

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



ГОДИШЕН ОТЧЕТ

2022 ГОДИНА

СОФИЯ

НАУЧНИТЕ ЗВЕНА НА ИФТТ-БАН

1. Направление „Теория“

1.1. „Теоретичен отдел“

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

2. Направление „Функционални материали и наноструктури“

2.1. Лаборатория „Физика на материалите и ниските температури“

2.2. Лаборатория „Физични проблеми на микроелектрониката“

2.3. Лаборатория „Акустоелектроника“

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

3. Направление „Нанофизика“

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

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

4. Направление „Физика на меката материя“

4.1. Лаборатория „Течни кристали и биомолекулни слоеве“

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

5. Направление „Физическа оптика и оптични методи“

5.1. Лаборатория „Оптика и спектроскопия“

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

многослойна оптика, теоретични методи в оптиката, както и спектроскопия и квантова оптика.

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

6.1. Лаборатория „Атомна спектроскопия“

6.2. Лаборатория „Лазери с метални пари“

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

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

1.1 Преглед на изпълнението на целите (стратегически и оперативни) на звеното, оценка и анализ на постигнатите резултати и на перспективите на звеното в съответствие с неговата мисия и приоритети съобразени с утвърдените научни тематики.

Институтът по физика на твърдото тяло „Акад. Георги Наджаков“ (ИФТТ) към БАН е институция с половинвековни традиции в провеждането на фундаментални и научноприложни изследвания в подкрепа на важни за обществото области като наука, образование, здравеопазване и историческо наследство. ИФТТ се развива в модерни направления на физиката на кондензираната материя, атомите, плазмата и лазерите; физиката на течните кристали и на живата материя, в описанието на теоретичните основи на редица комплексни феномени в твърдото тяло; в създаването на нови материали с перспективни свойства; квантови, био- и нано-технологии; акустоелектроника, наноелектроника и сензорика.

Изминалата 2022 година премина под знака на петдесетгодишния юбилей на ИФТТ, чрез който почетохме историята и научното наследство и отправихме поглед към нови неизследвани хоризонти в науката. Нашият институт поддържа изградените научни традиции, съчетани със стремеж за високо изследователско ниво и общественозначим принос, не само към българската, но и европейска и световна наука. Няколко поколения изтъкнати учени разгръщат своите търсения в богат спектър от тематики. Със споделения опит и изградените международни партньорства, младите учени в ИФТТ, които представят следващото поколение учени, създават и развиват своите нови научни идеи по предизвикателства в природните и инженерните науки.

Научните ни изследвания, иновативни проекти и патентни предложения са фокусирани върху приоритетите, заложили в националните и европейски стратегии за развитието на научните изследвания за следващото десетилетие: нанотехнологии и нови материали, информационни, комуникационни и биотехнологии, енергийна ефективност, здравеопазване, околна среда, качество на живот, опазване на културно и историческо наследство. Знанието е сред най-ценните ресурси на една държава и общност и ние се стремим да го съхраним и развием, както за нашата страна, така и в рамките на европейската общност, към която принадлежим.

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

- Получаване на перспективни мултифункционални (полупроводникови, диелектрични, магнитни и свръхпроводими) материали и детайлно изследване на комплексната им физична природа с широк набор от електрични, оптически, магнитни, структурни, микроскопски и други методи.
- Физика и технология на тънки и наноразмерни неорганични диелектрични и полупроводникови слоеве, въглеродни наноструктури и нискоразмерни системи, биоматериали и наноструктурирани течни кристали и техни приложения в наноелектрониката, опто и акустоелектрониката, сензорни устройства.
- Теоретично моделиране на физико-химически процеси, явления, свойства, състояния и фазови преходи в кондензирани среди, динамика на нелинейни системи.

- Лазери, атоми и плазма, приложения и технологии (нанотехнологии, лазерни технологии, археометрия, медицина, екология).
- Фотоника, оптика и спектроскопия на нелинейни и анизотропни среди.

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

Цялостната научна дейност на ИФТТ през 2022 г. следва целите на **Националната стратегия за развитие на научните изследвания в Република България** за периода 2017-2030 г. Фундаменталните и научноприложните ни резултати в приоритетните направления са следните:

В област „**Материалознание, нано и квантови технологии**“ изследванията са фокусирани върху комплексните вълнови процеси в иновативни оптични Кер микрорезонатори с приложения в метрологията. Детайлно са проучени условията за получаването и са определени структурните свойства на графенов моноатомен слой в зависимост от кристалната ориентация на каталитичната подложка. Теоретично и експериментално са анализирани широк спектър от материали (молекулни магнити, ниско размерни системи и тънки слоеве) с приложения в оптоелектрониката и спинтрониката. Развити са техники и алгоритми за ефективен контрол на процесите в квантови процесори (базиран на свръхпроводящи кубити).

Разработвани са полупроводникови и диелектрични наноструктури, базирани на материали от оксиди и халкогениди на преходни метали (ZnO , HfO_2 , TiO_2 , ZnSe и др.) с оглед на техните перспективни оптически, магнито-оптични, мемристивни, каталитични, сензорни и механични свойства. Изследван е оптичният (нелинеен) отклик на широкозонни полупроводникови системи GaN и AlN , както и възможностите за структурното им модифициране с помощта на фемтосекундно лазерно лъчение. Разработени са нови лазерни системи тип „генератор–усилвател“ с оптимизирани параметри и висока ефективност в множество приложения (предложени за патентоване).

Бяха проведени серии експерименти с перспективни течно-кристални/полимерни (йонно-проводящи) композити, за практически приложения в молекулната и гъвкавата органична електроника.

Активно се работи в приоритетно направление „**Здраве и качество на живот. Превенция, ранна диагностика и терапия, зелени, сини и екотехнологии, биотехнологии**“. Детайлно са изследвани физичните ефекти на хидрофобни въглеродни покрития върху мъжки гамети при проблеми, свързани с репродуктивното здраве. Обстойно е проучено влиянието на различни фармакологични и хормонални комплекси (и техни модификации) върху механичните и диелектричните свойства на липидни мембрани като ефективни тестови модели на клетъчната стена. Изготвен е тематичен обзор, в който са систематизирани съвременните тенденции в „зелени“, био и еко технологични методи за синтез на златни наночастици и разнообразни биомедицински приложения. Теоретично са моделирани комплексни хирални молекули с важно значение за биологията и фармацевтиката.

Проведени са обстойни анализи за лазерно модифициране, функционализиране и структуриране на серии биополимери. Създадени са наноструктурирани (Лангмюир и Лангмюир-Блоджетови) органични слоеве за приложения като биосензори за диагностика на туморни маркери, детекция на летливи органични съединения и са проучени възможностите за повишаване на тяхната селективност, точност и чувствителност. Изследвани са механични и морфологични свойства на ортодонтични

материали и влиянието на множество параметри и тестови условия, съобразени с клиничната им употреба.

В областта на **„Съвременните енергийни източници и технологии“** са разработени модифицирани йон-полимерни нанокомпозити, намиращи приложения като ефективни електролити в Na^+ -йонни батерии. Изследвано е влиянието на купратни керамични материали като добавки към ZnO анод, като част от електрохимични системи за Ni/Zn батерии.

Някои от основните научноприложни дейности в ИФТТ са в областта на сензориката и са посветени на приоритетното направление **„Мехатроника и чисти технологии“** като част от изграждането на едноименния Национален Център за върхови постижения.

Дейността на ИФТТ, посветена на **„Пречистващи и безотпадни технологии“** включва оптимизиране на параметрите на мембранни процеси и нанопилтрация на биоактивни вещества за подобряване на качествените характеристики на червеното вино „Мавруд“.

В контекста на приоритетното направление **„Национална идентичност и развитие. Социално-икономическо развитие“** са проведени систематични проучвания (на елементния и минерален състав) на археологически артефакти и обекти от национално значение с помощта на спектроскопски методи и получените бази данни са анализирани с различни статистически подходи. Проведени са задълбочени теоретични изследвания и са разработени алгоритми за моделиране на сложни процеси в социалната динамика, историческо развитие и проблеми на съвременните общества.

Значителната част от научната дейност на ИФТТ е мултидисциплинарна и има пряко отношение и полезни резултати в приоритетните теми **„Информационни и комуникационни технологии“** и **„Опазване на околната среда. Екологичен мониторинг. Оползотворяване на суровини и биоресурси“**.

1.3. Полза / ефект за обществото от извършваните дейности.

Институтът предоставя експертна помощ и големите възможности на научната си инфраструктура и уникалното оборудване на представители на публичния и частния сектор и по този начин подпомага развитието и дейността на всеки отрасъл. В резултат на това сътрудничество се създават и засилват тесни връзки между нашия институт, другите научни организации, университетите и индустрията, което се отразява благоприятно за цялото общество.

ИФТТ активно участва в инициативи и мероприятия за популяризиране на науката сред младите хора – ученици, студенти и специализанти. Създават се специални образователни материали на високо и същевременно достъпно ниво за насочване на интереса им към науката.

През изминалата 2022 г. в ИФТТ са изпълнявани съвместни дейности и проекти на национално ниво в партньорство с академични и образователни институции: институти на БАН - Институт по електроника (ИЕ), Институт по оптически материали и технологии (ИОМТ), Институт по ядрени изследвания и ядрена енергия (ИЯИЯЕ), Институт по биофизика и биомедицинско инженерство (ИБФБМИ), Институт по обща и неорганична химия (ИОНХ) и др., факултети по природни и инженерни науки от Софийския университет (СУ) „Св. Климент Охридски“, Технически университет (ТУ) – София, Химико-технологичен и металургичен университет (ХТМУ), Пловдивски университет (ПУ) „Паисий Хилендарски“, Университет по архитектура, строителство и геодезия (УАСГ), Югозападния университет „Неофит Рилски“, Минно-геоложки

университет „Св. Иван Рилски“.

Трябва да се отбележи ползотворното сътрудничество между ИФТТ, Медицински център „Неовитро“ и клиника „Малинов“ при съвместните иновативни изследвания на хидрофобните въглеродни покрития (сажди) в областта на репродуктивното здраве и криобиологията. Развитите в ИФТТ лазерни методи и технологии дават полезна информация (елементен и археометричен анализ) за мащабните археологически проучвания в рамките на интердисциплинарното партньорство на проект „Траките“ за изследване и опазване на нашето историческо наследство.

В отчетния период служители на ИФТТ предоставиха експертна техническа помощ и услуги за български компании и институции. Оборудването за оптично охарактеризиране, с което разполага институтът е полезно за иновационното развитие на фирми за оптични елементи и оптоелектрониката. Развити са общи иновационни проекти и са сключени рамкови споразумения за научно-техническо сътрудничество с фирми, чиито индустриална дейност е в областта на лазерните технологии, оптичните елементи и опто-електрониката – Аква Лид ЕООД, Оптикс АД, Оптеко и партньорс ООД, Технооптикс ООД и др.

1.4. Взаимоотношения с други институции

През 2022 г. експерти от ИФТТ са участвали в редица комисии и съвети на държавно и академично ниво. Наши учени са част от експертните органи, научно-експертни комисии по физически науки към Фонд „Научни изследвания“, Българска Търговско Промислена Палата (БТПП), Агенция за Ядрено Регулиране (АЯР) и др. Специалисти от ИФТТ са участвали като членове в Научни журита по конкурси за присъждане на научни степени и звания, като са изготвени седем становища и пет рецензии. Изготвени са експертни оценки (12 броя) на проектни предложения, междинни и окончателни отчети в различните конкурсни сесии на Фонд „Научни изследвания“.

1.5. Общонационални и оперативни дейности, обслужващи държавата.

През изминалата година в Института бе пусната в експлоатация тестова система за газови сензори Kenosistec KGAS4S като част от изграждането на Национален Център за върхови постижения „Мехатроника и чисти технологии“. С апаратурата се провеждат прецизни и високочувствителни изследвания на електричните характеристики на наноструктурирани сензорни устройства в зависимост от широк набор от параметри – концентрация, налягане, влажност, температура и за детекция на токсични газове (CO_2 , NO_2 и NH_3) с цел симулиране на реални атмосферни условия.

В Института е изградена чиста стая - висок клас (10 000) лабораторно помещение със специализирана научна инфраструктура за получаване на иновативни наноматериали. ИФТТ поддържа установка Beneq TFS 200 за атомно послойно отлагане (ALD) на оксидни тънки слоеве и апаратура Oxford Nanofab Plasmalab System 100 за плазмено стимулирано химическо отлагане (PE CVD) за синтез на графен и въглеродни нанотръби (нискоразмерни материали).

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

за партньорство с индустрията.

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

В Института работи технологична линия и измерителна апаратура за разработване и изследване/тестване на масочувствителни кварцови резонатори (QCM) за сензорно приложение в широк спектър от приложения (например газови и термометрични). Най-новото развитие на тази методология (през 2022 г.) е в контекста на репродуктивната медицина. Разработена е цялостна технологична система за анализ (базирана на QCM с интегрирани въглеродни покрития) и софтуерна обработка на данни за детайлна диагностика на мъжките гамети.

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

В ИФТТ функционира високовакуумна система за оптични покрития Symphony 9 (Tesport Optics, САЩ), с възможности за създаване на многослойни оптични структури на съвременно технологично ниво. Интерес към възможностите на системата проявяват малки и средни предприятия, работещи в областта на оптичното приборостроене, с някои от които Института има сключени рамкови договори.

Широка гама от тънкослойни покрития могат да се охарактеризират оптично с единствения по рода си в България автоматичен елипсометър тип M2000D, който позволява анализиране на проби с дебелина под 1nm. 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 спектралните характеристики на различни материали в твърдо или течно състояние.

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

По отношение на опазване на културното и историческо наследство, в ИФТТ се поддържа постоянна музейна експозиция на името на патрона на института акад. Георги Наджаков, в която се съхраняват и популяризират материали и извори за историята на физическите науки като част от Исторически обекти на Европейското физическо дружество. Петдесетата годишнината на ИФТТ-БАН е отбелязана с постерни презентации и историографски документални проучвания на периодите на развитие на Физическия институт (1946–1972). През 2022 г. колекцията и уебсайта на Музея е разширена с множество биографични материали за известни учени физици.

Най-значим проект, финансиран от национални институции и индустрия

Договор Д01-401 **ELI ERIC BG** за научно изследователска инфраструктура "Екстремна светлина" ИФТТ-БАН е съизпълнител, доц. д-р Т. С. Петров е ръководител на екипа от ИФТТ-БАН.

През средата на първото десетилетие на 21 век в Европа се заражда идеята да се създаде международна структура за изграждането на авангардни лаборатории в областта на лазерната техника и квантовата електроника - ELI "Екстремна светлина" (Extreme Light Infrastructure). Това е нова научноизследователска инфраструктура от общоевропейски интерес и част от Европейската пътна карта (ESFRI). Основните научни лаборатории на ELI са разположени в Чешката република, Унгария и Румъния. В настоящият момент те са в последен етап на изграждане. Тези лазерни съоръжения имат за цел създаването на високоинтензивни лазерни импулси, с възможности за изследване на процеси като управляем термоядрен синтез и генерация на електрон-позитронни двойки от насрещни лазерни снопове.

С цел участието на България и български изследователски центрове в този европейски проект бе създаден консорциум от научни организации и университети, които са водещи в изследванията по лазерна физика в България. Това са Институт по електроника - БАН, Физически факултет на Софийски университет "Св. Климент Охридски" и Институт по физика на твърдото тяло - БАН.

Участието на България чрез този консорциум в ELI като паневропейска изследователска инфраструктура ще допринесе за нейната роля като активен член и бъдещ ползвател на оборудването, както и за дооборудване на българските лаборатории, ползващи мощни оптични полета, с цел и в България да се подготвят и провеждат експерименти от различни научни институти от страната и от държави в Западните Балкани.

Очаквани резултати:

Създадената научна мрежа (национална и международна) ще даде възможност на всеки от партньорите в консорциума да увеличи възможностите му за участие в по-големи проекти на Европейско ниво, както и ще допринесе за разширяването на международната инфраструктура в сферата на ELI. Това от своя страна ще изведе България на равни позиции с водещи европейски страни по отношение на научните изследвания в Европа. Развитието на инфраструктура в областта на лазерната физика неминуемо ще привлече и бизнеса, което ще разшири все още тънката връзка Наука-Бизнес в България, а в дългосрочен план ще допринесе за един допълнителен доход на участващите в българския консорциум институции след приключването на ELI. Използването на модерна апаратура от българските учени в други страни участнички в международната инфраструктура дава възможност за нови по-качествени научни експерименти.

