната трансформация. В неизотермичния случай се наблюдават два припокриващи се пика, докато при изотермични условия броят на пиковете се увеличава с един при намаляваща изотемпература. Резултатите подсказват, че след като полимерната верига се прикрепя към повърхността на въглеродните нанотръби, тя придобива конформационна съвместимост с структурата на SWCNT. Смектичната фаза може да включва всички полимерни вериги, но тези конформации предотвратяват образуването на еднотипна кристална структура. Ето защо се образуват множество пикове съответстващи на различни кристални модификации, когато има достатъчно време за равновесно протичане при изотемпература. Всички резултати потвърждават, че взаимодействията между P7MB и SWCNT се проявяват на нанониво и имат сложно поведение.

Изследвано е ЕО поведение на тънки планарни филми от аеросил / 7СВ / ЕРН (за концентрации от 3 wt%) при осветяване. Извършен е анализ на молекулната преориентация в резултат на изомеризацията на наноагента ЕРН. При осветяване с УВ светлина с относително ниска интензивност, фотоконформерите предизвикват понижаване на праговото напрежение в ЕО отклик на наноструктурираната система. Получените ЕО характеристики при осветяване с УВ и синя светлина са индикация за силната депресия на „ограничения“ преход на Фредерикс, която се наблюдава в тези нематични системи. Получените резултати могат да бъдат съпоставени с тези получени от електрохимичната импедансна спектроскопия.

VIII. Получаване и изследване на полимерни електролити

Посредством включването на наночастици от TiO_2 с размер ~ 10 nm, бе получено значително изменение на йонната проводимост и диелектричните свойства на твърди полимерни електролити на смеси от PEO/PVP, образуващи комплекси с NaIO_4 сол. В резултат на силните интерфейсни взаимодействия между полимерните вериги и повърхността на наночастиците TiO_2 , TiO_2 нанофилтрите водят до увеличаване на Na^+ -йонната проводимост на системата PEO / PVP / NaIO_4 / TiO_2 NCPE в сравнение с нелегирания електролит PEO / PVP / NaIO_4 . Демонстрирано бе, че Na^+ -йонната проводимост и диелектричната проникваемост на PEO / PVP / NaIO_4 / TiO_2 NCPE нарастват експоненциално с добавянето на TiO_2 нанопълнители, когато концентрацията им достига до 3 тегловни %. Такива модификации на електричните и диелектричните свойства определят системата PEO / PVP / NaIO_4 / TiO_2 NCPE като обещаващ йонен проводник, с потенциал за приложение в йонни устройства, включително натриеви батерии; в електрохимични клетки, както и в органичната електроника.

IX. Изследване свойствата на материали, използвани за лечение в денталната медицина в България

През отчетния период бяха изследвани неизползвани и клинично използвани в денталната практика в България многосилови ортодонтски дъги- TriTanium™, при които чрез специфична термична обработка в конкретни области на ортодонтската дъга се постига промяна в модула на еластичност и различен диапазон на температурата на преход (TTR) (най-ниска във фронталната област, увеличаваща се в премоларната и най-висока при моларната). Това води до освобождаване на различна по големина сила по дължината на дъгата без промяна в размера на напречното ѝ сечение. Този диапазон може да бъде намален чрез промяна в съотношението никел към титан или чрез добавяне на малки количества от други елементи, които обаче, може да доведат до появата на алергична реакция при някои пациенти и информацията за тях е от особено значение. Използването на такива ортодонтски дъги с различни нива на сила по дължината на дъгата може да бъде по-безопасно за засегнатите зъби и може да се използва при пациенти с пародонтални заболявания и загуба на кост.

За целта бяха използвани съвременни методи като рентгеноструктурен анализ (XRD), сканираща електронна микроскопия (SEM), енергийно-дисперсионен анализ (EDX), лазерно-индуцирана емисионна спектроскопия (LIBS), рентгенова фотоелектронна спектроскопия (XPS), наноиндентация (Nanoindentation) и статистически анализ.

Изследвани са и са сравнени механичните и физикохимичните свойства на неизползвани и клинично използвани (за 6 и за 9 седмици) многосилови NiTi дъги, произведени от American Orthodontics под търговската марка TriTanium™. Получените резултати показват, че не се наблюдава значителна промяна в елементния състав на дъгите след тяхното клинично използване по време на ортодонтското лечение. Сравнението на механичните свойства на неизползваните и използваните в продължение на 6 и 9 седмици TriTanium™ дъги показва, че индентационната им твърдост и индентационен модул намаляват с увеличаване на времето на употреба. Това намаляване на индентационната твърдост и индентационния модул на използваните многосилови дъги TriTanium™ няма отрицателен ефект върху здравето на пациентите. По време на клиничната употреба нивото на дезактивиращите сили спада и това може да доведе до забавяне на лечението. Поради тази причина е от съществено значение ортодонтите да изберат подходящото време за замяна на дъгата със следващата.

Резултатите от настоящото изследване са важна информация за ортодонтите при избора им на оптимална продължителност на използването на Bio-active™ и TriTanium™ дъги в зависимост от конкретните цели на лечението и нуждите на пациента.

Тази научна задача е съвместна разработка на колективи на Института по физика на твърдото тяло “Академик Георги Наджакков”, БАН и Факултета по дентална медицина на Медицинския университет, София.

X. Синтез и охарактеризиране на $\text{ReBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-\delta}$ ($\text{Re} = \text{Y, Gd, Dy}$) керамични мултифункционални материали с добавки от Ag_2O и Fe_3O_4

Високотемпературната свръхпроводимост е широко изследвана поради потенциалните ѝ приложения в преноса на електрическа енергия без загуби, магнитната левитация и др. През 2020 г. е издаден патент (рег. № 67066B1 / 01.06.2020г., лице за контакт: Ангелина Колева Стоянова-Иванова) със заглавие: „Композитен материал и

метод за получаването му". Патентът се отнася до композитен материал, състоящ се от Y123 фаза с кислородно съдържание от 6.88 до 6.99 и фаза BaCuO₂ в съотношение 2:1 и е свръхпроводим при температура по-висока от тази на течен азот, и е с магнитни свойства, и е устойчив в алкални среди и метод за получаването му.

Наличието на свръхпроводими и магнитни свойства и устойчивостта му в алкална среда увеличават възможностите му на приложение във всички области на техниката и бита.

С цел, подобряване на свойствата на системата Y134, е внесена добавка от нано-Fe₃O₄ и Ag₂O респективно и получените образци са физикохимично охарактеризирани. Свръхпроводимият керамичен композит Y134 с номинална стехиометрия Y:Ba:Cu (1:3:4) е синтезиран чрез тристепенен твърдофазен синтез. От направения рентгеноструктурен анализ (XRD) са идентифицирани: свръхпроводяща фаза Y123, както и фазите YFe₂O₄, BaFe₂O₄ и BaCuO₂, притежаващи магнитни свойства за образеца с добавка Fe₃O₄; свръхпроводящата фаза Y123 и фазата BaCuO₂, както се наблюдава и Ag₂O фаза за образеца с добавка Ag₂O, от което следва, че сребърната добавка не реагира с керамиката и не влиза в кристалната структура на YBCO. Енергийно-дисперсионния анализ (EDX) потвърждава наличието на регистрираните от XRD фази и следи от CuO за двата образеца. Резултатите от сканиращата електронна микроскопия показват, че образците са поликристални с нееднороден състав и хомогенно разпределение по повърхността на желязото и среброто, съответно.

От направените изследвания можем да заключим, че изследваните образци с добавки (нано-Fe₃O₄, Ag₂O) са немонофазни и независимо от наличието на други фази в тях, те са свръхпроводими и преходът е много тесен ($\Delta \sim 6$ K) за желязо-дотираната Y-Ba-Cu-O система, а наличието на нови фази с магнитни свойства могат да разширят сферите им на приложение.