ЛАБОРАТОРИЯ НА ТЕРИТОРИЯТА НА ИФТТ

На територията на ИФТТ е изградена съвременна технологична лаборатория на основата на индустриална лазерна система, генерираща субпикосекундни лазерни

импулси при различни режими на работа в зависимост от нуждите на процеса на обработка при различни материали. Лазерът генерира импулси с енергия 1mJ, при продължителност на импулса от 170 fs до 20 ps и честоти от 1 Hz до 200KHz. Лазерът може да генерира лъчение на фундаменталната си дължина на вълната, втората хармонична и третата хармонична. Системата е оборудвана с необходимия скенер и ХУ – масичка позволяващи необходимата точност за микро- и нано- обработки. Лабораторията има и необходимата изследователска апаратура за наблюдение и анализ на обработените образци, за контрол режимите на лазера и др. Съгласно програмата на инфраструктурният проект се предвижда да се реализира компресия продължителностите на генерираните лазерни импулси, и така да бъдат разширени възможностите на системата по отношение на качеството на обработка.

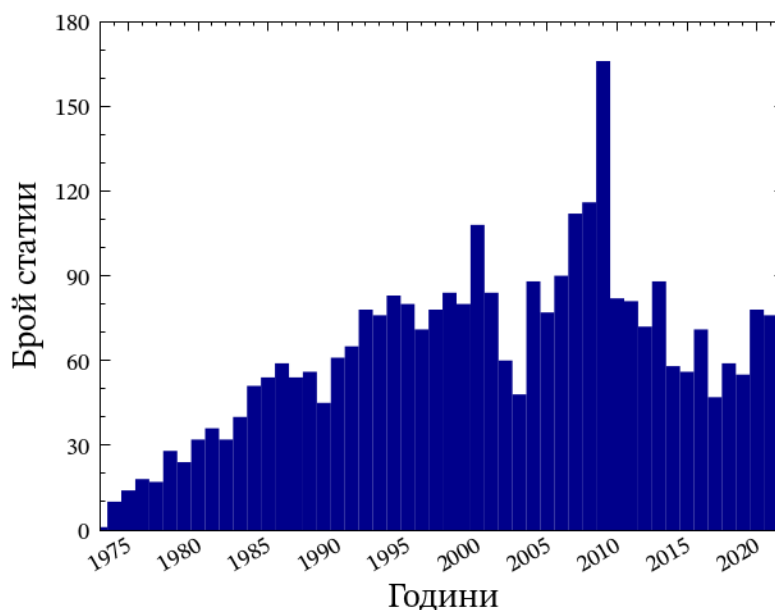
До настоящият момент, през изминалата година са изследвани взаимодействия на лъчението с широкозонни полупроводници, аблация на мултикомпонентни вафери, както и определяне нелинейните свойства на различни оптично прозрачни материали.

2. РЕЗУЛТАТИ ОТ НАУЧНОИЗСЛЕДОВАТЕЛСКАТА ДЕЙНОСТ НА ИНСТИТУТА ПО ФИЗИКА НА ТВЪРДОТО ТЯЛО ПРЕЗ 2022 Г.

През 2022 година, резултатите и постиженията от научната дейност на служителите на ИФТТ са публикувани в общо 112 научни труда и глави от книги, някои от тях в престижни международни издания с висок импакт фактор, като Chaos, Solitons and Fractals (IF: 9.9), Physical Review Letters (IF: 9.1), Opto-Electronic Advances (IF: 9). Наукометричните данни са представени в табличен вид както следва:

Разпределение на научните трудове по данни от системата Sonix	2021	2022
Общ брой на публикуваните научни статии	151	112
Публикации в базите данни за научна информация WoS и SCOPUS	123	93
Q1	31	30
Q2	30	23
Q3	6	13
Q4	34	8
Глави от книги	1	2
Статии само с импакт-ранг	6	15
Индексирани в WoS и SCOPUS (Без JCR или SJR)	11	4
Цитати в WoS или Scopus	1764	1644
Рецензиране на статии	63	42

На следващата графика е показана хронологията на публикационната активност на учените от ИФТТ по години.



Хронология на общия брой публикации на учените от ИФТТ по базата данни на научна информация SCOPUS.

2. РЕЗУЛТАТИ ОТ НАУЧНОИЗСЛЕДОВАТЕЛСКАТА ДЕЙНОСТ ПРЕЗ 2022 г.

Направление „ТЕОРИЯ“

Едно-йонните молекулни магнити, които притежават енергетична бариера, определяща динамиката на магнитният им момент, са сред най-привлекателните наномангнитни системи, както за теоретиките, така и за експериментаторите в съответната научна област. Благодарение на уникалните си анизотропни свойства и фина структура на енергетичния спектър те продължават да впечатляват и привличат вниманието на изследователите в областта вече повече от две десетилетия. Тези едно-йонни молекулни магнити се нареждат сред едни от най-обещаващите кандидати за проектиране на бъдещите квантови технологии.

Направен обзор с анализ на постиженията през последните две десетилетия при синтеза на 3d и 4f едно-йонни молекулни магнити, който бе с фокус върху изследванията на едно-йонни молекулни магнити, притежаващи изключително голяма енергетична бариера, бавна магнитна релаксация и висока блокираща температура. Паралелно с това са изучени и описани съответните магнито-структурни зависимости, лежащи в основата на анизотропното им поведение. Дискутирани са и фундаменталните теоретични аспекти, изясняващи сложното поведение на тези наноразмерни магнитни единици. Това включва анализи на ключови понятия като разцепването на енергетичните нива в условията на нулево магнитно поле, анизотропна енергия и квантово тунелиране на намагнитването. Взаимовръзката между всяка една от изброените три характеристики е внимателно проучена и описана в примери, включващи $3d^2$ и $3d^8$ едно-йонни молекулни магнити с различна симетрия на кристалното поле, със съответно V^{3+} и Ni^{2+} метални центрове. От особен интерес за проведените изследвания бе проблемът свързан със съществуването на огромно разцепване при нулево магнитно поле и гигантската магнитна анизотропия в Ni^{2+} комплексите, особено в тези с тригонална бипирамидална геометрия.

Магнитните свойства на разглежданите едно-йонни системи са пресметнати с помощта на метода на точна диагонализация. Цялостният теоретичен подход се свежда до много-конфигурационна самосъгласувана схема за пресмятане на приноса на кристалното поле, спин обменните и спин-орбиталните взаимодействия върху фината структура на съответния енергетичен спектър. Използваният метод позволява да се проследи прякото съответствие между получената фина структура и вероятността да се наблюдава всяко едно от електронните квантови базисни състояния, като по този начин се гарантира еднозначното определяне на разцепването при нулевото магнитно поле и магнитната анизотропия.

Доразвит е предложеният в предишни статии модел за описание на магнитните фазови преходи във феромагнитния свръхпроводник UGe_2 , като е отчетено влиянието на външното налягане върху преходите парамагнит – магнитна фаза със слаб магнитен момент с последващ преход в магнитна фаза със силен магнитен момент. До определена стойност на външното налягане преходът между двете подредени магнитни фази е от тип кросовър. При повишаване на налягането този преход става от първи род и фазата с голям магнитен момент изчезва. Използваният теоретичен подход за описание на тези явления е феноменологичен, като на този етап е включено влиянието на налягането само чрез зависимостта на температурата на Кюри при преход от неподредено състояние във фаза с голям магнитен момент. Направено е сравнение със съществуващия експеримент. Изчисленията показват, че за по-пълното и точно описание и сравнение с експерименталните данни е необходимо да се отчете и зависимостта на другите параметри

от налягането на разложението на свободната енергия по намагнитването. Направени са предварителни изчисления за тази зависимост, като особено внимание се обръща на коефициента пред четвърта степен по M като изследването продължава в този аспект.

Числено са изследвани няколко вида материали с цел получаване на качествена картина на тяхната структура след облъчване с тежки йони, неутрони или хелий (в рамките на достъпните в ОИЯИ експериментални условия). Изследванията са концентрирани главно върху получаване на резултати за параметрите на позитрона аниhilация. С помощта на програмните пакети ABINIT и MIKA са извършени числени пресмятания на дефекти по метода на времето на живот на позитрона в материали от типа Si, WC, WC+n%Co, след имплантация на водород/хелий. Бяха разгледани и други материали като графеново покритие на метални подложки, видия (волфрамов карбид с 6% кобалт), диволфрамов борид (W_2B), анатаза (една от фазите на TiO_2), боров карбид B_4C , както и тънки подложки от злато. Изследван бе също ZrO_2 с примеси от итрий поради потенциала му за приложение като полупроводник.

Изследвана е високо-температурна свръхпроводимост в оптимално легирани купрати. Използвайки s-d обменното взаимодействие на Шубин-Кондо-Зинер с Хамилтониана на линейна комбинация на атомни орбитали (LCAO) за CuO_2 равнината. Оценена бе анизотропията на степента на разсейване на електрони и тяхното време на живот, които са наблюдавани чрез фотоемисионна спектроскопия с ъглова резолюция (ARPES). Извършеният качествен анализ показва, че „студените петна“ отговарят на възлови области в свръхпроводящата фаза, където свръхпроводящият процеп е нула, тъй като обменното взаимодействие става нула. От друга страна „горещите петна“ и интензивно разсейване в нормалната фаза отговарят на области с максимален процеп в свръхпроводящата фаза. Получено е, че разделяма функция, постулирана в подхода на течността на Ферми към нормалната фаза, е същата функция, която е точно пресметната в рамката на s-d подхода в LCAO приближението за равнината на CuO_2 . В този контекст, поне на качествено ниво, свръхпроводящите купрати се описват с един и същи Хамилтониан, приложен към техните свръхпроводящи и нормални свойства. Приносите са: (1) Обяснена е добре известната корелация на Паварини и съавтори [Phys. Rev. Lett. 87, 047003 (2001)] между критичната температура $T_{c,max}$ и формата на Ферми контура на оптимално легирани с дупки купрати. (2) Установено е, че линейната зависимост на омовото съпротивление се дължи на вълново разсейване от термични флуктуации на плътността в слоеста система. (3) В рамките на подхода на s-d обменното взаимодействие с феромагнитен знак е предсказано разпространение на нулев звук в слоести преходни метали перовскити. Това разпространение е възможно само в близост до посоките на студените петна на нормалните носители на заряд по Ферми контура.

Изследвана е възможността за извършване на кохерентен контрол върху състоянието на кубит посредством разпространението на магнитен солитон в анизотропна верижка на Хайзенберг. Изведен е хамилтонианът, който описва взаимодействието между солитона и кубита и е показано, че при определени условия задачата за изследване на състоянието на кубита се свежда до система с две нива, чийто матрични елементи зависят от параметрите на солитона. В зависимост от вида на вълновата функция са разгледани два случая на контрол: посредством светъл и посредством тъмен солитон. Показано е, че кубитът може да бъде обърнат и/или върнат в първоначалното си състояние, но също е възможна суперпозиция от състояния „нагоре“ и „надолу“. При локално взаимодействие на кубита с най-близкия спин от верижката са изследвани два режима: на резонанс и извън резонанс. За постигането на резонанс при взаимодействието светъл солитон – кубит е необходимо да се направи фино настройване на z компонентната на взаимодействието, докато при взаимодействието тъмен солитон – кубит това не е необходимо.

Извършени са аналитични пресмятания и числени симулации с цел редуциране на необходимия брой квантови гейтове на квантовия алгоритъм за търсене със случайно придвижване върху хиперкуб при монета на придвижване състоящата се от обобщено Хаусхолдерово отражение и фазов множител. Изчисленията показват, че при избиране на подходяща фаза на монетата на придвижване, може да се избегне нуждата от строеж на маркираща монета. Тази редукция на броя гейтове променя функционалната зависимост на фазите, която би довела до по-голяма стабилност на квантовият алгоритъм, но това не се отразява на получената стабилност на алгоритъма, ако се използва коригираната зависимост между фазите.

Използван е квантов анзатц в рамките на ограничена Болцманова машина с цел изследване на процеси в системи от типа квантови спиновы стъкла в адиабатно приближение. Разгледани са проблемите на обучение, опитвайки да се опише основното състояние на квантов модел на Изинг от типа спиново стъкло в напречно поле. Получено е основното състояние на системата, използвайки точна диагонализация и намирайки оптималната ограничена машина на Болцман. Предварителните резултати показват, че за някои топологии на машина на Болцман, параметрите на системата са трудни за намиране.

Един от най-известните опити за разбирането на факта, че половината от населението на света живее в градовете и съществуващата градска сегрегация е моделът на Шелинг, който разглежда два типа агенти, местещи се в правило за определено разпределение. Проведено е изследване с цел да се разшири нашето разбиране за сегрегирани квартали в града, т.е. гетата, като се разшири моделът на Шелинг с включване на икономическите аспекти и тяхното пространствено разпределение. По тази причина е разгледана паричната разлика между двете социални групи и пет типа градски структури, дефинирани от градската карта на цените на жилищата. Резултатите показват, че размерите на гетата са склонни да следват разпределение на степенния закон във всички разглеждани случаи. За всяка градска рамка взаимодействието между икономическите аспекти и геометричните характеристики определя местоположението, където гетата достигат своя максимален размер. Първите стъпки на системата оформят до голяма степен окончателния облик на града. Освен това коефициентите на сегрегирано население зависят до голяма степен от паричната разлика, а не от типа град, което предполага, че гетата могат да се адаптират към различни градски рамки.

Сегрегацията засяга милиони градски жители. Основният израз на тази реалност е създаването на гета, които са градски части, характеризиращи се с комбинация от характеристики: нисък доход, ниско културно ниво. Моделите на сегрегация обикновено се дефинират върху решетки. През последните години обаче фокусът се измести от тези нереалистични рамки към други среди, дефинирани чрез географски информационни системи (ГИС) или мрежи. Въпреки това всеки един от тях има своите недостатъци: ГИС изисква данни с висока разделителна способност, които не винаги са налични, а мрежите обикновено имат ограничени приложения в реалния свят. Проведени са изследвания с цел да се запълни празнината между тях. Първо е използвана основна ГИС информация, за да се дефинира мрежата и след това е приложен разширен модел на Шелинг върху нея. В резултат на това е получено местоположението на гетата. След това е извършен анализ кои части от града са сегрегирани, прилагайки пространствен анализ и машинно обучение, като са сравнени всички получени резултати. За казуса от Вашингтон, окръг Колумбия е получена е 80% точност.

Анализът на еволюцията на мрежи, чиито връзки са положителни или отрицателни, представляващи противоположни взаимоотношения като приятелство и вражда, е особено полезен в социологически контекст. Използвайки голям набор от данни, съдържащ последните два века държавна геополитическа информация (корелациите на конфликтите между война и съюз), е представен подход за машинно обучение за прогнозиране на

мрежовата динамика. Комбинацията от геометрични, както и информационно-теоретични мерки за характеризирание на получените дискретни времеви редове, заедно с метода на машинно дълбоко обучение, са използвани за генериране на модел, чиито прогнози са точни в няколкото дни в два века на международни отношения, когато типичните стойност (т.е. Съюз или Неутрален) се промени на война или конфликт. С други думи, моделът може да предвиди следващото състояние на мрежата с вероятност за грешка, близка до нула.

С помощта на софтуерния LAMMPS за изследване на свойствата на материалите е извършено компютърно моделиране на процеса на взаимната термализация на спиновата и решетъчната подсистеми в обемноцентрирана Fe решетка при $T=300$ K. Хамилтонианът на системата включва механичен потенциал и обменно магнитно взаимодействие. Диагонализацията на тази матрица дава спектъра на фононите на Fe в трите основни кристални направления [100], [110] и [111]. Наблюдава се много добро съгласие между изчисления и експериментално определения закон на дисперсия на фононите. То се отнася към всички кристалографски направления и малки до средни значения на вълновото число. Разликата между изчисленията на дисперсионната крива за фононите и експерименталните данни, наблюдавана в края на зоните, се дължи на анхармоничните ефекти. Наблюдава се изразено влияние от магноните върху фононния спектър в желязото.