XI. Изследване на влиянието на метода на смесване на активната електродна маса на цинков електрод, с В(Pb)SCCO керамични добавки

Никел-цинковата електрохимична система е обещаващ кандидат за алкални акумулаторни батерии, дължащо се на ниската токсичност, високите плътности на енергията и мощността. Техен основен недостатък е разтворимостта на цинковия електрод и образуването на дендрити по време на работа. Наши предишни изследвания показват възможността В(Pb)SCCO свръхпроводими керамики да се използват като добавки към активната маса на цинковия електро на Ni-Zn батерия, като при третиране на керамиките в алкална среда те частично се редуцират до оксиди и хидроксиди, подобрявайки проводимостта. В случая на В(Pb)SCCO 2212 Ca- и Sr- продукти допринасят за стабилизиране на електрода, намаляване на неговата разтворимост в алкалния електролит, потискане на формирането на дендрити и намаляване на газоотделянето по време на работа. Тези положителни ефекти са причината за наблюдаваното до 30% удължаване на живота на батерията при използване на проводяща керамика като добавка в цинковия електрод на никел-цинковта система. За да се подобри хомогенизацията и да се подбере най-оптималният начин за смесване на активната цинкова маса с В(Pb)SCCO добавки е проведено изследване с три различни метода на смесване, проведени и изследвани при едни и същи условия. Използваните методи са механично смесване, смесване с топкова мелница и ултразвук. Бяха приготвени три електрода с различни композиции: цинкови електроди с въглеродна добавка два, от които има и добавена проводяща керамика от системата Bi-Sr-Ca-Cu-O (BSCCO) с номинални стойности Bi_{1.7}Pb_{0.3}Sr₂CuO_x (B(Pb)SCO 2201) и Bi_{1.7}Pb_{0.3}Sr₂CaCu₂O_x (B(Pb)SCCO 2212). Чрез електронна сканираща микроскопия и

рентгенова дифракция бе направен контрол на фазовата композиция и морфология на пробите. Проводимостта на електродите е изследвана чрез потенциостатична електрохимична импедансна спектроскопия. Резултатите показват, че третирането с топкова мелница води до повишаване на съпротивлението на електродите с BSCCO добавка. Установено е, че най-добра хомогенизация на добавката в активната маса се постига при ултразвукова обработка и се наблюдава подобрене на вече известните ефекти на керамичните добавки.

Получените до момента резултати определиха и бъдещи изследвания, свързани с изследване влиянието на количеството керамична добавка върху работните характеристики на цинковия електрод.

Тази научна задача е съвместна разработка на колективи на Института по физика на твърдото тяло “Академик Георги Наджакков” при БАН и Института по електрохимия при БАН.

ФИЗИЧЕСКА ОПТИКА И ОПТИЧЕСКИ МЕТОДИ

Чрез електрически измервания с комплексна електро-импедансна спектроскопия, както и с поляризационна оптическа микроскопия, са изследвани нови електролитни системи, съставени от полимера полиетиленов окис (PEO), нематична течно-кристална смес E8 и солта натриев метапериодат (NaIO_4) като донор на Na^+ йони. Гъвкави филми (с дебелина от 110 μm) от такива композитни електролити са получени чрез техника за отливка от разтвори от PEO и E8, при концентрация на E8 10;20;30;40 и 50 тегл.%, както и при съотношение PEO:E8 = 70:30 тегл.%, но при добавяне на NaIO_4 в тегловни проценти, вариращи от 2 до 10 тегл.%. Понеже са важни за електрохимични и други приложения, честотните спектри на комплексния електрически импеданс на Na^+ -йонно-проводящите PEO/E8/ NaIO_4 електролитни филми са анализирани в диапазона 0.1 Hz – 1 MHz и са съпоставени с техните структурни свойства и термично поведение. Електролитните филми от PEO/E8/ NaIO_4 са структурно характеризирани чрез рентгенова дифракция (XRD) и рентгенова фотоелектронна спектроскопия (XPS), както и с оптична спектроскопия на поглъщане във видимата област на спектъра. Проучванията потвърждават намаляването на процента на кристаличната фракция в матрицата на електролитите при добавянето на нематичния течен кристал E8, а също и при увеличаване на концентрацията на NaIO_4 . Резултатите, получени от структурните анализи, показват, че се образува полимер/течен кристал междумолекулен комплекс чрез включване на течно-кристални молекули E8 в структурата на полимера PEO. Това е установено за пръв път за подобни полимер/течно-кристални композитни електролитни системи. Структурните свойства на PEO/E8 композитите са съпоставени с техните електропроводящи свойства, като функция от концентрацията на включения течен кристал E8. Чрез количеството на течно-кристалната фракция може да се постигне контролирана модификация на структурните и електропроводящите свойства на материала PEO/E8. В сравнение с базовия полимер PEO, включването на молекули на E8 в полимерната матрица може да доведе до значително подобрена електрическа проводимост на PEO/E8 композитите, подобрен електрически транспорт, а също и подобрене на техните диелектрични свойства.

Посредством комплексна електро-импедансна спектроскопия е определена и е анализирана Na^+ йонната проводимост на гъвкави PEO/E8/ NaIO_4 композити-комплекси, в зависимост от концентрацията на течния кристал E8 и на солта NaIO_4 . Установено е значително нарастване на йонната проводимост на тези композити, което е с около два

порядъка повече от докладваните (от други автори) до момента стойности при сравними условия. Това е обещаващо за практически приложения в органичната електроника, сензорика и мехатроника. В сравнение с актуални авангардни твърди полимерни електролити на Na^+ йони, напр., PEO/PVP/ NaIO_4 , при еднаква концентрация на солта NaIO_4 изследваните PEO/E8/ NaIO_4 електролитни системи показват сравними стойности на йонната проводимост.

Изследвани са нови полимерно-базирани електролити, които същевременно са и нанокompозити, представляващи интерес като материали за мини-мобилни устройства за съхранение на енергия. В частност, чрез комплексна електрохимична импедансна спектроскопия и комплексна диелектрична спектроскопия са определени електрическата проводимост и диелектричните свойства на нанокompозитни йонно-проводящи полимерни електролити, формирани на базата на бинарна полимерна смес от поли(етиленов окис) (PEO) и поливинилпиролон (PVP), с добавено йонно съединение натриев метапериодат (NaIO_4) при концентрация 10 тегл.%. В полимерната матрица, съотношението PEO:PVP е 70:30 тегловни процента. Полимерно-йонните комплекси PEO/PVP/ NaIO_4 са дотирани с малко количество (до 3 тегл.%) наночастици от TiO_2 със среден размер ~ 10 nm. Na^+ -йонната проводимост на тънки филми от нанокompозитни полимерни електролити PEO/PVP/ NaIO_4 / TiO_2 с дебелина 150 μm , както и променливотоковата им проводимост и диелектричната им възприемчивост, са измерени в честотния диапазон 0.1 Hz – 1 MHz, в зависимост от концентрацията на включените наночастици TiO_2 . Получените резултати показват, че тези характеристики на изследваните нанокompозитни полимерни електролити значително се подобряват (с повече от порядък) с добавянето на TiO_2 наночастици. Установено е, че въвеждането на наночастици от TiO_2 в полимерната матрица на електролитните комплекси PEO/PVP/ NaIO_4 води до нарастване на подвижността на полимерните вериги, а оттук и на подвижността на йоните. Поради това, такива нанокompозити са привлекателни за Na^+ електролитни приложения, за използване във вторични батерии на натриеви йони, електро-химични приложения, както и в органичната електроника.

Изследвано е отражението на лазерно лъчение от оптично-прозрачен въглеродороден полимерен материал, подложен на ниско-енергетична йонна имплантация. По-специално, в експерименталното проучване са измерени 5 mm дебели пластинки от полиметилметакрилат (PMMA), имплантирани със силициеви йони (Si^+), ускорени до относително ниска енергия от 50 keV, при относително голяма Si^+ доза 10^{16} йона/ cm^2 . Поради индуцираното от Si^+ йони модифициране на полимерната мрежа и реорганизацията на органичната структура в дълбочина на PMMA, в този полимер се образува подповърхностен йонно-модифициран слой с дебелина ~ 80 nm. Материалът в този ултратънък наноразмерен слой (на дълбочина ~ 100 nm под горната повърхност на PMMA) е организиран във въглеродни нанокластери със среден размер около 2 - 3 nm. Нелинейното плавно градиентно разпределение на комплексния показател на пречупване в дълбочината на наноструктурираната област на полимера води до значителна промяна на отражението на кохерентна светлина, при облъчване на образуваната структура. Отраженият лъч претърпява силна лазерно-индуцирана фототермална интерфейсна леща, което бе демонстрирано при облъчване с лазер с нефокусирано непрекъснато лъчение с дължина на вълната 532 nm и с умерена оптична мощност от няколко десетки миливата. Появата на термо-леща се дължи на лазерно-индуцирано нагряване след поглъщане на лазерната енергия от повърхностния слой, формиран в полимера чрез йонна имплантация, водеща до карбонизиране на подповърхностния слой. Експерименталните резултати показват, че термо-лещата в Si^+ -имплантиран PMMA се дължи на структурна модификация точно на подповърхностната област на полимера вследствие на йонната имплантация, и впоследствие на

индуцираната от лазерното лъчение промяна в показателя на пречупване на Si^+ -имплантирания РММА. Анализираният ефект на термо-леща може да се ползва за характеризиране както на формирания от йонната имплантация интерфейс, така и на лазерно-индуцираната промяна на показателя на пречупване на йонно-имплантирания прозрачен полимер. Практически, нелинейният градиент на разпределението на комплексния показател на пречупване в дълбочина води до промяна в нелокалния оптичен отклик на Si^+ -имплантирания РММА. Установено бе, че термо-лещата рязко се засилва с нарастването на мощността на лазерния сноп, като по този начин налага ограничения върху реалната приложимост на йонно-имплантирани оптично-прозрачни полимери, дори при относително нисък интензитет на лазерното лъчение. Получената информация е от практическо значение за нелинейно-оптични и фотонни приложения на йонно-имплантирани прозрачни полимерни материали в интегралната и адаптивна оптика и фотониката (напр. за ултратънки отражателни разделители/комбинатори на лазерно лъчение, дифракционни оптични елементи и микрокомпоненти за интегрирани оптични вериги, базирани на йонно-имплантиран РММА). Оптичните свойства, контролирани чрез комплексния показател на пречупване на изследвания органичен материал в нано-конфигурациите и наноструктурите, формирани в прозрачни въглеродородни полимери чрез йонна имплантация, са полезни и за други приложения в оптиката и фотониката, като различни вълноводни, пречупващи, отразяващи и дифракционни структури, а също и за чувствителни на светлина сензори.

Експериментално е изследван важен аспект на фотофизиката и електро-оптиката на три-компонентни нанокompозити, получени от нематичен течен кристал, 'напълнен' с кварцови наночастици, допълнително дотиран с фотоактивен нематичен течен кристал, за да се получи фотоактивен нематичен нанокompозитен материал. Чрез поляризационна оптична схема е определена фотоиндуцираната промяна на електро-оптичните характеристики и на свето-пропускливостта, зависещи от приложеното електрично напрежение на фотоактивни нематични нанокompозитни гелове, получени от нематичен течен кристал хептилцианобифенил (7CB), напълнен с нано (аеросил) с размер ~ 7 nm при концентрация 3 тегл.% и допълнително дотирани с молекули на азобензен-съдържащ фотоактивен течен кристал ЕРН при концентрация от 3 тегл.%. Анализирани са физическият механизъм на фотоактивирането на нанокompозитните аеросил/7CB/ЕРН нематични гелове и въздействието му върху техните електрооптични характеристики. Установеният фото-стимулиран и фото-контролируем отклик на изследваните тънки филми на три-компонентни нематични нанокompозити е ефективен и е от практически интерес. Може да бъде приложен в разработки за фото-контролируема електро-оптика, а също и за фотоника и сензорика, базирани на електро-оптика.

В групата по „Оптика и спектроскопия на термотропни течни кристали“ е реализиран нанокompозит - течен кристал/графенови наночастици, в който се получи смектична C_G течнокристална матрица с висока степен ($S=0.7$) на обемна ориентация. Целта беше да се индуцира електрооптична памет в смектичната C_G фаза („запомняне“ на смектичната структура, в по-високотемпературната нематична фаза). Чрез вградения в електрооптична клетка, с температурно стабилизиращи електроди от графенов монослой и графенови наночастици, с усреднена големина 0.4 nm, е получена висока степен на фероелектрична поляризация в C_G фазата, ≈ 150 nC/cm². При такова ниво на фероелектрична поляризация в C_G фаза, е измерена активационна енергия на изтриване на електрооптичната памет, $Q=670$ kJ mol⁻¹, с 200 kJ mol⁻¹ по-голяма от активационната енергия в конвенционалната смектична C фаза. Този резултат е индикация за осъществяване на ефективна електро-оптично контролируема памет в течнокристална матрица от типа смектик C_G . Това ни дава възможност и да увеличим и контролираме

кодираната и запомнена информация в течнокристалната матрица, основно изискване на съвременната микро и нанофотоника, както и да моделираме намерения, за пръв път от нас, 3D наклон във фероелектрична смектична фаза с възможно най-ниска симетрия C_1 . За изпълнението на поставената задача е извършен подходящ подбор както на използваните течнокристални вещества, така и на компонентите на електрооптичната течнокристална клетка, като електроди и наночастици с оптимизирана форма, големина и концентрация. Това ще позволи да работим и с функционализирани наночастици, с които очакваме подобрене на управлението на електрооптичната памет, при бързи (в рамките на микросекунди) релаксационни процеси в смектични структури. Ще се конструират температурно стабилизиращи графенови електроди с оптимизиран размер на графеновите наночастици и отчитане на двусмектичния наклон.

Изследвани са температурните зависимости на оптичните и еластични константи на термотропен течен кристал, показващ нематична twist-bend фаза, синтезиран в Департамента по органична химия и биохимия на Института Рудер Божкович, Загреб, Хърватия. Използван е методът на импедансната спектроскопия. Установено е аномално поведение на “bend”- еластичната константа K_{33} в диапазон от няколко градуса преди фазовия преход нематик - нематик twist-bend. Вместо очакваното силно повишение при прехода към по-нискотемпературната фаза, стойностите на K_{33} леко се понижават по сравнение с тези в нематична фаза. Това води до извода, че нематичната twist-bend фаза е по-ниско енергетична.

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 покрития за близката и далечната УВ област – антирефлексни и огледални. Първите изпарения дават обнадеждаващи резултати за ниско поклъщане в такива покрития в диапазона над 210 nm при подходящи режими чрез използване на устойчиви окиси – Al_2O_3 и SiO_2 . Получени са огледала на 220 nm с отражение $R > 90\%$. Изследват се режими за ниско поглъщане на по-къси дължини на вълните, евентуално 193 nm. По молба на колеги от лаб. Лазери с метални пари се нанесеха огледало и антиотразяващо покритие (TiO_2-SiO_2) по техни спецификации за експерименти с нов мощен лазер по договора им с ФНИ. Направени са голям брой спектрофотометрични изследвания в различни спектрални области на колеги от Института, от институти в БАН и външни потребители.

Институтът има подписани рамкови споразумения за сътрудничество и съвместна дейност с фирми от индустрията, занимаващи се с разработки или използване на оптични покрития – Оптикс АД, Кимкооп Холдинг ООД, Милкотроник ООД, Оптеко и партнерс ООД.

Експериментално и теоретично е изследвана динамиката на едночестотен полупроводников лазер с инжектиран честотен гребен. Чрез вариране на честотната разстройка, силата на инжекция и отстоянието на линиите на гребена и амплитудата им са показани честотно заключване, вълново смесване, хаос, периодична динамика.

Показано е, че полупроводников лазер с вертикален резонатор (ВИКСЕЛ) и със свързани резонатори и притежаващ семейства от напречни моди от различен порядък претърпява както пресичане така и избягнато пресичане на дължините на вълните им. Изследвани са теоретично модулационните характеристики на Виксел с интегриран електро-поглъщащ модулатор и са обяснени предишни експериментални наблюдения. Доказана е възможността за достигане на честота на модулация от 100 GHz.

Изследвано е формирането на 2-размерни дисипативни “rogue” вълни (вълни с извънредно голяма амплитуда, също наречени вълни-убийци) в два типа нелинейни оптични системи с напречни ефекти: Кер резонатор и полупроводников лазер с насищан поглъtitел както и във влакнесто-оптичен резонатор, описан от кубично-куентично Гинзбург-Ландау уравнение. Показано е, че “rogue”-вълните могат да се контролират с оптични инжекция и обратна връзка. Обобщен е напредък в теоретичните и експериментални изследванията на “rogue”-вълни във влакнесто-оптични лазери.

Разработен е спин-флип модел описващ динамиката на електрично- и оптично-напомпвани лазери с вертикално излъчване и външен резонатор (VECSELs) и с включващ насищан поглъtitел. Показана е възможността за генерация на честотни гребени с ортогонална линейна поляризация в режим на модовото заключване и е изследвана тяхната динамика.

Продължен е цикълът от статии, посветени на различни методи с използване на лазери, които могат да намерят приложение за консервация и реставрация на кавалетна живопис. Разгледани са методите за обработка на картини – почистване, рязане и стратиграфиране, както и методите за документирание – 3D сканиране за точни реплики на оригинални произведения. Описани са ефектите, причинени от облъчване с лазер, върху материалите за живопис (фирниси, пигменти и свързватели), техните основни механизми, дадени са примери на експерименти за почистване на реални картини и основните типове лазери, използвани за целта. Разгледани са възможностите за мониторинг на почистването при използване на съществуващите до момента лазерни работни станции и по-характерните експерименти, проведени с тяхна помощ върху конкретни живописни произведения. Дискутирани са предимствата и недостатъците на тези методи, възможностите за комбинация с други, допълващи методи, както и многообещаващите перспективи за тяхното приложение.