Направление „ФУНКЦИОНАЛНИ МАТЕРИАЛИ И НАНОСТРУКТУРИ“

Способността да се контролира ориентирането на спиновете на зарядоносителите в произволни посоки е основна цел в спинтрониката. Феноменът на взаимното преобразуване между заряд и спин (CSI) зависи силно от симетрията. Системите с намалена кристална симетрия позволяват анизотропен CSI ефект с неконвенционални компоненти, където зарядните и спиновите токове и спиновата поляризация не са взаимно перпендикулярни един на друг. Демонстрирано е експериментално, че CSI в системата графен-WTe₂ генерира спинове с компоненти във всичките три пространствени посоки. Чрез експерименти с многотерминална нелокална спинова прецесия и със специфични ориентации на магнитни полета е показано, че е възможно да се отграничи CSI от спиновия ефект на Хол и обратните спин-гальванични ефекти.

Синтезирани са непрекъснати слоеве и отделни клъстери от волфрамов диселенид. С оптична микроскопия и картографиране чрез атомно-силова микроскопия се откриват изолирани люспи с различни форми, концентрирани главно близо до краищата на подложката, които са склонни да образуват клъстери и допълнително да се припокриват към непрекъснати слоеве, в посока към централната част на подложките. Рамановата спектроскопия и фотолуминесцентните измервания потвърдиха съществуването на атомно тънки люспи и непрекъснати слоеве 2H-WSe₂. Измерените волт-амперни характеристики показват омово поведение, което предполага неограничени перспективи за интегриране на

Тънки AlN филми са израстнати в Vapeq TFS-200 реактор за атомно послойно отлагане (ALD). TMA (триметилалуминий) и NH₃ са използвани като прекурсори. Температурата на субстрата е 330 °C, броят на ALD циклите - 550. Дозирането с TMA и от 2-s и 9-s продухване с азот. За да се проучи морфологичната еволюция на тънките AlN филми, бяха използвани субстрати, осигуряващи различна повърхностна кинетика: Si-face и C-face на 4° спрямо оста и по оста 4H-SiC, и графен, израстнат върху 4H-SiC чрез сублимация. Както беше показано с атомно-силова микроскопия (AFM), най-ниската RMS грапавост на повърхността от около 0.8 nm е за AlN филма, отложен върху Si-лицето по оста 4H-SiC поради по-високата му повърхностна енергия, която осигурява по-добро

зародишо-образуване. Химичният състав и състоянията на свързване са изследвани чрез рентгенова фотоелектронна спектроскопия (XPS). Наличието на AlN е потвърдено от XPS пикове на Al 2p и N 1s съответно при около 73.3 eV и 396.6 eV. Тези резултати са обещаващи с оглед на по-нататъшни изследвания на свойствата на тънки AlN филми за приложение в устройства с повърхностни акустични вълни (SAW).

Изследван е биогенен материал получен от неутрофилни желязообразуващи бактерии от рода *Leptothrix*, култивирани в изкуствено създадена среда. В жизненият си цикъл, като отпадъчен продукт тези бактерии образуват кухи тръби със сечение от стотици нанометри и дължина от порядъка на микрони. За характеризиране са използвани оптична микроскопия и сканираща електронна микроскопия. С цел да се демонстрира важната роля на бактериите в трансформацията на Fe^{2+} , рентгеновият дифракционен спектър е сравнен с този на контролна проба несъдържаща бактерии. За разлика от биогенния продукт, където присъстват наночастици от лепидокроцит, в контролната проба без бактерии, не са открити следи от стабилен еднофазен железен оксид или оксихидроксид. Бяха проведени измервания на ефекта на магнитострикция (4.2 K и 100 K), за да се изследва как различното магнитно поведение при температури под и над температурата на Neel (50 – 77 K) може да се използва при възможни приложения на материала в задвижващи и сензорни устройства. Наблюдава се положителен магнитострикционен ефект от порядъка на 10^{-5} , като ефектът е по-силен при по-ниска температура. Разбирането на структурните и магнитните свойства на нетоксичните наноразмерни частици железен оксихидроксид, получени по биологичен начин, е важно за фундаменталните изследвания, но също така може да предложи развитието на практически приложения в електрониката и биотехнологиите.

Представено е теоретично и експериментално изследване на терагерцовата (THz) проводимост на графен върху подложки с метална основа. Изведени са аналитични уравнения за общия проблем с наклоненото падане на THz лъча в спектроскопия с настройка във времева област (TDS), работеща при отражение. Записаните сигнали във времева област се обработват след това, за да се определи дебелината на подложката, неговата диелектрична честотна дисперсия и сложната графенова честотна дисперсия на проводимостта, която се описва от обобщен модел на Drude-Smith. Методът е тестван върху две проби от графен, отложен с химическо отлагане от газова фаза, пренесен върху полиетилен терефталат и циклоолефинови полимерни подложки с дебелина под милиметър и характеризирани чрез Раманова спектроскопия. Като работи само с амплитудните спектри, предложеният метод избягва проблемите, произтичащи от фазовите неопределености, които обикновено засягат TDS измерванията в режим на отражение. Възможна е бърза, неразрушителна характеристика на графенови листове, директно интегрирани в производствения поток на графено-базирани пасивни или активни компоненти, използващи резонансни кухни с метална основа, като THz абсорбери, метаповърхностни лещи или вълново пропускаща антени.

Изследвани бяха проби от предимно еднослоен графен израстнат по CVD метод върху Cu фолио по отношение на силата на свързването Cu-графен и окисляването на Cu до Cu_2O като начин за неговата релаксация. Корелиращи резултати бяха получени от Раман и XPS характеристика и елипсометрия. Открива се силно свързване на Cu-графен върху неокислените Cu зърна и постепенно освобождаване на това свързване по линията на „деформация“ без значителни допингови ефекти. Получените данни са сравнени с Рамановия сигнал на графен след трансфер върху стъклена подложка, където графенът е освободен от сложното взаимодействие с Cu катализатора. Нашите елипсометрични резултати от системата Cu/ Cu_2O /графен дават оценка за типичната дебелина на образуващия се оксиден слой, която варира от дробни части на нанометър до 6-7 nm. Потвърждава се, че в случай на поликристално фолио окисляването на медта до Cu_2O под

графеновия слой е селективно към ориентацията на зърното, като (001)-ориентираните зърна са най-устойчиви и (011)-ориентираните са най-податливи на окисляване. От визуализация на графенови зърна чрез покритие от течен кристал се установява, че графенът, израстнат върху електрополирано Si фолио, съдържа по-големи зърна с по-ниска плътност на дефектите отколкото при фолио без предварителна обработка.

Нанofilми от двуалуминиев триоксид (ALO) бяха израстнати върху Si, Cu и графен/Cu субстрати чрез атомно послойно отлагане (ALD). Триметилалуминий (TMA) и дейонизирана (DI) вода бяха използвани като прекурсори за ALD процеса. За да се получи ALD температурен прозорец за гореспоменатите прекурсори, ALO нанofilми се отлагат върху Si субстрати при температури в диапазона от 50 °C до 300 °C. Въз основа на елипсометрични измервания на дебелината на филмите, скоростта на растеж на получените ALO филми беше между 1.15 Å/цикъл и 1.25 Å/цикъл. Елипсометричните и XPS анализите показват, че оптималната температура на растеж за ALO филми е между пари (CVD), беше покрит по ALD метода с ALO нанofilм. Раманова спектроскопия беше използвана за характеризиране влиянието на отлагането на ALO филми върху графеновия слой. Филмите ALO в пробите ALO/графен/Cu са еднакви и гладки, както се вижда от спектроскопска елипсометрия и освен това се наблюдава повишаване на Рамановия интензитет за всички графенови спектрални ивици. Графенът в пробите ALO/графен/Cu запазва доброто си качество; по този начин получената хетероструктура може да се разглежда като перспективен кандидат за шаблон за трансфер на графен.

Изследвана е стабилността на електро-транспортните характеристики на Fe-базиран свръхпроводник преди и след седем годишен период на съхранението му при естествени условия. Устойчивостта на свръхпроводимите материали във времето е съществена от гледна точка на силнотоките практически приложения. Сравнителният анализ на промените в резистивния преход на FeSe (стопилков) образец в температурния интервал 4.2-300K показва деградация на параметрите и механизмите на свръхпроводимостта, свързана с формирането на дефекти в материала.

Изследвани са ефектите на захват в кондензаторни структури предназначени за създаване на енергонезависими памети със захват на заряд. Помнещите клетки са изпълнени на основата на $\text{HfO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ наноламинатни многослойни диелектрици получени чрез атомно послойно отлагане. Разгледани са варианти на “помнещите” кондензатори с две дебелини на тунелен SiO_2 – 2.4 и 3.5 nm. Показано е, че използването на 3.5 нанометров тунелен SiO_2 осигурява по-голяма плътност на захванатия положителен заряд в стека захващане на електрони в тях) силно зависи от концентрацията на електрони в приповърхностния слой на p-Si подложка. При висока концентрация на електрони (осигурявана чрез осветяване на образца), импулс напрежение с продължителност 1ms осигурява плътност на захванатия отрицателен заряд около 60% от стойността получаваема с 10 сек импулс, при който се получава насищане на захвата поради запълване на уловките. Без осветяване количеството електрони, които могат да бъдат инжектирани в диелектричния слой, се определя от скоростта на процесите на термична генерация и рекомбинация в приповърхностната област на p-Si. Тъй като тези процеси са бавни при стайна температура, то за запълване на съществуващите уловки са необходими импулси с дълги времена. Изследването на захвата на положителен заряд показва, че този процес е по-бавен от електронния захват и не зависи от осветяването на образца по време на прилагане на съответния импулс напрежение, тъй като инжектираните в този случай дупки са основни носители в p-Si. Анализирани са наблюдаваните изменения на формата на волт-фарадните характеристики (C-V) получени след захващане на положителен заряд и е

демонстрирано, че те могат да бъдат свързани с освобождаване на част от захванатите дупки в хода на измерването на характеристиките.

Извършена е оценка на пробивните електрични полета на „помнеци“ кондензатори с допълнителната термична обработка в кислород. Използвани са два метода за характеризирание на електричния пробив: стрес при линейно изменящо се напрежение и стрес при постоянно напрежение. Показано е, че при избраните параметри на слоевете изграждащи кондензатора, средните стойности на пробивното напрежение не зависят от дебелината на тунелния окис и се определят от $\text{HfO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ наноламинат и блокиращия известно увеличаване на ниско полевите пробиви. Кислородното отгряване, обаче води до увеличаване на количеството преминал през структурата заряд до нейния пробив, като този ефект е по-силно изразен за кондензатори с 3.5 nm SiO_2 . Електрическият пробив в изследваните структури е съпроводен от натрупване на положителни заряди и генерация на бързи интерфейсни състояния на интерфейса SiO_2/Si .

Проведени са елипсометрични изследвания на многослойни диелектрични структури състоящи се от 3 различни вида диелектрици: Al_2O_3 , $\text{HfO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ наноламинат и SiO_2 . Получените данни от спектралната елипсометрия са анализирани със специален алгоритъм с цел получаване на информация за индивидуалните дебелини на подслоевите определена въз основа на скоростта на отлагане. Показано е, че методът позволява ясно различаване на интерфейсите между подслоевите. Интерфейсните области са идентифицирани като състоящи се от смес от HfO_2 и Al_2O_3 с променлива по дебелината на наноламината ширина и съотношение.

Изследвани са структурните, магнитооптичните и диелектричните свойства на слоеве ZnO получени с атомно послойно отлагане (ALD) и легирани с Co, Fe и Ni в зависимост от технологичните условия на отлагането и вида на легиращия материал. Всички легирани филми демонстрират много силен магнитооптичен (МО) Kerr ефект – както магнитната коерцитивност, така и поляризационният ъгъл на Kerr са значително по-големи от тези на нелегирани ZnO слоеве. Показано е, че магнитната природа на легиращите елементи е отговорна за наблюдавания силен МО отговор, който се увеличава с нарастване броя на свободните 3d електронни спинове, т.е. в реда $\text{Ni}(\uparrow)$, $\text{Co}(\uparrow\uparrow)$ и $\text{Fe}(\uparrow\uparrow\uparrow)$. Диелектричният отговор на легираните ZnO слоеве също зависи много силно от легиращия елемент и се обяснява с наличието на няколко поляризационни механизма в слоевете. Легираният с Fe ZnO демонстрира най-силна диполна поляризация, което може да обясни наблюдаваното фероелектрично поведение в този слой. Резултатите показват, че чрез използвания ALD процес могат да бъдат получени разредени магнитни полупроводници. Легираният с Fe ZnO е особено обещаващ, тъй като демонстрира най-силния МО Кер ефект, придружен от фероелектрично поведение, т.е. би могъл да се прояви като мултифероик. Богатата гама от физични явления наблюдавани в тези наноструктурирани материали отварят нови перспективи за приложението им в съвременни електронни, спинтронни и оптични устройства.

Изследван е полевият ефект в образци от имплантиран със Si^+ йони полиметилметакрилат (polymethylmethacrylate, PMMA). Демонстрирана е възможността за формиране на проводящ канал в „йонно-имплантирания погребан“ планарен слой с дебелина от около 100 nm, изграден от нанокластеризиран аморфен въглерод. Определени са стойностите на подвижността на токовите носители, контактното съпротивление и

утечния ток през гейта в разгледаната структура на полеви транзистор реализиран с органични материали (РММА).

Проведени са изследвания, свързани с оптимизиране на почистващите свойства на мъгли за различни видове замърсители във въздуха.

Изследвана е ролята на свръхсилното магнитно поле върху кората на неутронните звезди (Уравнение на състоянието за магнетари). Направените числени симулации показват, че магнитните полета в неутронните звезди могат да бъдат толкова силни, че дори структурата може да бъде променена. Изследвани са ефектите от уравнението движението на електроните с уравнение на състоянието върху равновесния състав на магнетарната кора. Съставът на земната кора и границата, отвъд която атомните ядра се разпадат чрез неутронно излъчване, се определят числено за различни интензитети на магнитното поле. Използват се експериментални измервания за атомните маси, допълнени с теоретични маси, изчислени от ядрените модели на Хартри-Фок-Боголюбов.

Изчислени са аналитично и числено енергиите на електроните в основното състояние, масовата корекция и масовата поляризация на ниско и многозарядни хелиево-подобни йони. Двueleктронното уравнение на Шрьодингер се решава с пертурбационен подход, базиран на експлицитно корелирани вълнови функции. Изследват се корекциите, дължащи се на допълнителни измервания, разглеждат се различни подходи за процедурата за минимизиране. Получените резултати отговарят на всички физически и математически принципи и измервания.

Разработени са акустоелектронни резонансни сензори на основата на Релееви повърхнинни акустични вълни (РПАВ), чиято активна повърхност е функционализирана с еднослойни и многослойни Langmuir-Blodgett (LB) филми, оптимизирани по дебелина и плътност за детекция на летливи органични съединения. За целта са използвани единични слоеве от фосфолипид (SLP), разтворени в хексан арахидова киселина (HDAА) и хлороформ арахидова киселина (CDAА). Няколко слоя от тези съединения се отлагат един върху друг върху сензорната повърхност на 434 MHz двувходови РПАВ резонатори в LB корито, за да се изработи високочувствителна кварцова повърхнинна микровезна (QSM) разпознаваща различни органични пари. Изместването на честотата в зависимост от концентрацията на парите се установява с векторен мрежов анализатор (VNA). Изследвани са наситени пари от хексан, хлороформ, метанол, ацетон, етанол и вода след всеки отложен слой, за да се изучи поведението на внесеното затихване на QSM, натоварения Q-фактор и чувствителността към парите за да се предложи оптимален компромис между тези параметри с цел максимална ефективност на сензора в реални условия. С 2200 ppm и 3700 ppm чувствителност към хлороформ, QSM устройствата с HDAА и CDAА покрития достигат оптимална производителност съответно при 15 и 11–15 монослоя. Установено е, че оптимизирани по повърхностно налягане единични монослоеви от фосфолипидни LB филми осигуряват до 530 ppm чувствителност към пари на хлороформ с незначително увеличение на внесеното затихване и понижение в натоварения Q-фактор. Тази чувствителност към парите е по-висока от масата на самия сензорен слой, което прави SLP филмите отличен избор за QSM функционализация.

Изследвана е чувствителността на 16-MHz кварцови микровезни (QCM), покрити с имобилизирани електроомрежени аморфни влакна от титанов оксид, към различни концентрации на NO₂. Морфологията, фазата и химичният състав на чувствителния материал са определени чрез сканираща и трансмисионна електронна микроскопия с висока резолюция (SEM, HRTEM), трансмисионна високоенергийна електронна дифракция (THEED) и рентгенова фотоелектронна спектроскопия (XPS). Установени са измествания на резонансната честота на системата QCM-TiO₂ в широк интервал от концентрации на NO₂. Установени са експериментални доказателства за обратима сорбция на газ при най-ниската тествана концентрация от 50 ppm. Забелязана е допълнителна

реакция на сензора към постепенно нарастващи концентрации на NO_2 до 5000 ppm. Доказано е, че електроомрежените аморфни влакна от титанов оксид са обещаващи сензорни материали за детекция на вредни газове.

Експериментално е потвърдена възможността за изработка на свръххидрофобни покрития от въглеродни сажди, които да поддържат отскокливост на преохладени водни капки при динамичен сблъсък, дори когато твърдата повърхност е покрита със скреж (по този начин да предотвратяват и/или минимизират образуването на глазиран лед в условия на минусови температури и висока влажност на въздуха). Чрез анализ на динамиката на удар на водни капки върху две групи заскрежени покрития от сажди е показано за първи път, че застопоряването на мениска на капката към повърхността може да бъде избегнато, когато саждите са изградени предимно от макропори и кислородни функционални групи под 7 at.%. Такава повърхнинна конфигурация осигурява минимални загуби на енергия (качествено определени) веднага след динамичния сблъсък, поради пренебрежимото количество „ледени мостове“ образувани между отделните кондензати, което спомага за потискане на топлообмена на границата твърдо тяло-течност. Резултатите от това изследване представляват полезна платформа за разработка на универсални ледофобни повърхности, функциониращи при тежки експлоатационни условия.

Предложен е нов метод за разработка на икономически целесъобразни и механически износоустойчиви свръхнеомокряеми покрития от въглеродни сажди. Отлагането на сажди от горящ пламък на рапично олио върху различни синтетични тъкани и последващата им функционализация с цианоакрилатно лепило и флуоровъглеродни съединения, придава на тъканите изключителна издръжливост към механични и температурни интервенции (например, триене с шкурка, остъргване с метално острие, потапяне в течен азот ($T \sim -196^\circ\text{C}$), усукване, третиране със силна водна струя), както и подобрена пожароустойчивост, като същевременно запазва тяхната водоотблъскваща способност и олеофобност. Обработените по този начин тъкани от сажди могат да се залепят към дадена твърда повърхност и да благоприятстват за възстановяване на ~60% от първоначалната подвижност на човешки сперматозоиди след процедури по криоконсервация или да се използват като самостоятелни неомокряеми мембрани. Това изобретение може да се разглежда като първи фундаментален етап на безопасна (без странични ефекти върху човешкото здраве) интеграция на саждите в репродуктивната медицина и разработване на ново поколение криогенни и антибактериални медицински устройства.

Криоконсервацията на сперматозоиди е жизненоважна в борбата с човешкото безплодие и използването на нанотехнологии за отлагане на хидрофобни наночастици от сажди върху вътрешните стени на криовиалните съдове очертава нови вълнуващи насоки в развитието на криобиологията. Съмнения свързани с възможно вредно въздействие на този материал върху човешкото здраве поставят под въпрос практическата му приложимост, но анализът на цитотоксичността на три вида сажди от рапично олио, различаващи се по морфология, химичен състав и повърхностен заряд, показва, че тази категория въглеродни наночастици не е цитотоксична или в най-лошия случай слабо токсична спрямо мъжките гамети. Нещо повече, наблюдава се повишена прогресивна подвижност на сперматозоидите при ~50-60% от пациентите, чийто еякулат е третиран със сажди, което се дължи на възникването на електростатично отблъскване и биохимични изменения в семиналната плазма. Тези любопитни резултати откриват нови хоризонти за използване на саждите от рапично олио като средство за функционална активация на човешки сперматозоиди преди *in-vitro* оплождане.

Направление „НАНОФИЗИКА“

Получени са нанокристални тънки слоеве от ZnSe с дебелина 50, 70 и 100 nm чрез термично изпарение във вакуум, като е използвано периодично прекъсвано или непрекъснато отлагане върху подложки от Corning 7059 glass при много ниски скорости на отлагане ($V_d = 0,2$ и $0,5$ nm/s) и ниска температура на подложката (~ 20 °C). След отлагането, част от слоевете бяха отгрити при 200°C в инертна среда за 60 минути. Чрез спектрална елипсометрия бяха определени дебелините на слоевете, оптичните константи и порьозността. Резултатите от спектралната елипсометрия показват, че порьозността на периодично отложените (ПО) слоеве (22-50%) е значително по-висока от тази на непрекъснато отложените (НО) ($<10\%$). Установено е също, че независимо от дебелината на слоя при $V_d = 0,2$ nm/s, порьозността на ПО слоевете е много висока ($\sim 50\%$). Тези наблюдения са свързани с плътността на атомите, достигащи повърхността за единица време и с процесите на дифузия на атомите и зародишообразуване върху повърхността на подложката. Сравнението на експерименталните оптични спектри на пропускане със симулирани спектри на компактен слой от ZnSe показва, че пропускането на НО слоевете е много подобно на това на компактен слой, докато при ПО слоевете то зависи от порьозността им. Направено е заключение, че при $V_d = 0,2$ nm/s порите в ПО слоевете са с различни размери, като някои от тях са сравними с дължината на вълната на падащата светлина λ , докато в слоевете, отложени при $V_d = 0,5$ nm/s, които имат по-ниска порьозност, размерът на порите е значително по-малък от λ . Получената висока порьозност е предпоставка за повишаване на газовата чувствителност на слоевете и увеличава възможностите им за приложение като химически сензори.

Проведени бяха сравнителни изследвания на свойствата на две групи образци от ZnO, получени чрез използването на модифициран зол-гел метод и spin-coating техника. За получаването на първата група слоеве като комплексообразуващ агент беше използван моноетаноламин (МЕА), а за втората група - диетаноламин (ДЕА). При отлагането на слоевете беше прилагано нагряване с поток от горещ въздух непосредствено след нанасянето на разтвора на прекурсорите върху подложка от Si/SiO₂, последвано от конвенционална обработка в пещ при 140°C . Част от слоевете бяха допълнително отгрити при 400°C или 600°C . С рентгено-дифракционни изследвания беше установено, че използването на МЕА в разтвора води до кристализация на ZnO (вюрцит) при 140°C , докато слоевете, получени с използване на ДЕА, при 140°C са аморфни. С увеличаване на температурата на отгряване размерът на кристалитите нараства, като при еднакви условия на отгряване образците от групата с ДЕА са с по-малък размер на кристалитите. От данни за оптичното пропускане на слоевете във видимата и ултравиолетовата (УВ) област беше изчислена ширината на оптичната забранена зона E_g и беше установено, че и при двете групи образци повишаването на температурата на отгряване на ZnO води до намаляване на E_g (от 3.4 eV при 140°C до 2.27 eV при 600°C).

Измерена беше фотокаталитичната активност на серия образци от ZnO от всяка от двете групи по отношение на разграждането на багрилото малахитово зелено при облъчване на слоевете с ултравиолетова или видима светлина. Установено беше, че всички образци показват добра фотокаталитична активност, като успешно разграждат багрилото до шест последователни цикъла. Слоевете от втората група показаха по-високи скорости на разграждане и при двата вида осветяване. Тези изследвания са проведени съвместно с колеги от Института по обща и неорганична химия и Института по минералогия и кристалография при БАН.

Направени са елипсометрични изследвания с Woollam M2000D (193-1000 nm) на тънки слоеве от метални оксиди (ZnO и AZO) отложени чрез послойно атомно отлагане (ALD) върху подложки от силиций, за определяне на дебелините на слоевете и/или

оптичните константи. Методите на спектралната елипсометрия са използвани за оптимизация и контрол при отлагането на FeO върху Si. Изследвани са тънки слоеве от AlN, отложени чрез ALD за оптимизиране на процеса на отлагане на AlN върху SiC подложки. (Съвместна работа с колеги от ИЕ).

Изследвани са наноламинатни структури ZnO/ZnO и ZnO/Ag наночастици/ZnO, отложени чрез радиочестотно (RF) разпръскване. Показано е, че експерименталните дисперсионни криви за елипсометричните величини Ψ и Δ могат да бъдат използвани като критерий за наличието на Ag наночастици. (Съвместна работа с колеги от ЦЛСЕНЕИ-БАН).

Направление „ФИЗИКА НА МЕКАТА МАТЕРИЯ“

Продължиха изследванията на Langmuir-Blodgett (LB) филми за откриване на пари на летливи органични съединения. Електрическият импедансен отклик на фосфолипиден DPPE LB филм към метанолови пари бе изследван при стайна температура чрез прилагане на електрохимична импедансна спектроскопия (EIS). DPPE LB филми, отложени върху интердигитализирани микроелектроди, бяха изследвани при различни концентрации на метанолови пари. Резултатите показват, че промените в комплексния електрически импеданс на DPPE LB филм, дължащи се на адсорбция на молекулите на метаноловия газ, са добре подчертани. По-специално, намаляването на повърхностното съпротивление на DPPE LB филма, отложен върху интердигитални микроелектроди, може да се използва за откриване на метанолови пари. Освен електрическите импедансни характеристики на DPPE LB филма, адсорбираните молекули на метаноловия газ водят до честотно зависими вариации в неговите диелектрични свойства. Такива промени в импедансния отклик могат да се използват и за откриване на метанолови пари. Резултатите, получени от това проучване, със сигурност, са обещаващи, за което методологията ще бъде допълнително изследвана. Комбинирайки EIS и фосфолипидни LB филми, може да се разработят електрохимични биосензорни микроустройства. Освен това, измерванията на EIS могат да предоставят информация за електрическите и диелектричните свойства на фосфолипидните LB филми в тяхната плоскост, както и за тяхната промяна спрямо наличието на пари на летливи органични съединения, като метанол.

В полимерните нанокомпозитни мембрани (ПНМ), наличието на уникални интерфейси „полимер/нано-пълнител“ може да промени типа на конформация, който обикновено приемат полимерните молекули и свободните енергии, свързани с полимерните вериги, в близост до припокриващите се области. Ролята на интерфейса е свързана с мащаба на радиуса на въртене на полимерните вериги. В резултат на това възниква синергичното взаимодействие/конформация в „наноскопично ограничената междинна нанокомпозитна матрица“ и това допринася за подобряване на сегментната мобилност, поведението на релаксация, последващите термични преходи, оптични, електрически и механични свойства, които отсъстват в макроскопичния случай.

За сравнение, техниката слой по слой е една от обещаващите техники за производство на МПНКМ с подобрени термични и механични свойства. В този ред, описаното по-горе състояние на изследванията показва наличието на стимул за разработването на нови ПНМ, които да изпълнят техническите изисквания, свързани с бъдещите устройства за преобразуване и съхранение на енергия. Струва си да се спомене, че при техниката на отлагане на СПС, броят на интерфейсите „полимер/нано-пълнители“ се увеличава, което значително подобрява йонната проводимост при стайна температура; механичната стабилност; издръжливостта и способността за повече работни цикли.

Изследвани са структурата, механичните и електричните свойства на фосфатидилхолинови мембрани в присъствието на резвератрол във връзка с използването

му при превенцията на уврежданията от оксидативния стрес в човешкия организъм. Определени са степента на хидратация, модулът на еластичност на огъване на мембраната и нейният специфичен електрически капацитет. Установено е нарастване на параметъра на подреденост на липидните молекули при всички изследвани концентрации на бифенола, което подкрепя хипотезата за трансмембранната му конформация паралелно на липидните молекули и ролята му на ‘уплътнител’ на липидния бислой. Чрез анализ на термичните флукутации на формата на квазисферични липидни везикули е изследвано влиянието на резвератрола върху еластичността на огъване на мембраната. С увеличаване на концентрацията му е установено нарастване на механичната константа, като при 200 $\mu\text{mol/L}$ резвератрол е измерено близо 20%-но увеличение в сравнение със стойността на модула на еластичност на огъване в бидестилирана вода. Този резултат е в съгласие с данните от флуоресцентно-спектроскопските измервания, свидетелстващи за по-плътна опакованост на фосфатидилхолиновите молекули в присъствието на резвератрол. Получените резултати допринасят за изясняване на ефектите от взаимодействието на полифенола с липидните мембрани като полезен инструмент в разработването на приложения за медицинската химия и фармакологията.

Синтезирането на нови хеморфинови аналози чрез заместване на аминокиселинни остатъци във веригата на ендогенния хептапептид VV-хеморфин-5 (валорфин) дава възможност за модифициране на биологичната активност и морфиномиметичните свойства на валорфина. Изследвано е влиянието на валорфинови аналози върху физикохимичните свойства на липидни мембранни модели за описание на мембранно-свързаните механизми на взаимодействие на опиоидните пептиди с клетките и субклетъчните структури. Определени са структурата, механичните и електричните свойства на глицерофосфолипидни мембрани в присъствие на модифицирани валорфини с ноцицептивно действие. Установено е намаляване на модула на еластичност на огъване и нарастване на специфичния електрически капацитет на мембраната. Коефициентът на разпределение на пептидите между обемната фаза и липидния бислой е оценен чрез изотермична титрационна калориметрия. Получените резултати показват, че включването на непротеиногенни аминокиселини с различен брой метиленови групи променя афинитета на валорфините към мембраната. Най-висок коефициент на свързване към липидния бислой е установен при хеморфина, за който в предходни изследвания е доказан променлив ефект върху висцералната ноцицепция при мишки в зависимост от дозата и времето след инжектиране. От всички изследвани валорфини най-големи промени в диполния и електрокинетичния потенциал на мембраната са измерени при валорфиновия аналог с най-силно изразена антиноцицептивна активност *in vivo*.

Изследвано е влиянието на синтетичен амфифилен пептид върху физикохимичните свойства на моделни липидни мембрани във връзка с установеното в предходно изследване антимикробно и антипролиферативно действие на пептида. Чрез анализ на флукуациите на формата на квазисферични липидни везикули е определен модулът на еластичност на огъване на мембраната в присъствие на изследвания пептид и е установено намаляване на неговата стойност при определена обемна концентрация на пептида, при която е направено заключение за периферната ориентация на пептида в липидния бислой въз основа на докладваните данни и на предходни теоретични и експериментални резултати. Представена е оценка на коефициента на разпределение на пептида между водната фаза и мембраната. Получените резултати могат да бъдат полезни при разработването на нови пептид-базирани фармакологични субстанции с подобрени фармакокинетични свойства и ензимна стабилност.

Мелатонинът е естествен хормон, произвеждан от мозъка и основната му функция е да регулира цикъла сън-будно състояние, подпомага съня и подобрява неговите качества. Неговата секреция е слаба през деня, а се увеличава на тъмно. Мелатонинът е мощен

антиоксидант и спомага за унищожаването на вредните радикали в организма. В комбинация с холестерола мелатонинът често се свързва с болестта на Алцхаймер. Това са част от причините за силния научен интерес към изследванията, свързани с мелатонина и неговото влияние върху липидните системи. Използвайки метода на диференциална сканираща калориметрия е изследвано влиянието на мелатонин върху фазовото поведение на синтетична липидна мембрана в широк концентрационен интервал (0-50 mol%). Резултатите от изследването показват значително влияние на мелатонина върху фазовото поведение на системата до 30 mol% мелатонин в липидната матрица. Над тази стойност се наблюдава ефект на насищане на ефекта и над тази стойност параметрите на фазовия преход остават практически непроменени с по-нататъшно повишаване на концентрацията. Температурата на фазовия преход от гел в течна фаза се измества слабо от около 4°C за чиста липидна мембрана до около 7°C при 30 mol % мелатонин. Стойностите за енталпията на фазовия преход значително намаляват с увеличаването на концентрацията на мелатонин в системата. Използвайки метода на диференциална сканираща калориметрия, Раманова спектроскопия и моделиране посредством молекулна динамика е изследвано съвместното влияние на холестерола и мелатонина върху структурните свойства и фазовото поведение на синтетична липидна мембрана. Резултатите показват наличие на конкуриращ се ефект на двете вещества. Влиянието на холестерола върху увеличаването на съотношението транс/гош конформациите, придружено с увеличаване на дебелината на бислоя, показва, че холестеролът се вгражда и взаимодейства основно в областта на въглеродородните вериги. В допълнение е показано, че тези взаимодействия се модулират от присъствието на мелатонин, който оказва влияние върху динамиката на въглеродородните вериги.