Завършен е цикъл от справочници и издания с биобиблиографски описания, посветени на историята на Софийския университет, науката и образованието у нас. Последният справочник от цикъла включва кратък преглед на тези издания, биографични справки за ректорите на СУ през периода 1888-1939, за тяхната преподавателска и научна дейност, именен показалец, хронологични и азбучни списъци за периода 1888-1945 г. и др.

През 2020 г. бе разширен кръгът археологични обекти, където луминесцентното датироване може да бъде изключително полезно. Луминесцентното датироване би било много полезно при анализ на раннохристиянски обекти у нас: храмове, оброци, надгробия. Проследена е адаптацията и реинтерпретацията на някои мегалитни обекти в България след приемането на християнството. Резултатите са обобщени в монография.

ЛАЗЕРНА ФИЗИКА И ФИЗИКА НА АТОМИТЕ, МОЛЕКУЛИТЕ И ПЛАЗМАТА

Създадена е и е изследвана мощна дифракционно ограничена ($M^2 = 1$) отпоена генератор–усилвател система със стронциеви пари, генерираща лазерно лъчение на линията 6.45 μm , със следните съществени подобрения: нова конструкция на генератора, осигуряваща визуализация на целия оптичен път; дифракционно филтриране на лазерното лъчение до абсолютния дифракционен предел; значително увеличение на енергетичните лазерни характеристики чрез създаването и изследването на нова отпоена лазерна тръба с увеличен активен обем, която е използвана като

усилвател. Осъществена е прецизна микрообработка на образци от оптичен кварц. Създадена е също така и е изследвана отпоена генератор–усилвател система с пари на меден бромид, генерираща на атомните самоограничени преходи на медта във видимата спектрална област. Проведено е обстойно изследване на разходимостта на лазерното лъчение с различни охарактеризиращи методи, доказващо получаването на рекордно високо за лазерите, генериращи на атомните медни линии 510.6 nm и 578.2 nm, качество на лазерното лъчение с $M^2 = 1.2$. Трябва да се отбележи, че единствено Nd:YAG лазерни системи, генериращи лазерно лъчение на 532 nm (втора хармонична на основната честота) със селектиран единичен TEM₀₀ мод и произвеждани от Spectra-Physics и Coherent, са с по-високо качество на лазерното лъчение ($M^2 \sim 1.1 \div 1.3$). Реализирана е прецизна микрообработка на образци от оптичен кварц, Si и неръждаема стомана. Получено е максимално отношение на дълбочината и диаметъра (така нареченото aspect ratio) 100 на пробитите микроотвори в образците от оптичен кварц, което се дължи на допълнителен вълноводен ефект към лазерната аблация. Осъществено е прецизно микрорязане на образци от Si и неръждаема стомана със средна лазерна мощност от 0.7 mW, съответстваща на енергия на лазерния импулс от 37 nJ.

Модифициран е усилвателя на генератор–усилвател лазерна система Cr:forsterite, като е достигната изходна енергия от 45 mJ с много тясна спектрална ивица 0.39 pm (74 MHz) и високо качество на лазерното лъчение ($M_x^2 = 1.9$, $M_y^2 = 1.7$). Изследвана е система за генерация на лазерно лъчение в средния инфрачервен спектрален диапазон около линията 6.78 μm на основата на изваждане на честоти (DFG) в различни нелинейни кристали (LiInS₂, LiInSe₂ и BaGa₄Se₇). Достигната е изходна енергия от 540 μJ и изключително тясна ширина на спектралната ивица ($\Delta\lambda < 30$ pm и $\Delta\lambda/\lambda \leq 5 \cdot 10^{-6}$). Тази ширина на спектралната линия съответства на дължина на кохерентност $L_{coh} > 150$ cm и времева кохерентност $\tau_{coh} > 5$ ns, които са над порядък по-високи от съобщенията в научната литература. Използвайки подходящи нелинейни кристали, DFG системата може да генерира лъчение в интервала от 5350 nm до 10800 nm със стъпка на пренастройваемост от 34 pm, което дава възможност за много приложения за детекция на изключително малки количества ($9 \cdot 10^{-9}$) от H₂O, O₃, N₂O, NO_x, NO₂, CH₄, C₂H₆, SO_x, NH₃, H₂S, HNO₃ и др.

Предложена е теоретична техника за прецизна, гъвкава и устойчива генерация на предварително избрани кохерентни суперпозиции на две квантови състояния чрез последователност от два адиабатни импулса, разделени с фазов скок, служещ като контролен параметър. Разработена е също така техника за значително увеличаване (3000 пъти) на нелинейната конверсия на електромагнитното поле на основната честота в електромагнитно поле на честотата на третата хармонична, чрез допълнително стимулиращо лазерно лъчение на честотата на третата хармонична с нисък интензитет (0.1 % от интензитета на лазерното лъчение на основната честота). Увеличението на сигнала на честотата на третата хармонична е по-ясно изразен при ниски лазерни интензитети и/или ниски нелинейни възприемчивости, което, подобрявайки отношението сигнал–шум, е много подходящо за приложение в нелинейната микроскопия. Разработен е алтернативен подход за извеждане на Morris-Shore (MS) трансформацията за декомпозиция на неизродени квантови системи с няколко квантови състояния до независими двуниви системи и несвързани „тъмни“ състояния, които не участват във възбуждането на системата. Техниката е приложена за най-често срещаните квантови системи – ламбда, трипод и двойна ламбда системи.

Проведено е изследване на механизмите на взаимодействие на различни биополимерни материали с фокусирани лазерни импулси с продължителност на импулса 35 fs и честота на повторение 1 kHz, генерирани от Ti:сапфир лазер на основната дължина на вълната 800 nm. Анализирани са структурата, състава, и

стабилността на биополимерните образци. Определянето на нелинейните свойства и ефекти на полимерите е извършено експериментално чрез измерване на нелинейния показател на пречупване n_2 и коефициент на мултифотонно β поглъщане чрез модифициран z -скан метод. Микрообработването с фемтосекундно лазерно лъчение променя свойствата на повърхността на биоматериала.

Чрез използване на PLASIMO платформа е направен 2D нестационарен флуиден модел на кухокатоден разряд с катодно разпръскване в нова конструкция на разрядната тръба, която комбинира надлъжен кухокатоден разряд с кухокатоден разряд от флейтов тип. Определени са разпределенията на потенциала на електричното поле и на концентрациите на електроните, атомите и йоните на медта.

Изследвани са оптични методи за резолюция на хирални молекули. За целта бяха въведени два алтернативни метода, състоящи се от последователност от единични или раманови импулси в делта система от три състояния. Бяха идентифицирани общо 12 последователност от импулси, които произвеждат хирална резолюция с максимален контраст. Тези поредици от импулси позволяват директно обобщение с използването на композитни импулси, което прави метода стабилен към грешки в параметрите на взаимодействието. Също така беше развит систематичен подход за извеждане на композитни импулси с тесен и с правоъгълен профил на възбуждане, които могат да произведат произволна отнапред зададена вероятност за преход. Композитните импулси с тесен профил на възбуждане се извеждат с последователно канселиране на производни в пропагатора. Композитните импулси с правоъгълен профил се конструират от последователност от два теснопрофилни. Теснопрофилните поредици намират приложение в метрологията, за производството на чувствителни сензори, докато правоъгълните могат да се използват за прецизно селектиране на кубити при гъсто разположени атоми. През годината също така беше представен метод за конструиране на стабилни квантови гейтове с висока прецизност в раманови кубити, използвайки композитни импулси. За целта са използвани две математически техники: трансформацията на Морис-Шор и декомпозицията на Майорана, които позволяват редуцирането на система с три състояния до еквивалентна система с две състояния. Това позволява голям набор от композитни поредици, разработени за системи с две състояния, да бъдат адаптирани за система с три състояния. По този начин конструираме NOT-гейт, гейт на Адамар, гейт на ротация, както и фазов гейт. Всички те демонстрират висока прецизност и стабилност към експериментални грешки.

Реализиран е оптичен изолатор чрез използване на композитни методи, базиран на интерферометър на Саняк. Използвана е комбинация от Фарадеев ротатор и полувъълнова пластина, която действа като ротатор в едната посока и компенсатор в обратната посока. Експерименталния прототип съдържа две такива комбинации, като в лабораторията вместо полувъълнова пластина използвахме композитния ѝ еквивалент с две четвъртвъълнови пластини. Установените нива на изолация са между 41 dB и 49 dB в зависимост от входящото поляризационно състояние.

Чрез лазерно индуцирана плазмена спектроскопия (LIBS) са анализирани бронзови артефакти датирани към Късната бронзова епоха и Ранната желязна епоха с цел определяне на количеството на антимон в сплавта. Използван е метода на вътрешния стандарт, базиран на измерването на интензивностите на излъчените спектрални линии от елементите съдържащи се в изследваните предмети и определяне на електронната температурата и плътност на плазмата. Температурата е определена по метода на Болцман а концентрацията е определена чрез измерване на шарковото уширение на спектралните линии. Резултатите от количествения анализ показаха съдържание на антимон в бронзовите артефакти между 1.49 wt% и 3.13 wt%. Тези резултати са в помощ

на археолозите при разглеждане на произхода и технологията за производство на изследваните артефакти.

Започнато е систематичното изследване на археологични керамични образци с цел идентификация на материалите, съставлящи керамичното тяло и декоративната пигментация при наличие на такава, както и създаване на база данни. Проведени са анализи върху пет фрагмента от глинени съдове датирани към 4-тото хилядолетие преди н.е. намерени при археологически разкопки на два обекта в България: с.Бреница, Плевенска област и Старозагорски минерални бани. Целта на изследването е да се определи минералният състав на бялата боя използвана за украса на всеки от предметите. Приложени са три аналитични метода: лазерно индуцирана плазмена спектроскопия, чрез която се определя елементният състав на материала, рентгенова дифракция, която идентифицира фазите и кристалната структура на минералите и инфрачервена спектроскопия, която дава микроструктурата на компонентите. Резултатите от анализите показват, че в три от предметите инкрустацията е от калцит, в един е от гипс и в един – биоапатит (високотемпературно изгорени кости). На базата на получените резултати е направено заключение за технологията на изработка на боята. Особен интерес представлява наличието на биоапатит тъй като горенето на кости и правене на бяла паста от тях е една от най-старите технологии докладвана за артефакти от 5-то хилядолетие преди н.е. открити на територията на Балкански п-в в древността и достигнала по-късно и до други европейски територии.

Музей „История на физическите науки в България“ при ИФТТ



През 2020 година е отпечатана една статия по повод 200 годишнината от рождението на д-р Димитър Стефанов Мутев (04.09.1818 – 13.01.1864) – първият българин с докторска дисертация по физика, защитена в Берлинския университет през 1842 година. Изследването хвърля нова светлина върху характера на научната му дейност и приноса му за развитието на Болградската гимназия.

Подготвен и записан е биографичен текст, използван за създаването на 10 минутен документален филм за живота и постиженията на Георги Наджаков.

Получен е патент № 67144 на 25.08.2020 по заявка № 112181 от 17.12.2015 година върху Метод за създаване на подвижно електронно копие на печатен или ръкописен материал.

Работено е върху ръкопис на книга, съдържаща резултатите от направените документални изследвания върху експерименталната дейност на Георги Наджаков. В първоначалния вариант ръкописът трябваше да бъде на английски, но през втората половина на годината работата продължи на български език.



През 2020 г. учени от ИФТТ бяха отличени за своите научни постижения със следните награди:

Академик Никола Съботинов бе отличен с голямата награда „Питагор“ за цялостен принос – статуетка „Питагор“ и парична сума от 6000 лв.

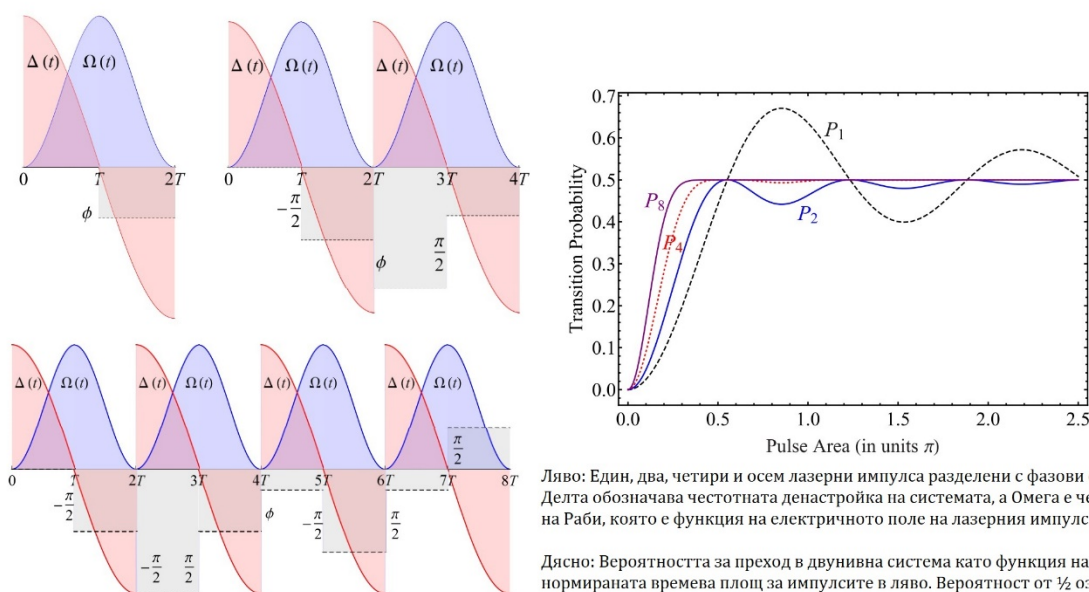
П награда от Федерацията на научно-техническите съюзи в България е получена на СЕДЕМНАДЕСЕТА НАЦИОНАЛНА МЛАДЕЖКА НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКА КОНФЕРЕНЦИЯ 2020, СОФИЯ от Огнян Петков и Ангелина Стоянова-Иванова „B(Pb)SSCO Керамики с потенциално приложение като добавки в алкални Ni-Zn системи“ в Направление: Химически науки и технологии

2. РЕЗУЛТАТИ ОТ НАУЧНОИЗСЛЕДОВАТЕЛСКАТА ДЕЙНОСТ НА ИНСТИТУТА ПО ФИЗИКА НА ТВЪРДОТО ТЯЛО ПРЕЗ 2020 Г.

2.1. Най-значимо научно постижение

КОХЕРЕНТЕН КОНТРОЛ НА СИСТЕМИ С ДВЕ И ПОВЕЧЕ НИВА

Ръководител на темата: Калоян Н. Златанов



Ляво: Един, два, четири и осем лазерни импулса разделени с фазови скокове. Делта обозначава честотната депастройка на системата, а Омега е честотата на Раби, която е функция на електричното поле на лазерния импулс.

Дясно: Вероятността за преход в двунива система като функция на нормираната времева площ за импулсите в ляво. Вероятност от $\frac{1}{2}$ означава равна суперпозиция между двете квантови състояния.

Кохерентният контрол е подполето на квантовата механика третиращо взаимодействието между кохерентни източници на светлина и квантови системи с

различен брой състояния. Основната задача, която това поле решава, е как една квантова система, най-често с две нива, да бъде доведена до конкретно крайно състояние. От особен интерес са неklasическите състояния на системата, каквито са състоянията на суперпозиция. Такива състояния са нужни за демонстрирането на редица ефекти като например електромагнитно индуцирана прозрачност, усилена генерация на хармонични вълни и квантови симулации. Широко приложение такива състояния намират в полето на квантовата информатика, което цели създаването на компютър, работещ на квантов принцип. Състоянията на суперпозиция са фундаментални за алгоритми като квантов Фурие образ или търсене на Груувър, които показват драстично по-високи резултати от класическите си аналози.

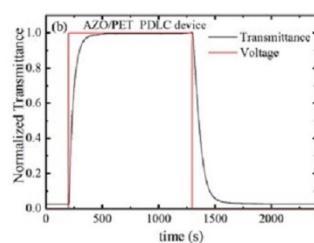
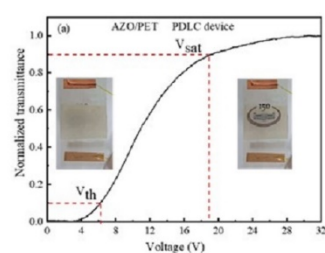
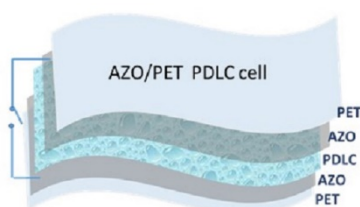
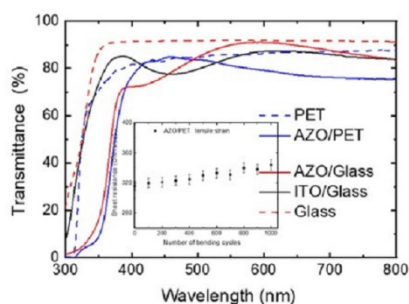
Когато кохерентен контрол се използва за целите на квантовата информатика крайното състояние трябва да бъде достигнато с висока степен на точност. Често експерименталните параметри като времевата форма на електричното поле на лазерния импулс, честотната му денастройка, продължителността му съдържат в себе си несъвършенства, които не могат да бъдат предсказани или описани от теоретичния апарат. Ефектът от такива несъвършенства е отместване на постигнатото крайно състояние спрямо желаното, което е сериозна пречка пред създаването на квантов компютър. Това поражда нуждата от изготвяне на техники, които да доведат системата до желаното крайно състояние независимо от несъвършенствата на лазерното поле.