Предвид уникалните си физикохимични свойства, златните наночастици (ЗНЧ) придобиха значителна популярност в широк спектър от биомедицински приложения като сензорика, фототермална диагностика и терапия. Стандартно ЗНЧ се синтезират чрез различни конвенционални физични и химични методи, които често използват вредни химикали, предизвикващи замърсяване на околната среда. Разнообразни техники за зелен синтез, използващи наличните естествени метаболити от растения и микроорганизми, бяха разработени като алтернативни екологични подходи. Тези технологии от една страна са безопасни за околната среда, а от друга дават възможност за производство на наночастици със значително по-ниска цена. Изготвен е тематичен обзор, в който е разгледан напредъка в методиките за синтез на златни наночастици с помощта на различни биологични ресурси, като са дадени и примери за техните биомедицински приложения. Специално внимание е отделено върху биосинтеза на ЗНЧ с помощта на различни лечебни растения и билкови продукти като са коментирани техните многофункционални антибактериални, противовъзпалителни и др. приложения.

През последните години особено внимание се обръща върху получаване и охарактеризиране с различни структурни методи на мултифункционални материали - керамики и метални сплави с цел тяхното практическо приложение.

Получени са обемни образци от системите: Y-Ba-Cu-O (с номинален състав: 123; 13-20-33) и Dy-Ba-Cu-O (с номинален състав 123) чрез твърдофазен синтез. Същите са легирани с Ag₂O и/или Fe₃O₄ нанопрах, които се внасят след втория етап от синтеза им. По литературни данни среброто се смята, че намалява поръзността и води до по-голямо образуване на проводяща фаза с орторомбична структура, докато желязото подобрява магнитните свойства на композита. Различни методи като сканираща електронна микроскопия (SEM), рентгеноструктурен анализ (XRD), енергийно-дисперсионен анализ (EDX) и магнити измервания (AC/DC) бяха използвани за тяхното изследване. Чрез XRD са изчислени обемите на кристалната решетка на чистия и легиран Dy-123 образци. Добавянето на Fe₃O₄ не води до изменение на обема на решетката. EDX и SEM измерванията разкриват, че легирането с 2 тегл.% Fe₃O₄ не възпрепятства формирането на

свръхпроводящата фаза на Dy-123, както и на BaCuO_2 и CuO фазите. На EDX се наблюдават малки количества Fe около кристалите на Dy-123, BaCuO_2 и CuO , което сочи, че добавката не реагира с другите елементи, не формира собствена фаза и не влиза в кристалните решетки на наличните фази. Разликата в изчислените от XRD резултати на кислородно съдържание на двата образца не е статистически значима. Резултати показват, че легирането с 2 тегл.% Fe_3O_4 не влияе върху свръхпроводимите свойства на обемния композитен керамичен материал.

Получените обемни образци от системата Y-Ba-Cu-O с номинален състав: 123 и 13-20-33, легирани с 0,20 wt.% Ag_2O и 0,20 wt.% нано Fe_3O_4 , са немонофазни. Регистрирано е наличието на свръхпроводимата Y123 и непроводимата Y211 фази с орторомбична структура, както и наличието на Y_2O_3 . Желязната добавка реагира с керамиката, формирайки магнитните фази BaFe_2O_4 и YFe_2O_4 , които имат положителен ефект върху свойствата на образца. Среброто е равномерно разпространено по повърхността на образца с добавка Ag_2O . BaCuO_2 фазата се наблюдава и за двата образца. Независимо от наличието на други фази в тях те са свръхпроводими и преходът е много тесен ($\Delta \sim 6$ K) за желязно дотираната Y-Ba-Cu-O система, а наличието на нови фази с магнитни свойства могат да разширят сферите им на приложение

Получените резултати от проведеното изследване показват, че добавките от Ag_2O и/или Fe_3O_4 нанопрах с ниски концентрации към $\text{Re}(\text{Y};\text{Dy})\text{-Ba-Cu-O}$ системите подобряват свръхпроводимите свойства като повишат критичната температура и критичната плътност на тока на получените поликристални обемни керамики с нееднороден състав. Наблюдава се хомогенно разпределение на желязото и среброто по повърхността им съответно.

За целите на електрохимичните приложения (като Ni-Zn батерии) експериментално проучихме електрическия импеданс на електрохимични системи (ECSs), в които анодите са получени от ZnO материал с нано размери, легиран с високотемпературна свръхпроводяща керамика $\text{Bi}_{1.7}\text{Pb}_{0.3}\text{Sr}_2\text{Ca}_2\text{Cu}_3\text{O}_y$ (B(Pb)SCCO 2212) при концентрация от 5, 7 или 10 тегл.%. Електропроводимите свойства на такива ECSs с алкален електролит се характеризират при температура на околната среда чрез измервания с електрохимична импедансна спектроскопия в честотния диапазон 0,1 Hz – 100 kHz. Оценен е ефектът от керамичните добавки върху комплексния електрически импеданс и електрическата проводимост на изследваните ECSs. Беше демонстрирано, че включването на B(Pb)SCCO 2212 HTSC керамика с концентрация 7 тегл.% в материала на ZnO анода на ECSs води до повишаване на тяхната статична (DC) електропроводимост. Освен това AC проводимостта на ECSs също е подобрена и се доближава до стойностите, съответстващи на ECSs с нелегиран ZnO анод чрез идентични геометрични конфигурации на ECSs. Тези положителни ефекти на керамиката B(Pb)SCCO 2212, наблюдавани от тестваните електрохимични системи, съчетани със значително подобрените свойства и други предимства на такива добавки към Zn активната маса на електродите правят тази керамика перспективен допинг материали за разработване на нови електрохимични системи, както и за използване в различни устройства.

Изследвани са два типа многосилови ортодонтски дъги (Tritanium®, American orthodontics; Bioactive®, GC) с размери 0,016×0,022 инча. Те са изработени от никел-титанова сплав, прилагат биологично поносими сили по дължината си, прогресивно увеличаващи се отпред назад. Фронталният дъгов сегмент разпределя най-слабата сила, премоларният – по-голяма и моларният – най-голямата. Определено е влиянието на клиничната им употреба върху морфологията и механичните свойства за периоди до и над 8 седмици. За целта бяха използвани сканираща електронна микроскопия (SEM) и триточков тест на огъване, проведен при температура от 36°C, която е близка до тази в устната кухина. Получените данни са анализирани статистически. Установи се, че за изследваните периоди, дъгите запазват свойствата памет на формата и супереластичност.

Наблюдавано бе и диференцирано приложение на сили по дължината на изследваните дъги с увеличаване в дистална посока (отпред назад). Освободените сили в трите участъка (фронтален, премоларен и моларен) се повишават с увеличаване деформацията на дъгата, т.е. при 2 мм деформация се отчитат най-големи сили, което предполага използването им при пациенти с устно дишане. Не се наблюдават статистически значими разлики. Получените резултати са от изключително значение при лечение с фиксирана ортодонтска техника.

С цел изучаване на процесите на мембранно задържане/концентриране на етанол и биоактивни вещества в реални системи, бяха проведени серия експерименти по нанофилтрация на реална система (червено сухо вино Мавруд) с Мембранна филтрационна система MaxiMem - PS Prozesstechnik GmbH и конвенционална мембрана за нанофилтрация Alfa Laval NF99HF (MWCO 300 Da). Експериментите бяха проведени при периодичен режим на работа на апарата – концентриране, в режим на охлаждане посредством термостатна охлаждаща вана Lauda Alpha RA8, с поддържане на работна температура 18-19°C. Мембранното разделяне бе проведено при следните работни параметри: трансмембранно налягане (10, 20, 30, 40, 50 бара) и тангенциална скорост 1.2 л./мин. По време на процеса на нанофилтрация бяха вземани междинни проби след всеки 30мл. пермеат, за проследяване промените в потока, задържането на етанол и анализ на ценни биоактивни вещества във виното, като се отчиташе и времето на филтруване, на всеки 10 мл пермеат. В края на експериментите се засичаха обемите на пермеата и ретентата и се извършваше пробовземане (средна проба пермеат и средна проба ретентат) за анализ на алкохол, общи полифеноли, общи флавоноиди, общи антоциани и други биоактивни вещества.

Преди и след всеки експеримент, за системата MaxiMem се прилагаше хидродинамичен режим на почистване с дестилирана вода, като при това се снемаша данни за потока през мембраната. Получените резултати показват ниско и обратимо замърсяване на мембраната, което беше оценено чрез водния поток преди и след филтруване (и измиване). Промиването с вода възстановяваше потока през мембраната, като индексът на замърсяване беше в границите 0-2% за всички серии експерименти с Alfa Laval NF99HF.

С цел ефективно извличане на етанол при максимално задържане на полезните вещества и запазване на качествените характеристики на виното, както и за придобиване на нови знания, свързани с пропускливостта и селективността на изследваните мембрани, бяха оптимизирани параметрите на мембранныя процес – налягане и тангенциална скорост във филтрационния модул. Бяха проведени серия експерименти по нанофилтруване на реална система (червено вино сорт Мавруд) при периодичен режим на работа – концентриране и следните работни параметри: трансмембранно налягане 40 бара и тангенциална скорост 0.8 л./мин., 1.2 л./мин., 1.6 л./мин., 2 л./мин., 3 л./мин. При тангенциална скорост 3 л./мин., не беше възможно пълното контролиране на параметрите на филтрационния процес, затова този експеримент не беше взет под внимание при обработката на експерименталните резултати.

Беше отчетено увеличение на пермеатния поток, при прилагане на по-високо налягане до 40 бара, като най-висок бе пермеатния поток при 40 бара. При работно налягане от 50 бара се наблюдаваше намаляване на потока на пермеата, което може да се обясни със замърсяване на мембраната. Причините за наблюдаваните резултати могат да се търсят в характеристиките на мембраната - молекулно тегло (MWCO) и хидрофилност, като по-високата хидрофилност допринася за по-слабо замърсяване.

За Alfa Laval NF99HF бе установено слабо положително влияние на тангенциалната скорост върху пермеатния поток, като ефектът е 6%, в диапазона от 1.2 л./мин. до 2 л./мин. Може да се каже, че скоростта на напречния поток ефективно влияе на процеса на филтруване, чрез намаляване на възможната поляризация на концентрацията, намаляване

на замърсяването на филтрационната мембрана и подобряване на условията за по-висок и стабилен пермеатен поток.

Като компромис между налягането и скоростта на напречния поток, от една страна, и ефективността на потока и мембранното разделяне, от друга, беше избран следният оптимален набор от експериментални условия в провежданото изследване на конвенционалната мембрана Alfa Laval NF99HF: трансмембранно налягане 40 бара, тангенциална скорост 1.2 л./мин. и температура 19°C.

В допълнение към експериментите по филтрация бяха проведени експерименти по изследване на промените в обемната морфология на Alfa Laval NF99HF, настъпили в резултат на нанофилтрация. Профилите и повърхностите на пробите бяха визуализирани в сканиращ електронен микроскоп JEOL SEM T-200 в SEI режим – изображение във вторична електронна емисия, като за повишаване на контраста и разделителната способност беше използван и манипулатора в камерата за наблюдение под ъгъл и при необходимост – ротация на пробата на определен ъгъл. В случая на изходната мембрана Alfa Laval NF99HF, структурата е изградена от пори, чиито размери се променят слабо от повърхността към обема. При условията на запис на изображенията, повърхността е гладка, което свидетелства за наличието на пори с наноразмери. В резултат на филтруването протичат процеси на съществени промени в морфологията на порите на изследваната мембрана. Наблюдава се уголемяване на приповърхностните и деформация на обемните пори на мембраните, вследствие нанофилтрацията.

С цел определяне на повърхностните свойства на избраните мембрани за извличане на ценни вещества от гроздови продукти, беше направено първоначално изследване на контактния ъгъл на повърхността на мембраните спрямо етанол, дестилирана вода и червено вино Мавруд. За целта беше използвана апаратурата за измерване на контактен ъгъл „Contact angle measurement system OCA 15 EC“, DataPhysics, Germany. Бяха извършени измервания на статичния контактен ъгъл на четири типа конвенционални мембрани: Evonik Duramem 200 (MWCO 200 Da), Alfa Laval NF 99 HF (MWCO 300 Da), Alfa Laval RO 99 (MWCO 900-1000 Da) и Microdyn Nadir NP030 P (MWCO 500 Da), при накапване с етанол, дестилирана вода и червено вино Мавруд. За всички типове мембрани, изследването на контактния ъгъл беше извършено на нови неомокрени образци, на предварително омокрени с двойно дестилирана вода образци и на използвани мембрани, след нанофилтруване (Alfa Laval NF 99 HF и Microdyn Nadir NP030 P). Анализа на получените резултати показва, че всичките изследвани мембрани, преди предварително омокряне, са свръх омокряеми с етанол. При накапване на нови неомокрени мембрани с дестилира вода, най-хидрофобно поведение показва мембраната Microdyn Nadir NP030P, (контактен ъгъл 95°), а най-хидрофилно - Alfa Laval NF99HF (контактен ъгъл 13°). Същият контактен ъгъл показва неомокрената мембрана Alfa Laval NF 99 HF и спрямо червеното вино (контактен ъгъл 13°). Сравнението на резултатите при неомокрени и омокрени за време от 24 часа с дестилирана вода мембрани показва, че предварителната подготовка на мембраните оказва съществено влияние върху повърхностните им свойства. Получените резултати дават важна информация за повърхностните свойства на нанофилтрационните мембрани, подпомагат избора на мембрани, подходящи за мембранно отделяне на етанол от червено вино и тълкуване на получените при нанофилтрацията резултати.

Направено е обобщение на наличните в литературата изследвания за приложението на полимерни мембрани при задържане и концентриране на биологично активни съединения от естествени екстракти, като е обърнато внимание на най-разпространените и използвани полимерни материали. С цел повишаване на ефективността и подобряване на пропускливостта са разгледаните мембрани, при които чрез допълнителни омрежване и моделиране на хидрофобно-хидрофилното поведение на повърхността на мембраната са определени оптимални условия на филтрация за различни изследвани вещества. Също

така са разгледани и коментирани химически стабилни мембрани, с възможност за използване в агресивни органични среди. За получаване на по-висока селективност на мембраните при определени специфични случаи на разделяне, са разгледани и обсъдени нови мембранни системи, които успешно преодоляват ограниченията на конвенционалните мембранни филтрационни технологии.

Направление „ФИЗИЧЕСКА ОПТИКА И ОПТИЧНИ МЕТОДИ“

Изследвана е ролята на наночастици от TiO_2 (с размер 10 nm) като нано-добавки за подобряване на йонната проводимост на комплексна система, съставена от полимери поли(етиленов окис) (PEO) и поли(винилпиролидон) (PVP), а също и солта NaIO_4 като донор на йони. Йон-полимерната нанокомпозитна система $\text{PEO/PVP/NaIO}_4/\text{TiO}_2$ е нова и специфична, и представлява практически интерес. На базата на този електролит, провеждащ натриеви йони, могат да се разработват многофункционални материали, напр. за ефективни Na^+ -йонни батерии, както и за приложения в органичната електроника, мехатрониката и сензориката. Определена е йонната проводимост, променливо-токовата проводимост, както и електрическият модул и диелектричната релаксация на изследвания процента. Ефектът от наночастиците TiO_2 е изследван и обяснен от гледна точка на диполната реорганизация в йонно-проводящия нанокомпозитен комплекс (и твърд полимерен електролит) $\text{PEO/PVP/NaIO}_4/\text{TiO}_2$, когато на този диелектричен материал е приложено външно променливо електрическо поле. Резултатите, получени от това изследване са от значение за получаването на нанокомпозитни полимерни електролити с подобрена йонна проводимост.

Посредством комплексна електрическа импедансна спектроскопия и диелектрична спектроскопия в диапазона от 1 Hz до 1 MHz са характеризирани образци от йонно-проводящи композити, синтезирани от поли(етиленов окис) и нематичен течен кристал E8. Получените експериментални данни са обработени и анализирани, резултатите са обяснени. Определена е йонната проводимост, както и честотната зависимост на комплексния електрически модул и на диелектричната проникваемост на гъвкави тънки филми (с дебелина 150 μm) от PEO/E8 композити (в композиционно съотношение $\text{PEO:E8} = 70:30 \text{ wt\%}$). Тези филми са изследвани в зависимост от температурата в интервала 25 – информация за процесите на диелектрична релаксация, свързани с електрически-командвани приложения на полимер/течно-кристалния композит PEO/E8 като диелектрик от мека материя. Установена е релаксацията на проводимостта, която има важна роля за йонния транспорт, повлиян от приноса на полимерната сегментна релаксация в PEO/E8 композита. Определените диелектрични свойства и ключови характеристики, както и тяхната температурна зависимост, са от практически интерес за приложение на меко-твърдите композити PEO/E8 . Получените резултати показват, че изследваният йонно-проводящ диелектричен материал е обещаващ за практически приложения в молекулната електроника и гъвкавата органична електроника, както и за диелектрични устройства, ползвайки уникалните свойства на нематичните течни кристали при въздействия на електромагнитно поле. Чрез въвеждане на гъвкави проводящи електроди, PEO/E8 гъвкавите тънки филми могат да бъдат интегрирани в разнообразни електрически/оптични/ електрооптични/ оптоелектронни гъвкави устройства, широко използвани понастоящем.

С оглед на практическото им приложение като биосензори, и по-точно детектори за опасни за здравето летливи органични съединения, е изследван ефекта от въздействието на такива пари (на метанол или ацетон) върху предварително подготвени нано-тънки (3–6

nm) фосфолипидни Лангмюир-Блоджетови (LB) филми. Такива филми, съдържащи фосфолипид Dipalmytoyl Phosphatidyl Ethanolamine (DPPE), отложени върху интердигитални микроелектроди върху кварцови подложки, са характеризирани посредством комплексна електрическа импедансна спектроскопия. Измерени са импедансни спектри на DPPE LB филми за различни концентрации на изследваните съединения в газова фаза, в диапазона от 80 до 420 mg/dm³, при стайна температура. Получените електрически характеристики на филмите в честотна област от 0.1 Hz до 1 MHz са анализирани и интерпретирани. Установен е ефекта от сорбцията на парите на изследваните съединения върху реалната и имагинерна части, модула и фазата на комплексния електрически импеданс, както и върху електрическата проводимост на DPPE LB филмите, за различни концентрации на парите. Преценена е възможността за детекция на изследваните пари, както и за определяне на концентрацията им с нано-тънки DPPE LB филми и приложената техника за регистрация. Определена е границата за детекция за конкретния случай на приложение на импедансната спектроскопия и интердигитални микроелектроди.

Изследвани са флуоресцентните свойства и поведението на фото-превключване на нови синтезирани производни на спирооксазини в разредени разтвори (10⁻⁴–10⁻⁵ M), при фотовъзбуждане с непрекъсната светлина с нисък интензитет (1–10 mW/cm²) в UV спектралната област, както и чрез облъчване със светлина в червената област на спектъра. Фото-индуцираната флуоресцентна емисия от изследваните разтвори е в зелената спектрална област. Определена е най-благоприятната дължина на вълната на облъчващата UV светлина, за да се постигне оптимално фотопревключване на флуоресценцията. Установено е, че взаимодействието на спирооксазините с Mg²⁺, Ca²⁺, Cd²⁺, Zn²⁺ или Pb²⁺ йони води до образуването на метало-органични координационни комплекси с мероцианинова форма. В резултат на това спектрите на флуоресценция на тези фотохромни съединения в разтвор значително се променят. Получените фото-физични характеристики са полезни за изясняване на фото-химичния механизъм на фото-трансформациите на участващите молекулни конформери, което позволява различни техни фото-контролируеми приложения. В допълнение към оптичното характеризиране на изследваните производни на спирооксазини и техните комплекси с метални йони, са извършени квантово-химични изчисления за оптимизиране на електронната и стереохимична структура на спирооксазиновите съединения, и съответно – за оптимизация на техния синтез. За целта, експериментални FT-IR спектрални данни са сравнени с резултати за вибрационни спектри на инфрачервено поглъщане, получени чрез квантово-химични изчисления за молекулните конформери. Резултатите показват, че чрез специфична структурна модификация на изследваните производни на спирооксазини, тяхната флуоресценция и ефективност на фото-превключване могат да бъдат подобрили.

Изследвана е нано-структура, получена в близката до повърхността област на полимер полиметилметакрилат (PMMA), имплантиран със силициеви (Si⁺) йони при ниска енергия (50 keV) и доза на облъчване 10¹⁶ йона/cm². Чрез контролирана локална химическа модификация в дълбочина 150 – 200 nm, в PMMA бе създадена нано-тънка двуслойна конфигурация, състояща се от йонно-модифициран слой и йонно-имплантиран слой с въглеродна нано-структура. Посредством електрически измервания е определена транс-проводимостта на такава сложна нано-слоеста конфигурацията на органичния материал в Si⁺-имплантирания PMMA. Формираният йонно-имплантиран планарен слой (канал с дебелина около 100 nm) от нано-кластерен аморфен въглерод като органичен полупроводник, дава полеви ефект в йонно-имплантирания PMMA. За такава конфигурация на органичен полеви транзистор са определени стойностите на ключови параметри, като мобилност на носителите на заряд, контактното съпротивление и тока на утечка, които са от научен и приложен интерес.

В групата по „Оптика и спектроскопия на термотропни течни кристали“ са приготвени образци на графенови слоеве посредством химическо отлагане на пари (CVD) върху медно фолио. Получените проби са изследвани с Раманова спектроскопия, елипсометрия и рентгенова фотоелектронна спектроскопия. Подробно е изучена релаксацията на силната връзка Си-графен с течение на времето. Изследвани са ефектите от повърхностната ориентация на Си и степента на окисление, както и от предварителна обработка на фолиото върху качеството и Рамановия отзвук на израстнатите графенови слоеве. Получените данни се сравняват с Рамановия сигнал на графен след трансфер върху стъклена подложка, разкривайки сложното взаимодействие на графена с Си катализатора. За да илюстрираме допълнително ефекта от електрополирането, ние визуализираме домейните в графеновите слоеве, отложени върху електрополирано и върху необработено Си фолио с помощта на нематичния течен кристал E7. При наблюдаване с оптичен микроскоп, в режим на отражение, при кръстосани поляризатори, на течнокристалната текстура, получена при графен с E7, поради нематичното подреждане, картината преминава от тъмно в светло състояние при завъртане на 45° на образца. Тъй като графеновият слой се състои от зърна с различна кристалографска ориентация и всяко зърно налага собствена подредба на течния кристал, чрез π - π електронно взаимодействие, по този начин могат да се визуализират различни графенови зърна. От визуализация на графенови зърна чрез покритие от течен кристал се установява, че графенът, отложен върху електрополирано Си фолио, показва по-големи зърна с по-ниска плътност на дефектите отколкото при фолио без предварителна обработка. Изследвахме теоретично и експериментално приложението на холестерични течнокристални структури за повърхностно плазмонно възбуждане, фокусирайки се върху различни режими на разпространение на нормални моди в холестеричния течен кристален слой.

Нанокмползит, изграден от водородосвързан димер течен кристал 4-хептилоксибензоена киселина (7OBA) и графенов оксид (GO), проявяващ серия от фазови преходи и фази, които не са типични за чистия 7OBA, беше изследван чрез оптичен поляризационен микротекстурен анализ и раман спектроскопия. Използваме нанокмползита 7OBA/GO поради ефективните функционализиращи свойства на GO, за да изследваме генерирането и развитието на фероелектричната смектична C_G фаза в нейната двойнонаклонена структура. За появата на C_G фазата с нейните подструктури предлагаме обяснение, основаващо се на образуването на водородни връзки между 7OBA димери в затворени и отворени конформации и GO листовите, подпомогнати от π - π взаимодействието с графенови хексагони, които са свободни от функционални групи. Предложихме молекулярни и макроскопични модели за субструктурите C_{Gel} и C_{Gln} и посочваме тяхната триклинна C_1 симетрия, характеризираща се с полярен вектор, с наклон спрямо слоевете. Това потвърждава, че двойнонаклонената C_G и нейните подструктури са фероелектрични в по-голямата си част подобно на твърдите фероелектрици, като по този начин показват потенциал като материал за контролируеми фотонни функционални устройства.

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

Усвояват се многослойни покрития за видимата и близката УВ област – антирефлексни и огледални чрез използване на устойчиви окиси – ZrO_2 , TiO_2 , Al_2O_3 и SiO_2 . Разработват се спектрофотометрични методи за определяне на оптичните константи на

тънките слоеве. Изследва се чувствителността на многослойните покрития от точността на определените оптични константи и технологичните параметри.

През 2021г. доказахме съществуването на стабилни дисипативни светлинни структури ограничени както в пространството така и във времето в резонатор с нелинейна Кер среда и оптична инжекция. Тези три-размерни (3D) локализирани структури се явяват като стационарни състояния в референтна рамка движеща се с груповата скорост на светлината в резонатора. Тези изследвания бяха продължени през 2022 г. като е изследвана допълнителна степен на свобода: поляризацията на светлината. Демонстрирахме теоретично съществуването на „дишащи“ дисипативни 3-размерни солитони (с променящи се с времето амплитуда, ширина и поляризация). Пространствено времевата динамика е описана чрез параметрите на Стокс и оптичните им спектри.

Изследвано е формирането на тъмни векторни дисипативни солитони. Стабилизирането на тъмните солитони се дължи на заключване на фронт на превключване в бистабилен режим. В тристабилен режим на хомогенното решение два клона на локализирани решения могат да съществуват при еднакви параметри на системата. Тези съ-съществуващи решения са с различна максимална интензивност и поляризационно състояние. Построена е бифуркационна диаграма в режим далеч от модулационна нестабилност.

Изследвани са също свързани двоелъчепречупващи резонатори с нелинеен Кер материал. Тази система се описва със дискретни уравнения на Лужато-Лефевеър свързани с крос-фазова модулация и прекриващите интегрални на полето в съседни вълноводи. Демонстрирано е, че тази система поддържа дискретни векторни локализирани светлинни структури. Разгледани са случаите на аномална и нормална дисперсия и съответно, на светли и тъмни дискретни 3-размерни солитони. Поради поляризационната мултистабилност съществуват 3D солитони с преобладаваща линейна или кръгова поляризация. Също така е демонстриран оптичен пространствено-времеви хаос при увеличена оптична връзка между резонаторите.

За да се демонстрират експериментално тези теоретични резултати създадохме лазерна установка с полупроводников чип на квантови ями с вертикално излъчване и външен резонатор (т.н. ВЕКСЕЛ) като едното огледало е с насищаем поглъtitел. Постигнато е генерирането на модово-заклучени импулси с тази установка. Изследвахме експериментално поляризационната динамика на тези импулси и установихме, че нормализираните параметри на Стокс и степента на поляризация са динамични променливи като достигат екстремални стойности при максимална интензивност на импулсите. Експериментът ни показва, че светлината е елиптически поляризирана, като е възможно да съдържа както лява така и дясна кръгова компонента в зависимост от ориентацията на насищаемия поглъtitел.

Изследвана е експериментално нелинейната поляризационна динамика на VCSEL с ортогонална оптична инжекция на честотен гребен (frequency comb). Демонстрирана е генерацията както на честотен гребен със същата поляризация както инжектирания, така и на два гребена с взаимно ортогонална поляризация. Тези експериментални резултати са обяснени със спиновия модел на полупроводникови квантови ями.

С помощта на структурни (рентгеноструктурен анализ и абсорбционна ИЧ спектроскопия) и оптични методи (оптична микроскопия и модова спектроскопия) е извършено комплексно изследване на влиянието на предварителното отгряване върху формирането на протоннообменни планарни вълноводи в X-срез литиев ниобат. Установено е, че предварително хомогенизиращо отгряване води до намаляване на деформациите и плътността на дислокациите в огретите протоннообменни вълноводи. Показано е, че структурно-фазовите трансформации в процеса на отгряването след протонния обмен протичат по-бързо при предварително огретите подложки. Получените

резултати допринасят към разбирането на процесите, протичащи по време на протонния обмен и отгряването след него в зависимост от състоянието на повърхността на кристала. Те са важни за производството на фазови и амплитудни модулатори със стабилни характеристики на основата на литиев ниобат, намиращи приложение при системите за навигация, телекомуникациите и сензорите.

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

Създадена е и е изследвана уникална лазерна система генератор–усилвател, излъчваща дифракционно ограничено лазерно лъчение ($M^2 = 1$) в средната инфрачервена спектрална област с рекордно висока средна лазерна мощност 14 W, като времето на живот на лазерните тръби надвишава 500 часа, което е типично време на живот за лазерни тръби от фирми производители. С параболично късофокусно огледало са преодолени сферичните аберации и за първи път са пробити кратери с диаметър и са изрязани канали с ширина от порядъка на дължината на вълната (6.45 μm). Извършена е прецизна микрообработка (пробиване, рязане, заваряване и др.) на редица материали, такива като оптически кварц, сапфир, неръждаема стомана, полимери и животински кости. Напълно са срязани са 2-mm оптичен кварц и 0.6-mm сапфир с многоконтурен трепънинг. Получено е за първи път дифракционно ограничено ($M^2 = 1$) лазерно лъчение с дължина на вълната 6.45 μm на самоограничен преход на метал с плосък-плосък устойчив резонатор вместо с неустойчив резонатор с определено увеличение M от положителния или отрицателния клон.

Разработена е и е изследвана нова значително подобрена лазерна система генератор–усилвател, генерираща дифракционно ограничено лазерно лъчение ($M^2 = 1$) на атомните линии на медта 510.6 nm и 578.2 nm. Най-високото качество на лазерно лъчение метали, е потвърдено чрез детайлно изследване на разходимостта на лазерното лъчение, използвайки два независими метода. За твърдотелните лазерни системи, произвеждани от водещи компании и генериращи Гаусов сноп TEM_{00} , M^2 е в диапазона 1.05–1.3. При фокусиране е получена плътност на лазерната мощност, надвишаваща 1 $\text{TW}\cdot\text{cm}^{-2}$, което разширява значително възможностите за приложение. Реализирана е прецизна микрообработка на оптичен кварц, различни керамики, силиций и неръждаема стомана. Въпреки че отношението между дълбочината и диаметъра на кратера (aspect ratio), пробит в оптичен кварц чрез вълноводно асистирание, е три пъти по-голямо от достигнатото в света, предложен е и е използван нов метод за пробиване на просветлени отвори в прозрачни материали с практически неограничена дебелина.

Проведени са изследвания на възможностите на фемтосекундно лазерно лъчение за модифициране, функционализиране и структуриране на различни видове синтезирани биополимерни образци (2D тънки слоеве и 3D матрици), като са оптимизирани лазерните параметри (енергия на лазерния импулс, честота на повторение на лазерните импулси, брой приложени импулси, скорост на сканиране) за всеки материал и вид микрообработка. Извършено е също така експериментално определяне на прага на разрушение и прага на аблация за прозрачни среди (боросиликатни стъкла със и без добавени златни наночастици в концентрация 1%) с фемтосекундно лазерно лъчение на основната дължина на лазера

Изследвана е многонивна система при възбуждане от Раманов тип, в който междинното състояние е състояние на континуум. На базата на резултатите е намерен нов метод за хирална резолюция, в която при специфични настройки на лазерните полета единия енантиомер се йонизира значително повече от другия. Това позволява смес от двата енантиомера да се раздели пространствено и да определи процентното съдържание на

двата енантиомера в пробата. Изследвана е и е разширена трансформацията на Морис-Шор, така че да обхване редица експериментални случаи, в които лазерните полета зависят от времето. Такова разширение на трансформацията също така позволява да се приложат вече известни адиабатни техники като РАП и СТИРАП в проблемите с много състояния.

Прецизно са определени загубите по оптичния път на лазерни снопове, използвани за охлаждане на рубидиеви атоми в магнитооптичен капан.

Посредством усъвършенствана *z-scan* схема, използваща новозакупена фемтосекундна лазерна система Pharos PH2-SP-HP (LIGHT CONVERSION Inc.), са определени нелинейните коефициенти на пречупване n_2 и поглъщане β на широкозонните полупроводници GaN и AlN. Експериментално е определен прага на разрушение на двата материала при третирането им с фемто- и субпикосекундни импулси, като са изследвани структурните изменения след взаимодействието и са определени две стойности на прага на разрушение – първата, при която се наблюдават първоначални изменения в структурата на образеца без да има оптичен ефект, и втора, при която има видими остатъчни изменения. Аналогични измервания на същите полупроводници беше направено при температури в диапазона -120° – -150 , като за целта е разработен специален държател за изследваните образци и са използвани съвременни термоизолатори на фирма Aspen – CrioAerogel.