Разработената от нас техника, която представлява поредица от себеподобни импулси разделени с фазов скок, успява да реши този проблем като прехвърля контрола над крайното състояние на системата върху фазовия скок. По този начин несъвършенства в лазерните импулси не оказват влияние върху крайното състояние. Себеподобността на импулсите означава разлика между отделните импулси в знака на електричното поле, честотната денастройка или обръщане на времевия профил, което прави техниката ни лесно приложима, с ниски изисквания за експериментална реализация.

2.2. Най-значимо научно-приложно постижение

ТЪНКИ ФИЛМИ ОТ ПОЛУЧЕНИ ЧРЕЗ ПОСЛЕДОВАТЕЛНО ОТЛАГАНЕ НА АТОМНИ СЛОЕВЕ ЛЕГИРАН С АЛУМИНИЙ ЦИНКОВ ОКСИД ЗА ПРИЛОЖЕНИЯ В ДИСПЛЕИ

Ръководител на темата: доц. д-р Димитър Димитров



ALD ZnO:Al (легиран с алуминий цинков оксид) с приложение като прозрачен електрически проводник (електрод) в гъвкави дисплейни устройства

Прозрачните електрически проводими материали (ППМ) притежават едновременно висока електрическа проводимост и оптична транспарентност, като тези характеристики се постигат под формата на тънки филми върху прозрачни подложки. Тази специфична комбинация от свойства прави ППМ от особен интерес както от фундаментална гледна точка, така и за голямо разнообразие от приложения.

Отличните оптоелектронни характеристики на индиево калаеният оксид (ITO) са му позволили да доминира на пазара на ППМ материали през последните четири десетилетия, особено при устройства с твърди стъклени подложки. Въпреки това, когато се прилага върху полимерни (гъвкави) подложки, недостатъците на ITO надвишават предимствата му и е необходимо изследване на възможностите на други алтернативни материали притежаващи оптични и електрични свойства съответстващи на тези на ITO но с подобрени механични свойства. Пазарът на ППМ се очаква да надхвърли 5 млрд долара до 2022 г. (Източник: MarketWatch). Към тази дата се очаква повече от половината от устройствата за различни приложения да включват ППМ върху гъвкави полимерни подложки.

Интегрирането на прозрачни проводими слоеве в гъвкавата оптоелектроника е значително предизвикателство. В това изследване е демонстрирана функционалността като ППМ на тънки филми от легиран с алуминий цинков оксид (AZO), нанесени върху PET (полиетилен терефталат) гъвкави подложки, с използване на метод за последователно отлагане на атомни слоеве (ALD). Установено е че тънките филми AZO притежават висока оптична пропускливост във видимата (VIS) и близката инфрачервена

(NIR) области на спектъра и електрически свойства, конкурентни на комерсиалните ITO слоеве. AZO слоеве, нанесени върху гъвкави PET подложки, демонстрират стабилни стойности на листово съпротивление при над 1000 цикъла на огъване. Въз основа на измерените оптични и електрически характеристики са показани приложения на AZO като прозрачни проводящи слоеве - дисплей с течни кристали със структура AZO / стъкло и устройства с диспергиран в полимерна матрица течен кристал (PDLC) с гъвкава база AZO / PET. Измерените стойности на електро-оптичните параметри и теста за флексибилност на конструираните устройства показват потенциала на AZO за интегриране като прозрачен проводник в гъвкави устройства.

3. МЕЖДУНАРОДНО НАУЧНО СЪТРУДНИЧЕСТВО НА ИНСТИТУТА ПО ФИЗИКА НА ТВЪРДОТО ТЯЛО ПРЕЗ 2020г.

Институтът по физика на твърдото тяло продължи да развива и през 2020 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.

59 публикации от общо 115 излезли от печат публикации през 2020 г. са в съавторство с чуждестранни учени.

През изтеклата година продължи работата по 15те спечелени проекта на млади учени от института по Програмата за подпомагане на младите учени в БАН и един за постдокторант от същата програма.

През 2020 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 2020г. 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).

От 31.08.2020 г. до 03.09.2020 г. в Международния дом на учените „Жолио-Кюри“ в курорта „Св. Св. Константин и Елена“, Варна, се проведе Двадесет и първата международна школа по физика на кондензираната материя (21SCMP) на тема Progress and Perspectives in Functional Materials. Школата беше организирана от ИФТТ-БАН с председател проф. Х. Шамати и научен секретар доц. Ю. Генова.

За втори път с цел подпомагане финансирането на школата бе подготвен и подаден проект към Фонд научни изследвания по „Процедура за подкрепа на международни научни форуми, провеждани в Република България“. Проектът бе одобрен и бе сключен договор, по който за финансирането на школата бяха получени 9 000 лева. Това позволи да бъдат командировани десет млади учени за участие в школата. Те представиха своите резултати пред широк форум, като им бяха покрити всички разходи.

През тази година поради специфичната ситуация с пандемията от Covid-19 с цел осигуряване на всички мерки за социална дистанция в конференцията беше предоставена

възможност за онлайн участие. Онлайн участието, включително и постерните сесии бяха организирани посредством платформата Google Meet. За удобство на участниците, научната програма на събитието по дни и часове бе качена в платформата google calendar.

Добрата практика, въведена на 19ISCMР да бъде дадена възможност на участниците да представят двадесет минутни устни представяния бе продължена успешно. Тази година заявили желание за устни презентации бяха тринадесет на брой, наполовина от тези на миналата школа.

Книжка с резюметата на всички лекции и постерни доклади (Book of Abstracts) бе качена на сайта на мероприятиято и бе достъпна за всички участници.

Общият брой участници в школата беше 85 от 13 страни, съответно с участници от: България, Белгия, САЩ, Франция, Словения, Полша, Унгария, Русия, Италия, Индия, Швеция, Китай, Сърбия, Испания. За сравнение, общият брой участници в 20ISCMР беше 97 от 16 страни, 19ISCMР беше 78 от 13 страни. Тази година поради специфичната ситуация с пандемията от Covid-19 присъствено на място участваха само представители от България. Всички международни участници се включиха онлайн в конференцията.

На школата бяха изнесени общо 21 поканени лекции, 2 от които от български лектори – 1 от Физическия факултет на СУ и 1 от ИФТТ. Програмата включваше двете традиционни мемориални лекции, посветени на акад. Г. Наджакков (С. Балестра – Франция) и акад. М. Борисов (Ф. Вандербемден – Белгия). Бяха изнесени 13 двадесет-минутни устни представяния. В две постерни сесии бяха представени 63 постерни доклада. В първия ден на школата беше организирана сесия за 5 минутно устно представяне на постери от млади участници. През тази година общо 10 докторанти и млади учени се възползваха от възможността да представят своята работа. На младите учени, участвали в тази сесия бе дадена възможност да изберат измежду представилите се в младежката сесия победител. За най-добре представил се колектив от младежката комисия бе избран: В. Napoleonov, J. Mickowski, D. Petrova, V. Marinova, B. Blagoev, V. Strijkova, P. Terziyska, S. H. Lin, D. Dimitrov, “Atomic layer deposited Al-doped ZnO thin films for flexible display applications”. Независима комисия, включваща 3-ма учени от Организационния комитет също излъчи победител от младежката сесия: R. Georgiev, K. Lazarova, M. Vasileva, B. Georgieva, T. Babeva, “Niobium oxide sol-gel Bragg stacks for acetone sensing with optical read-out”. На избраните колективи бяха връчени грамоти за най-добър постер.