Определен е елементния и минерален състав на декорацията на 22 фрагмента от керамични съдове от неолитното селище край село Гълъбник, намиращо се на територията на днешна Западна България, област Перник. Елементните спектрални анализи са проведени чрез метода на лазерно индуцирана плазмена спектроскопия (LIBS), като акцентът на изследванията е върху измерване на съотношенията в съдържанието на Mn и Fe които са определящи за цвета на фрагментите. За определяне на минералния състав на керамиките е използван метода FTIR като извършени спектрални изследвания в инфрачервената спектрална област ($4000\text{--}400\text{ cm}^{-1}$). В състава на повечето образци беше идентифицирано наличието на хематит, като само в някои беше открит магнетит, манганит и магхемит. Също така са открити гипс и калцит, кварц, силикати и фелдшпати, които са естествени съставки на пигментите. Проведен е статистически анализ (Principal Components Analysis (PCA)) на експерименталните данни от LIBS и FTIR анализите. Резултатите от PCA са използвани за класифициране на изследваните керамики в отделни групи и на тази база са направени заключения за технологиите използване при тяхната изработка.

Извършени са изчерпателни експериментални тестове на различни композитни импулси, използвайки един от квантовите процесори на IBM с отворен достъп, базирани на свръхпроводящи кубити. За целта е използван достъп до ниско ниво на бекенда, който позволява изричен контрол на импулсите, взаимодействащи с кубита. Получени са голямо разнообразие от широкоспектрни, тясноспектрни и правоъгълни профили на възбуждане, произвеждащи произволни предварително избрани целеви вероятности, вариращи от нула до едно. Във всички експерименти е открито отлично съответствие между теоретичните и експерименталните профили на възбуждане. Проведените тестове доказват както ефективността на композитните импулси като много ефективен и гъвкав инструмент за квантов контрол, така и високото качество на квантовия процесор на IBM.

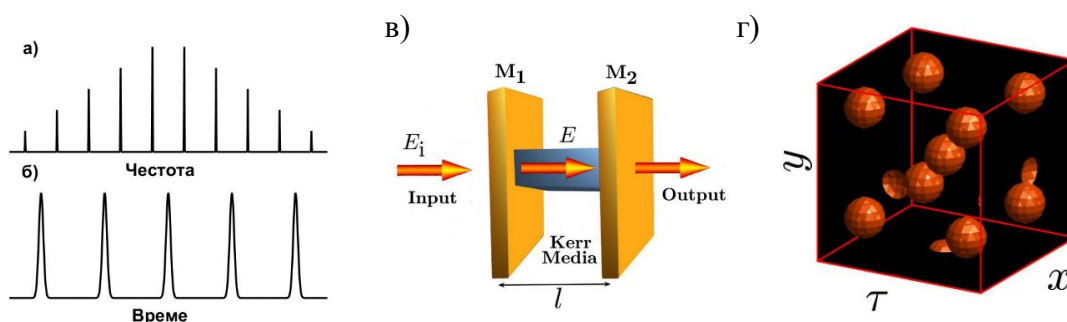
Също така е въведена техника за квантово контрол, използваща полихроматични импулсни поредици, състоящи се от импулси с различни носещи честоти. Теоретично са изведени многобройни полихроматични импулсни поредици, които са тествани експериментално с помощта на един от квантовите компютри на IBM, отново в много добро съответствие между теория и експеримент. Тези резултати демонстрират устойчивостта и гъвкавостта на предлаганата техника и отварят различни перспективи за квантов контрол в области, където манипулирането на фазите е трудно или неточно.

2.1. Най-значимо научно постижение

ОПТИЧНИ ВРЕМЕВИ И ПРОСТРАНСТВЕНО-ВРЕМЕВИ СОЛИТОНИ, ЧЕСТОТНИ ГРЕБЕНИ И ТЯХНАТА ПОЛЯРИЗАЦИОННА ДИНАМИКА

Ръководител на темата: проф. Красимир Панайотов

Оптичните честотни гребени са въведени от Теодор Ханш и Джон Хал в метрологията и спектроскопията и им донесоха нобеловата награда за физика за 2005 г. Техният оптичен спектър наподобява гребен, състои се от равно-отдалечени спектрални линии (Фиг. 1а). Такъв спектър имат кратки, периодични светлинни импулси, генерирани обикновено от модово-синхронизиран лазер (Фиг. 1б). Оптичните честотни гребени доведоха до революционен напредък в метрологията и по-точното измерване на интервали от време и разстояние, в лазерната спектроскопия и в оптичните съобщения. Важна стъпка към миниатюризацията на източниците на честотни гребени е генерацията им от микрорезонатори. Това са резонатори с оптична инжекция и с нелинейна Кер среда, т.е. среда, чийто показател на пречупване зависи линейно от интензитета на светлината – Фиг. 1 в. Показателят на пречупване зависи също от дължината на вълната на светлината, като може да намалява или да нараства при увеличаването ѝ свойство, което се нарича съответно нормална и аномална дисперсия. Той също е различен за различна поляризация на светлината (т.е. за различна равнина на трептене на електричното ѝ поле) в т.н. анизотропни материали. Ние изследвахме тази система теоретично за случая на анизотропна дисперсионна Кер среда и показахме формирането както на светли солитони (кратки светлинни импулси на тъмен фон) при аномална дисперсия, така и на тъмни солитони (кратки тъмни импулси на светъл фон) при нормална дисперсия на средата. Солитоните са локализирани във времето или пространството структури, чиято форма се запазва при разпространението им. Техните оптични спектри са честотни гребени; в нашия случай два честотни гребена с различна поляризация. Изследвахме възможността за едновременно локализиране на светлината, както във времето, така и в пространството и показахме съществуването на такива три-размерни оптични солитони (Фиг. 1г). С цел доказване на тези теоретични резултати провеждаме експерименти за изследване на поляризационната динамика на модово-синхронизирани светлинни импулси.



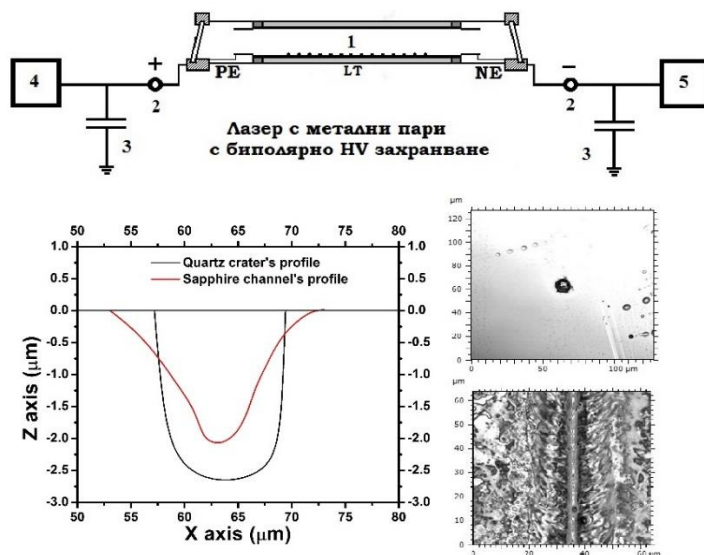
Фигура: а) Честотен гребен (оптичен спектър); б) Кратки периодични светлинни импулси, чийто спектър е честотен гребен; в) Оптичен резонатор: M_1 и M_2 са огледала с Кер нелинейна среда между тях; г) Оптични триразмерни солитони (светлинни импулси ограничени във времето и в пространството) като всяка периодична поредица във времевата координата t генерира оптичен гребен.

Проведените изследвания дават възможност за т.н. мултиплексиране на източниците на честотни гребени – броят им да се увеличи двукратно при използване на оптически анизотропни нелинейни среди или многократно при генериране на много пространствено-времеви солитони в една и съща среда и резонатор (Фиг. 1г).

2.2. Най-значимо научноприложно постижение

БИПОЛЯРНО ВЪЗБУЖДАНИ ЛАЗЕРИ С ПАРИ НА СТРОНИЙ И МЕДЕН БРОМИД, ГЕНЕРИРАЩИ ЛАЗЕРНО ЛЪЧЕНИЕ В СРЕДНАТА ИНФРАЧЕРВЕНА И ВИДИМАТА СПЕКТРАЛНИ ОБЛАСТИ С РЕКОРДНО ВИСОКИ ЛАЗЕРНА МОЩНОСТ И КАЧЕСТВО НА СНОПА

Ръководител на темата: проф. д-р Красимир А. Темелков



Профили и изображения на микроотвор в оптичен кварц (черна линия и горното изображение) и микроканал в сапфир (червена линия и долното изображение)

Патентованото изобретение се отнася до газоразряден лазер с биполярно импулсно захранване. Биполярното възбуждане на лазер с пари на меден бромид (CuBr), генериращ на атомните Cu линии 510.6 nm и 578.2 nm, даде възможност да се получи средна изходна мощност от 151 W, която е рекордна за лазерите с CuBr пари. С изцяло твърдотелно захранване (all-solid-state power supply) с полупроводников IGBT комутатор са създадени компактни 20-W лазер с CuBr пари и 10-W лазер с пари на стронций (Sr). Създадени са и са изследвани уникални лазерни системи генератор–усилвател (МО–РА от Master Oscillator–Power Amplifier) със Sr и CuBr пари, излъчващи за първи път на самоограничени преходи на метали дифракционно ограничено лазерно лъчение ($M^2=1.02\pm0.02$) съответно в средната инфрачервена и видимата спектрални области, което е потвърдено чрез прецизно измерване на разходимостта на лазерния сноп, използвайки два независими метода. Твърдотелните лазерни системи (TEM_{00}) на водещи компании (Spectra-Physics и Coherent) са с M^2 в диапазона 1.05–1.3. С МО–РА със Sr пари е получена рекордно висока средна лазерна мощност 14 W и за първи път са пробити кратери с диаметър и са изрязани канали с ширина от порядъка на дължината на вълната (6.45 μm), преодолявайки сферичните aberации с параболично огледало. Извършена е прецизна микрообработка (пробиване, рязане и заваряване) на оптичен кварц, сапфир, неръждаема стомана, полимери и животински кости. Напълно са срязани 2-mm оптичен кварц и 0.6-mm сапфир с многоконтурен трепънинг. С МО–РА с CuBr пари е реализирана прецизна микрообработка (пробиване и скрайбиране) на оптичен кварц, керамики, силиций и неръждаема стомана. При фокусиране плътността на лазерната мощност надвишава 1 $\text{TW}\cdot\text{cm}^{-2}$. Достигнатото отношение между дълбочината и диаметъра на кратера (aspect ratio) 300, пробит в оптичен кварц чрез вълноводно асистиране, е три пъти по-голямо от достигнатото в света (aspect ratio 100). Предложен е също така и е използван нов метод за пробиване на просветлени отвори в прозрачни материали с практически неограничена дебелина.

3. МЕЖДУНАРОДНО НАУЧНО СЪТРУДНИЧЕСТВО НА ИНСТИТУТА ПО ФИЗИКА НА ТВЪРДОТО ТЯЛО ПРЕЗ 2022 Г.

ИФТТ продължи да развива и през 2022 г. сътрудничество с университети, лаборатории и академични организации от целия свят.

Международните партньорства на ИФТТ са съществена част от научната дейност: 56 публикации от общо 115 излезли от печат публикации през 2022 г. са в съавторство с чуждестранни учени в колаборация с многонационални авторски колективи от 37 държави от 5 континента.

ИФТТ участва активно в проекти за разгръщане на научни мрежи в Европа в рамките програмата COST под ръководството на доц. Е. Йорданова и проф. Д. Димитров, също и ЕРА-НЕТ с ръководител проф. Д. Димитров.

През 2022 г. успешно се изпълняват няколко проекта към ФНИ за провеждане на съвместни изследвания в областта на нови материали, нанотехнологии и биомедицински приложения в съвместно с изследователски групи от САЩ, Белгия, Полша, Италия, Испания, Унгария и др.

Традиционно, ИФТТ осъществява партньорство по 7 проекта по линията на ЕБР и Междуакадемично сътрудничество между БАН и съответните научни организации от: Полша (2), Румъния (2), Сърбия (1), Естония (1), Италия (1) и др.

Учени от ИФТТ работиха през 2022 г. с международен център ОИЯИ-Дубна (ръководител проф. Х. Шамати и ръководител проф. Ю. Генова) и по проектни програми на МОН за двустранно сътрудничество (Руска Федерация).

През изминалата година се проведе 22-та ШКОЛА ПО ФИЗИКА НА КОНДЕНЗИРАНАТА МАТЕРИЯ (State of the Art in Functional Materials & Technologies) в периода 29 август – 2 септември 2022 във Варна. В нея взеха участие лектори от САЩ, Франция, Германия, Полша, Словения, Сърбия, Унгария, Полша, Румъния, Италия, Белгия. Това е научен форум с традиции от 1980 г., а през 2022 г. неговото провеждане беше свързано с 50 годишния юбилей на ИФТТ.

Най-значим международно финансиран проект на ИФТТ

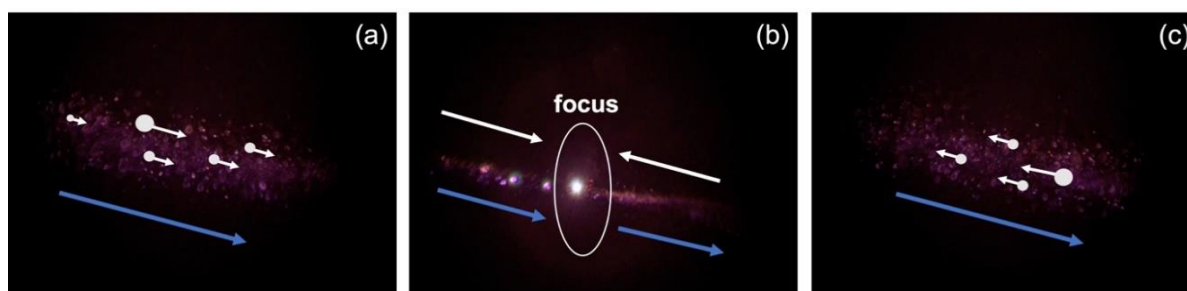
Проект в рамките на Европейската програма за сътрудничество в областта на научните изследвания и технологии COST, на тема **“Оптично охлаждане и ускорение на неутрални частици с фемтосекундни лазерни импулси”** с ръководител: доц. д-р Екатерина Йорданова.

Изследователската програма на проекта цели детайлно разбиране на молекулярната динамика на газовата фаза силно зависи от постигането на напредък в усъвършенстването на теоретични и експериментални методи и техники. Предизвикателна задача е разработването на нови начини за ефективно детектиране и наблюдение на емисиите на фотони (луминесценция) от съхранени йонни лъчи за измерване на зависимостите при преход на енергии и динамиката на възбудени състояния.

Последни теоретични и експериментални изследвания показват, че е възможен захват на неутрални частици на база поляризационни процеси, чрез амплитудната обвивка на лазерния импулс и тяхното охлаждане, и движение с груповата скорост на импулса. Поради тази причина захванатите неутрални частици получават голяма

кинетична енергия, в която скоростта се определя от груповата скорост на импулса. Във връзка с гореизложеното, в рамките на проекта ще бъдат приложени теоретични и експериментални изследвания за определяне на възможни прагове за наблюдение и оценка на тези ефекти в газови среди при атмосферно налягане.

Първите експериментални резултати, изследващи възможността за захващане и пренос на маркирана частица в амплитудна обвивка на фемтосекунден лазерен импулс и нейното преместване с груповата скорост на импулса са извършени и представени на фигурата.



На фигурата е показана зависимостта на посоката на движение на частиците от разпространението и фокуса на 35 фемтосекунден лазерен лъч. Изображенията са подредени както следва - (а) движението на частиците преди фокуса и следвайки посоката на разпространение на лазерния лъч до фокуса; (b) във фокуса двупосочно движение и (с) след фокуса движението се наблюдава в посока, обратна на разпространението на лазерния лъч. Белите стрелки показват посоката на частиците, а сините посоката на разпространение на лазерния лъч.

4. УЧАСТИЕ НА ИНСТИТУТА ПО ФИЗИКА НА ТВЪРДОТО ТЯЛО В ПОДГОТОВКАТА НА СПЕЦИАЛИСТИ ПРЕЗ 2022 г.

В научната и проектната дейности на Института са активно включени млади учени - постдокторанти, докторанти, дипломанти и студенти. Служители от ИФТТ са ръководители, консултанти и преподаватели с активно участие в процеса на подготовка на следващото поколение специалисти. Институтът има успешни съвместни инициативи с университети и образователни институции от страната и чужбина.

Благодарение на финансирането предоставено от Фонд научни изследвания, в рамките на Национална научна програма „Петър Берон. Наука и иновации с Европа“ (Петър Берон и НИЕ) специализират двама чуждестранни постдокторанти под ръководството на учени от Института.

Двама млади учени развиват възможностите на спектралните анализи за научноприложни изследвания в областта на археологията и историческото наследство, като проектната тема е одобрена през 2022г. от конкурса за Фундаментални научни изследвания на млади учени и постдокторанти в Направление Физически науки на ФНИ.

Млади учени от ИФТТ участват в Националната програма „Млади учени и постдокторанти – 2“. През изминалата година, общо 7 проектни предложения бяха одобрени и подкрепени финансово.

ИФТТ поддържа акредитацията си за обучение в образователната и научна степен „доктор“ по специалности от професионалните направления 4.1. „Физически науки“ по програмите: „Физика на кондензираната материя“ и „Лазерна физика, физика

на атомите, молекулите и физика на вълновите процеси“. През 2022 г. в Института се обучават 3-ма докторанти (на самостоятелна подготовка и в задочна форма), като един от тях е отчислен с право на защита. Новозачислен е един в самостоятелна форма на обучение.

През декември 2022 г. се проведе традиционният Зимен семинар „Интердисциплинарна физика“ на докторантите и младите учени от институтите на БАН, организиран от ИФТТ. Темите на лекциите и резюметата на докладите са отпечатани в електронен вид. Представените доклади от докторантите и младите учени бяха върху най-актуални теми от областта на микроелектрониката, квантовата оптика, сензориката, полимерите, фемтосекундните лазери и тяхното приложение в модерните технологии и медицината, денталната медицина и теоретичната физика.

Експерти от ИФТТ са ръководители и консултанти на стажанти, дипломанти и докторанти от академични институции в страната и чужбина: Universidad Nacional de Educacion a Distancia, Испания, ИОМТ-БАН, Югозападен Университет „Неофит Рилски“ Медицински университет – София, ХТМУ и МГУ „Св. Иван Рилски“.

Служители от Института развиват преподавателска дейност в основни и специализирани курсове в страната и чужбина. Специалисти в съответните научни области провеждат лекционно обучение по бакалавърски и магистърски програми в следните висши училища: ТУ, София, Университет по архитектура, строителство и геодезия, Universidad Nacional de Educacion a Distancia.

Учените от ИФТТ предоставят специализирани курсове към Центъра за обучение към БАН: 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.

5. ИНОВАЦИОННА ДЕЙНОСТ НА ИНСТИТУТ ПО ФИЗИКА НА ТВЪРДОТО ТЯЛО И АНАЛИЗ НА НЕЙНАТА ЕФЕКТИВНОСТ ПРЕЗ 2022 г.

5.1 Осъществяване на съвместна иновационна дейност с външни организации и партньори

ИФТТ има многобройни патенти и научноприложни разработки. Част от тях са плод на ползотворно сътрудничество на учени от института с колеги от външни и партньорски организации, в т.ч. и чрез изпълнение на научноприложни договори, възложени от фирми от страната и чужбина. Разработките на Института включват иновативни технологични решения, част от които вече са внедрени и имат положително въздействие върху ежедневието на хората.

През изминалата 2022 г. година, Институтът стана бенефициент на иновационен проект на тема „Изследване и развитие на иновационно решение за оценка на замърсяване с микропластмаси във водна среда“ в партньорство с „Аква лид“ ООД. Финансирането на този проект е осигурено от Националния иновационен фонд.

5.2 Извършен трансфер на технологии

В ИФТТ се поддържат общо 25 патента.

През 2022 г. бяха публикувани 3 патента на ИФТТ:

И. К. Костадинов, Д. Н. Астаджов, К. А. Темелков, Г. П. Янков, “ГАЗОРАЗРЯДЕН ЛАЗЕР”, публикуван патент за изобретение № 67473 В1 от 15.11.2022 г. (рег. № 113173 от 23.06.2020 г.);

К. Д. Есмерян и Т. А. Чаушев, “Система за комплексен биохимичен анализ на урина, базирана на свръхнеомокряема кварцова микровезна”, публикуван патент за изобретение № 67464 В1, октомври 2022 г. (рег. № 113134 от 15.05.2020 г.);

К. Д. Есмерян и Т. А. Чаушев, “Метод за криоконсервация на човешки клетки и тъкани посредством свръххидрофобни покрития от въглеродни сажди”, публикуван патент за изобретение № 67427 В1, април 2022 г. (рег. № 112950 от 21.06.2019 г.).

През 2022 г. са подадени две нови заявки за патент:

Л. М. Ковачев, Е. И. Йорданова и Г. П. Янков, “Метод и система за захващане, охлаждане и компресия на неутрални атоми, молекули и частици с лазерни импулси”, рег. № 113628 от 14.12.2022 г.;

К. Д. Есмерян и Ю. И. Федченко, “Метод за разработка на свръхизносоустойчиви неомокряеми покрития от въглеродни сажди”, рег. № 113502 от 15.03.2022 г.

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

6. СТОПАНСКА ДЕЙНОСТ НА ИНСТИТУТА ПО ФИЗИКА НА ТВЪРДОТО ТЯЛО И АНАЛИЗ НА НЕЙНАТА ЕФЕКТИВНОСТ ПРЕЗ 2022 г.

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 - 2 договора
5. "БУЛПОД" ООД
6. “ГИТАВА” ООД
7. “НАТИ-75”ЕООД
8. “ДИНО АРТ” ЕТ
9. Мирослав Гергинов

10. “АСКИ” ЕООД
11. Интересно БГ
12. “Михаил Янков” ЕТ - 2 договора
13. Никола Байнов
14. “НИК ТРЕЙД 12” ЕООД
15. МИХАИЛ НИКОЛОВ
16. “ПУЛСЛАЙТ” ООД
17. “Без паника” ЕООД
18. Радослав Сашев Иванов
19. “СКАЙ ПРИНТ ООД
20. Стоян Нешев
21. „Дива 2009“ ЕООД
22. „Гопал Прасад“ 4 договора
23. Теодор Станоев
24. БФМ ЕООД
25. ЕПО ЛУКС ООД
26. Бултрейдинг консулт ЕООД
27. “ЧЕНТИ СПОРТ” ООД
28. Семра Дургут
29. Симпекс ди
30. Симеон Каменов

7. КРАТЪК АНАЛИЗ НА ФИНАНСОВОТО СЪСТОЯНИЕ НА ИНСТИТУТА ПО ФИЗИКА НА ТВЪРДОТО ТЯЛО ЗА 2022 г.

Институтът се финансира от бюджета и със собствени средства. Приходите са както следва: от бюджетната субсидия – **3 851 788 лв.**, собствени средства **246 545 лв.**, трансфери от МОН – **261 666,88 лв.**, вътрешни трансфери получени – **540 803,27 лв.** и трансфер към БАН за отчисления от наемни договори – **81 322,83 лв.**

Разходите са 4 311 043 лв. както следва:

§01 Заплати	2 793 334 лв.
§02 Други възнаграждения	216 577 лв.
§05 Осиг. вноски работодател	508 957 лв.
§10 Издръжка /НИР, охрана, командировки, раб. облекло, м-ли, външни у-ги, тек. ремонти, вода, парно, телефони, ел. е-я/	975 593 лв.
§19 Платени данъци и такси	6 342 лв.
§52 Придобиване на ДМА и НДМА	345 050 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 **81 332.83 лв.**

Транспортните средства са 3 на брой.

8. ИЗДАТЕЛСКА И ИНФОРМАЦИОННА ДЕЙНОСТ НА ИНСТИТУТА ПО ФИЗИКА НА ТВЪРДОТО ТЯЛО ПРЕЗ 2022 Г.



През 2022 г. ИФТТ-БАН издаде сборник по случай 50 годишнината си. Сборникът съдържа научни текстове върху основните физични направления, сведения за историята и за основателите и доайени на физиката и материалознанието у нас (и по света): акад. Георги Наджаков, чл. кор. Йордан Касабов, чл. кор. Стефан Кънев, проф. Разум Андрейчин, акад. Милко Борисов, проф. Елена Фахри-Ватева, акад. Никола Съботинов, проф. Никола Пашов, проф. Евгени Леяровски, проф. Веселин Ковачев, акад. Александър Дацев, проф. Марин Господинов, акад. Александър Держански, акад. Александър Петров, проф. Параскева Симова, проф. Йорданка Пачева.

ИФТТ В МЕДИИТЕ ПРЕЗ 2022 Г.

Юбилеят беше отбелязан с 22-та Международна школа по физика на кондензираната материя, обявяване на „Конкурс за високи научни постижения в ИФТТ (2020-2021)“, изготвяне на филм „50 години ИФТТ“ и на юбилейния сборник „50 години ИФТТ – БАН“. На тържественото събрание, посветено на половинвековното съществуване на ИФТТ участниците получиха юбилейния сборник, беше [излъчен за първи път готовият филм](#), който е качен в Ютюб и победителят доц. д-р Карекин Есмерян (ИФТТ) получи наградата „Акад. Георги Наджаков“.

Информация за дейността на Института по физика на твърдото тяло и за значими резултати от проведени научни изследвания и постижения на учени беше публикувана в печатни, интернет базирани и ефирни медии. Сред тях са в-к „Дума“, в-к Homo Sciens, списание nauka.bg, телевизиите Bulgaria ON AIR, БНТ и bTV, БНР, dariknews.bg, онлайн базираните www.faragency.bg, <https://debati.bg/>, www.cross.bg, <https://dir.bg>, <https://news.bg>, <https://www.dnes.bg>, <https://www.focus-news.net>.

Учените от ИФТТ активно участват в популяризирането на физическите науки в България. Четирима са членове на редакционната колегия и на редакционния съвет на научно-популярното списание „Светът на физиката“; проф. Албена Паскалева участва в предаването „Историите ON AIR: От мълнията до тока“, а акад. Никола Съботинов в предаването „100% будни на БНТ: Успехите на българската наука“, публикувани са 5 научнопопулярни статии, а кабинетът на акад. Георги Наджаков, обявен от Европейското физическо дружество за историческо място на Европа, е достъпен за посетители всеки ден след предварително договаряне.

23 май 2022 г.

[“Изтъкнати учени получиха висши държавни отличия”](#)

[“Бургазлия с орден „Св.св. Кирил и Методий“ от президента/Вижте кой е той?”](#)

[“Български учени получиха ордени в навечерието на 24 май”](#)

[„Шестима български учени с отличия от президента в навечерието на 24 май”](#)

[„Радев: Стремехът на България да е просперираща държава може да се постигне само с признателност към хората на духа“](#)

[„Президентът удостои с държавни отличия изтъкнати учени“](#)

[„Радев връчи висши държавни отличия на изтъкнати учени“](#)

[„В навечерието на 24 май президентът Румен Радев удостои с държавни отличия шестима български учени“](#)

[„Радев: България може да е просперираща, ако уважава хората на духа“](#)

[„Румен Радев награждава с отличия видни български учени“](#)

[„Президентът Румен Радев ще удостои с висши държавни отличия изтъкнати български учени“](#)

19.06.2022

[Историите ON AIR: От мълнията до тока 29.08.2022](#)

[Има недостиг на млади кадри в Института по физика на твърдото тяло към БАН](#)

21.09.2022

Доц. д-р Карекин Есмерян: от прашните и порутени улици на софийския квартал до редакциите на Elsevier, Royal Society of Chemistry, American Chemical Society и Institute of Physics – или как [„американската мечта“](#) е осъществима и у нас!

16.11.2022 г.

[Успехите на българската наука, Предаване: 100% будни на БНТ](#)

28.11.22 г.

[Еврика! Успешни българи: Огнян Петков - Познание - БНР](#) – стипендиант на Фондация „Еврика“ на името на акад. Георги Наджаков за 2021/2022 г.

Информационната система на ИФТТ

През 2022 г. по отношение на информационната система, ИФТТ продължава да поддържа самостоятелно следните услуги: DNS, DHCP, MAIL, WEB hosting, file servers за администрацията, счетоводен отдел и др. Периодично през годината се обновяват версиите на счетоводните софтуерни програми Omeks 2000 и заедно с представителите на фирмата, която поддържа софтуера Скиптър, е извършена настройка за периодични съхранявания на информацията на предвидения за това сървър.

Предприемат се и рутинни дейности по поддържането на уебсайта на института, който предоставя информация относно научната дейност, проекти, обявените процедури и конкурси за изразстване на академичния състав. Юбилеят на ИФТТ беше отразен на сайта с публикации, видеоматериал и качени текстове и информация.

Награди и отличия

През 2022 г. учени от ИФТТ бяха отличени за своите научни постижения със следните награди:

ПРОЕКТ COUNTERFOG СЪС SECURITY INNOVATION AWARD 2022

Проектът COUNTERFOG на 7 РП Сигурност, стартирал на 1 ноември 2013 г., се изпълнява от 10 европейски научни институции, сред които е и българският колектив от Института по физика на твърдото тяло с ръководител доц. Огнян Иванов. Приключилият успешно на 31 октомври 2017 г. проект получи Наградата за иновации в сигурността за 2022 г. - награда на Европейския съюз за използване на научните изследвания в областта на сигурността.

COUNTERFOG е проект, който предлага решение за бърза дезинфекция на биоаерозоли и обеззаразяване на химически, биологични и радиологични агенти, дим и прах. С разработената технология се осигурява мощен поток от мъгла с конусовидна форма, състоящ се от субмикрометрични капчици. Наноразмерът и проникващата способност на реализираната мъгла осигуряват бързото отстраняване на замърсителите от въздуха и повърхностите.



На тържествена церемония акад. Н. В. Съботинов беше удостоен с Орден „Св. св. Кирил и Методий“ огърлие за особено значими заслуги в областта на науката. Младите ни колеги Огнян Петков, Тодор Влахов и Петър Тодоров получиха признание за отлични научни резултати и добро представяне на международни и национални форуми.

9. ИНФОРМАЦИЯ ЗА НАУЧНИЯ СЪВЕТ НА ИНСТИТУТА ПО ФИЗИКА НА ТВЪРДОТО ТЯЛО ПРЕЗ 2022 г.

9. 1 Списъчен състав на Научния съвет на ИФТТ

Председател: доц. д-р Екатерина ЙОРДАНОВА
Заместник председател – проф. дфн Йордан МАРИНОВ
Научен секретар – доц. д-р Бойко Павлов КАТРАНЧЕВ
Технически секретар – доц. д-р Любомир СТОЙЧЕВ

Членове:

проф. дфн Хассан	ШАМАТИ
проф. дфн Албена Паскалева	ДОНЧЕВА
проф. д-р Виктория Виткова	ВИТКОВА
проф. д-р Юлия Любомирова	ГЕНОВА
проф. д-р Златинка Иванова	ДИМИТРОВА-ВИТАНОВА
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 Карекин Дикран	ЕСМЕРЯН
доц. д-р Валентин Иванов	МИХАЙЛОВ
доц. д-р Ангелина Колева	СТОЯНОВА-ИВАНОВА
доц. д-р Тихомир Колев	ТЕНЕВ

9. 2 Дата на избиране на Съвета и сведения за промени в състава му след избора

След изтичане на редовния 4 годишен мандат на предходния Научният Съвет (НС) на ИФТТ-БАН след тайно гласуване на 05.02.2020 г. от Общото събрание на учените на ИФТТ-БАН бе избран действащия понастоящем НС. Първоначалният състав на НС бе 18 членове, от които 2 професори дфн, 1 професор д-р и 15 доценти д-ри. След проведени избори през годината съставът на НС съвет се промени на 3 професори дфн, 6 професори д-р и 8 доценти д-ри.

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

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