На поканените лектори в зависимост от темата на изследванията бе дадена възможност за публикуване на представените от тях материали в международно признатото списание *physica status solidi a*. Благодарение на усилията на редакторския колектив на изявили желание участници (извън списъка на поканените лектори) беше предоставена възможност също да представят материали за публикуване в PSSa. Останалата част от представените на конференцията материали ще бъдат публикувани за пореден път в списанието на английското издателство IoP Publishing, *Journal of Physics: Conference Series*, което се индексира в международните бази данни на научна информация Web of Science и SCOPUS и е на свободен достъп, с което се дава възможност за широко разпространение на докладваните на школата научно-изследователски постижения. Гост-редактори (подредени по азбучен ред на фамилията) са А. Варонов, Ю. Генова, А. Паскалева, Х. Шамати. Общо 42 ръкописа са приети за печат след рецензиране и ще излязат от печат в брой 1762 на списанието през 2021 година.

Предстои да бъде проведено онлайн заседание на Международния научен комитет, на което да бъде обсъдено и прието заглавие за следващото 22-ро издание на школата предвидено за септември 2022.

През 2020 година поради пандемията множествоот 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 20 доклада и 61 постера.

Най-значим международно финансирани проект на ИФТТ

Няма

4. УЧАСТИЕ НА ИНСТИТУТА ПО ФИЗИКА НА ТВЪРДОТО ТЯЛО В ПОДГОТОВКАТА НА СПЕЦИАЛИСТИ ПРЕЗ 2020 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.

ИФТТ е акредитиран за обучение в образователната и научна степен „доктор“ по специалности от професионалните направления 4.1. „Физически науки“ и 4.3. „Биологически науки“. През 2020 изтече 6 годишната акредитация на ИФТТ по програмите: „Физика на кондензираната материя“ и „Лазерна физика, физика на атомите, молекулите и физика на вълновите процеси“. През 2019г. яха изготвени и депозирани доклади Самооценка и тече процедурата по получаване на последваща акредитациите по тези две програми. През 2016 г. бе подновена акредитацията по програмата „Биофизика“ за срок от 6 години.

През 2020 г. в Института се е обучавал 1 редовен докторант и 1 на самостоятелна подготовка. Успешно е защитена 1 дисертация за образователната и научна степен „доктор“.

От 08 до 10 декември 2020 г. онлайн в платформата MEET се проведе XXIII-ят Зимен семинар „Интердисциплинарна физика“ на докторантите и младите учени от институтите на комплекс 2 на БАН с председател доц. д-р Красимир Темелков и научен секретар доц.д-р Карекин Есмерян и технически секретар:инженер Валери Джурков. Тази година семинарът беше посветен на 50-тата годишнина от първия лазер с метални пари (He-Cd⁺лазер) в България, създаден от акад. дфн Никола Съботинов. В семинара взеха участие 12 души– 5 от ИФТТ, 5 от ИЕ и 2 от ИОМТ. Участниците представиха 16 устни доклада. Изнесените доклади от докторантите, студентите и младите учени бяха върху най-актуални теми от областта на физиката на лазерите, плазмата, оптиката и спектроскопията, течните кристали, сензориката, биологията, медицината. Темите на лекциите и резюметата на докладите са отпечатани в материалите на семинара.

5. ИНОВАЦИОННА ДЕЙНОСТ НА ИНСТИТУТА ПО ФИЗИКА НА ТВЪРДОТО ТЯЛО И АНАЛИЗ НА НЕЙНАТА ЕФЕКТИВНОСТ ПРЕЗ 2020 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 22 патента.

През 2020г. бяха одобрени 8 патента на ИФТТ:

МЕТОД ЗА СЪЗДАВАНЕ НА ПОДВИЖНО ЕЛЕКТРОННО КОПИЕ НА ПЕЧАТЕН ИЛИ РЪКОПИСЕН МАТЕРИАЛ, изобретател: Ганка Камишева;

КОМПОЗИТЕН МАТЕРИАЛ И МЕТОД ЗА ПОЛУЧАВАНЕТО МУ, изобретатели: Ангелина Стоянова-Иванова, Станимира Терзиева, Благой Благов, Стела Георгиева-Кискинова, Даниела Ковачева;

МЕТОД И УСТРОЙСТВОТО ЗА ОПРЕДЕЛЯНЕ КИНЕМАТИЧНИЯ ВИСКОЗИТЕТ И МАСОВАТА ПЛЪТНОСТ НА АЕРОЗОЛИ, изобретатели: Йордан Маринов, Красимир Дамов, Антон Антонов, Марио Илиев;

МЕТОД ЗА ХАРАКТЕРИЗИРАНЕ НА НАНОСТРУКТУРИРАНИ НЕМАТИЧНИ ТЕЧНИ КРИСТАЛИ, изобретатели: Лидия Попова, Йордан Маринов, Александър Г. Петров;

УСТРОЙСТВО ЗА ИЗВЛИЧАНЕ НА АТМОСФЕРНО ЕЛЕКТРИЧЕСТВО, изобретатели: Иван Ангелов, Димо Астаджов, Марин Господинов;

БЕЗКОНТАКТНО ОПРЕДЕЛЯНЕ БРОЯ И ДИАМЕТЪРА НА КАПКИ МЪГЛА, ПОСРЕДСТВОМ ГРАВИТАЦИОННО СЕПАРИРАНЕ И ИЗМЕРВАНЕ НА ЕЛЕКТРИЧЕСКИ СИГНАЛИ, изобретатели: Огнян Иванов, José Luis Pérez-Díaz, Петър Тодоров;

ДЕТЕКТИРАНЕ ПОЯВАТА НА ПРИМЕСИ В СЪСТАВА НА МЪГЛИ И АЕРОЗОЛИ ПОСРЕДСТВОМ ПОВЪРХНОСТЕН ФОТО - ЗАРЯДОВ ЕФЕКТ ЧРЕЗ ИЗМЕРВАНЕ НА ЕЛЕКТРИЧЕСКИ СИГНАЛ, изобретатели: Огнян Иванов, José Luis Pérez-Díaz;

БЕЗКОНТАКТНО ДЕТЕКТИРАНЕ НА ФАЗОВИ ПРЕХОДИ В ТЕЧНО-КРИСТАЛНИ СРЕДИ ПОСРЕДСТВОМ ЛАЗЕРНО ИНДУЦИРАН ПОВЪРХНОСТЕН

ФОТО-ЗАРЯДОВ ЕФЕКТ ЧРЕЗ ИЗМЕРВАНЕ НА ЕЛЕКТРИЧЕСКИ СИГНАЛ,
изобретатели: Огнян Иванов, Харитюн Нарадикян, José Luis Pérez-Díaz.

В експертиза са 4 патента на ИФТТ. През 2020 са подадени две нови заявки за патент: К. Д. Есмерян и Т. А. Чаушев, Свръхнеомокряема кварцова микровезна като биосензор за анализ на човешка урина, подаден на 15.05.2020., София, България, №113134 и I. K. Kostadinov, D. N. Astadjov, K. A. Temelkov, G. P. Yankov, Газоразряден лазер, , подаден на 23.06.2020., София, България, №113173.

6. СТОПАНСКА ДЕЙНОСТ НА ИНСТИТУТА ПО ФИЗИКА НА ТВЪРДОТО ТЯЛО ПРЕЗ 2020г. 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. Деян Пламенов**
- 9. “ДИНО АРТ” ЕТ**
- 10. Мирослав Гергинов**
- 11. “АСКИ ”ЕООД**
- 12. Интересно БГ**
- 13. “Михаил Янков”ЕТ-2 договора**
- 14. Никола Байнов**
- 15. “НИК ТРЕЙД 12” ЕООД**
- 16 МИХАИЛ НИКОЛОВ**
- 17. “ПУЛСЛАЙТ”ООД**
- 18. “Пи Си хаос” ЕООД**
- 19. Радослав Сашев Иванов**
- 20. “СКАЙ ПРИНТ ООД**
- 21. Стоян Нешев**
- 22.. „Дива 2009“ЕООД**
- 23 „Гопал Прасад“ 2 договора**
- 24. Теодор Станоев**
- 25. БФМ ЕООД**
- 26. ЕПО ЛУКС ООД**
- 27. МИКРОТЕХ БГ ЕООД**
- 28“ЧЕНТИ СПОРТ”ООД**
- 29.Семра Дургут**
- 30.Симпекс ди**
- 31.Самекс ЕООД**

- 3 118,95 лв. – републикански бюджет**
- 3 118,95 лв. - резерв**
- 37 190 лв. ДДС**
- 90 185,79 лв - ЦУ - БАН**
- 90 185,79 лв – ИФТТ**
- общо събрани приходи от наеми-223 140лв.**

7. КРАТЪК АНАЛИЗ НА ФИНАНСОВОТО СЪСТОЯНИЕ НА ИНСТИТУТА ПО ФИЗИКА НА ТВЪРДОТО ТЯЛО ЗА 2020 Г.

Институтът се финансира от бюджета и със собствени средства. Приходите са както следва: от бюджетната субсидия – **3 251 614 лв.**, собствени средства **253 482 лв.**, трансфери от МОН – **491 500 лв.**, вътрешни трансфери получени – **788 561,50 лв.** и трансфер към БАН за отчисления от наемни договори – **90 185,79 лв.**

Разходите са 3 684 816 лв. както следва:

§01 Заплати	2 239 681 лв.
§02 Други възнаграждения	274 080 лв.
§05 Осиг.вноски работодател	437 896 лв.
§10 Издръжка /НИР, охрана, командировки, раб.облекло, м-ли, външни у-ги, тек.ремонти, вода, парно, телефони, ел.е-я/ §19 Платени данъци и такси	608 217 лв. 1 513 лв.
§40 Стипендии	393 лв.
§52 Придобиване на ДМА	123 036 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 **90 185,79 лв.**

Транспортните средства са 3 на брой.

8. ИЗДАТЕЛСКА И ИНФОРМАЦИОННА ДЕЙНОСТ НА ИНСТИТУТА ПО ФИЗИКА НА ТВЪРДОТО ТЯЛО В ПРЕЗ 2020 Г.

През 2020 г., за пореден път ИФТТ издаде във вид на книжка годишния отчет на Института на английски език (Annual Research Report 2019), което е много полезно при запознаване на чужди институции и колеги с дейността на Института.

В периода 19-23 октомври 2020 г. пред фойето на зала „Проф. Марин Дринов“ (ул. „15 ноември“ №1) бе проведена изложбата Течни кристали и бионанокomпозити: фундаментални и приложни постижения на ИФТТ-БАН с национално и световно признание. Изложбата бе организирана от Института по физика на твърдото тяло (ИФТТ) „Акад. Г. Наджаков“ и бе посветена на 48-та годишнина от своето създаване.

Експозицията включваше 18 постера, показващи развитието на направление „Физика на меката материя“ в ИФТТ, част от историята на което е Лабораторията по течни кристали, създадена от акад. Александър Держански, основоположник на течнокристалната физика и на изследванията с ядреномагнитен резонанс в България. Във фокуса на изложбата се открояват откриването на явлението биофлексоелектричество и неговото обяснение, което е от фундаментално значение за физиката на живата материя, както и разработването на молекулната теория на еластичността на липиден монослой, известна като „Модел на Петров, Держански и Митов“. Показани са още резултати от изследвания върху поведението на биомембрани под влияние на изменението на състава на заобикалящата ги среда и различни ефекти от използването на наночастици, композитни и биокомпозитни материали, а също и от разработваните методики за използване на водни растения като ресурс на ценни химикали, захари и феноли. Тези постижения откриват възможности за приложение в бионанотехнологиите, мембранната биофизика, оптоелектрониката, фармакологията и медицината.

През 2020г. 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 Скиптър 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

През 2020 г. независимо от извънредната ситуация, свързана с ковид – 19 и ограничаване организирането на публични събития, информация за дейността на Института по физика на твърдото тяло и постиженията на учените беше публикувана в печатни, интернет базирани и ефирни медии. Сред тях са в-к „Азбуки“, списание „Светът на физиката“, bnr.bg, вестниците „Дневник“ и „24 часа“, Информационният бюлетин на БТПП Инфобизнес и онлайн базираните (nowini.bg, nauka.bg, nauka.offnews.bg, novini247.com и др.)

Направеният медиен мониторинг показва, че съобщенията в интернет базираните медии за Института по физика на твърдото тяло имат над 10 000 четения.

Учените от ИФТТ активно участват в популяризирането на българската наука. Двама учени са участвали в организираните по проекта „100 лица зад българската наука” на списание „Българска наука“ интервюта, 4-ма са членове на редакционната колегия и на редакционния съвет на научно-популярното списание „Светът на физиката“; публикувани са 3 научнопопулярни статии, организирана е изложба „Течни кристали и бионанокompозити: фундаментални и приложни постижения на ИФТТ-БАН с национално и световно признание“ (19 – 23.10.2020 г.); кабинетът на акад. Георги Наджаков, обявен от Европейското физическо дружество за историческо място на Европа, е достъпен за посетители всеки ден след предварително договаряне.

<https://nauka.bg/nagradi-nauka-pitagor-2020g/>

Награди за наука „Питагор“ 2020 г.

<http://www.bas.bg/2020/05/24/%D0%BF%D0%B5%D1%82-%D0%BD%D0%B0%D0%B3%D1%80%D0%B0%D0%B4%D0%B8-%D0%BF%D0%B8%D1%82%D0%B0%D0%B3%D0%BE%D1%80-%D0%B7%D0%B0-%D1%83%D1%87%D0%B5%D0%BD%D0%B8-%D0%BE%D1%82-%D0%B1%D1%8A%D0%BB/>

Пет награди „Питагор“ за учени от Българската академия на науките

<https://www.dnevnik.bg/blogosfera/article/393420>

Голяма награда „Питагор“ за цялостен принос

<https://bnr.bg/burgas/post/101281459>

Отличиха бургазлията академик Никола Съботинов с голямата награда за цялостен принос в науката Питагор'2020

<https://press.azbuki.bg/news/novini-2020/broj-22-2020/pitagor-za-dvama/>

„Питагор“ за двама

Министър Красимир Вълчев връчи наградата за цялостен принос на чл.-кор. проф. Константин Хаджииванов и акад. Никола Съботинов

<https://www.24chasa.bg/novini/article/8619341>

24.05.2020 17:24; 24 часа онлайн **6240** четения;

МОН връчи наградите "Питагор" за принос в науката

Светът на физиката 4/2019 - Списание Светът на физиката www.phys.uni-sofia.bg › digital_pdf › word

С голямата награда „Питагор“ за цялостен принос – статуетка „Питагор“ и парична сума от 6000 лв., беше отличен акад. Никола Съботинов.

https://nauka.offnews.bg/news/Novini_1/Razdadoha-nagradite-za-prinos-v-naukata-Pitagor-2020_150317.html

Раздадоха наградите за принос в науката „Питагор 2020“

ВАНЯ МИЛЕВА | ПОСЛЕДНА ПРОМЯНА 24 май 2020 в 10:58 4199 четения

<https://www.infobusiness.bcci.bg/bcci202-15-6-20.html>

Председателят на БТПП се среща с акад. Никола Съботинов

https://novini247.com/novini/21-ata-mejdunarodna-shkola-po-fizika-na-kondenziranata-materiya-se-sastoya_2766848.html

21-ата международна школа по физика на кондензираната материя се състоя ...

<https://novini.bg/bylgariya/obrazovanie/617754>

Учени от 15 държави участваха в международна школа по физика, организирана от БАН

09.09.2020 | 15:20 217 четения A+

<https://presscenters.com/News/163116/ucheni-ot-15-durjavi-se-vklyuchiha-v-mejdunarodna-shkola-po-fizika>

Учени от 15 държави се включиха в международна школа по физика

<https://nauka.bg/100-scientists/>

Над 100 интервюта на български учени!

9. ИНФОРМАЦИЯ ЗА НАУЧНИЯ СЪВЕТ НА ИНСТИТУТА ПО ФИЗИКА НА ТВЪРДОТО ТЯЛО ПРЕЗ 2020 г.

9.1. Списъчен състав на Научния съвет на ИФТТ

Председател: доц. д-р Емилия ДИМОВА за периода февруари-септември 2020 г.

Заместник председател – доц. дфн Йордан МАРИНОВ

Научен секретар – доц. д-р Екатерина ЙОРДАНОВА

Технически секретар – гл. ас. д-р Василка СТЕФЛЕКОВА

Членове:

проф. дфн Хассан	ШАМАТИ
проф. дфн 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 Бойко Павлов	КАТРАНЧЕВ
доц. д-р Валентин Иванов	МИХАЙЛОВ
доц. д-р Ангелина Колева	СТОЯНОВА-ИВАНОВА
доц. д-р Тихомир Колев	ТЕНЕВ

През септември 2020 година НС се раздели преждевременно и трагично с Председателят си доц. д-р Емилия Димова. Поклон пред светлата и памет.

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 члена, от които 2 професора дфн, 1 професор д-р и 15 доцента д-ри. След проведени избори през годината съставът на НС съвет се промени на 2 професора дфн, 4 професора д-р, 1 доцент дфн и 11 доцента д-ри. След трагичната загуба на доц. д-р Емилия Димова през месец септември, 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