

Г О Д И Ш Е Н О Т Ч Е Т

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

**ПРИ
БЪЛГАРСКА АКАДЕМИЯ НА НАУКИТЕ**

2018 ГОДИНА

СОФИЯ

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

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

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

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

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

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

Тези области се вписват изцяло в приоритетите на Националната стратегия за развитие на научните изследвания 2020 и тези на ЕС: нанотехнологии и нови материали, информационни и комуникационни технологии, околна среда, опазване на културното наследство и качество на живот.

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

През 2018 г. успешно приключи изпълнението договор 312804 „Device For Large Scale Fog Decontamination“ COUNTERFOG по програма „Security“. Изпълнението на този важен проект съществено повиши иновационната дейност на звеното.

ИФТТ е домакин на успешно приключилия през 2018г. реинтеграционен грант по европейската програма MCSA към Хоризонт 2020- Проект COPQE (Composite Pulses for Quantum Engineering).

ИФТТ е участник в проект BG05M2OP001-1.001-0008, финансиран от Оперативна програма „Наука и образование за интелигентен растеж“, съфинансирана от Европейския съюз чрез Европейските структурни и инвестиционни фондове. Целта на проекта е изграждането на нов тип национален Център за върхови постижения по мехатроника и чисти технологии, който да мобилизира научно-изследователския потенциал така че да се постигне качествено ново ниво на познанието в няколко взаимно припокриващи се икономически сегмента: механика, роботика, енергийна ефективност, устойчиво използване на суровини и ресурси, редуциране на парникови емисии.

Координатор на проекта е Институтът по обща и неорганична химия към БАН.

Центърът е съставен на принципа на допълване и обединява водещи научни групи от институти на БАН (общо 12) и висши училища СУ „Св. Климент Охридски“, ТУ-София, ТУ-Варна, ТУ-Габрово и ХТМУ - София. Ролята на всяка една от партньорските организации е да се координират, организират и провеждат независими научно-изследователски дейности в областта на мехатроника и чисти технологии.

На национално равнище в рамките на конкурса „ФИНАНСИРАНЕ НА НАУЧНИ ИЗСЛЕДВАНИЯ -2018“ към МИНИСТЕРСТВО НА ОБРАЗОВАНИЕТО И НАУКАТА, ФОНД „НАУЧНИ ИЗСЛЕДВАНИЯ“ в научна област „физически науки“ бяха спечелени два проекта, на които ИФТТ е базова и един проект, при който Институтът е партньорска организация, а така също и един проект по “Конкурс за финансиране на фундаментални научни изследвания по обществени предизвикателства“, при който Институтът е партньорска организация. През 2018г. продължава изпълнението на проектите, финансирани от Фонд „Научни изследвания“ в Конкурса за финансиране на фундаментални научни изследвания – 2016 г. и 2017 г.: 6 проекта, на които ИФТТ е базова и 3 проекта, при който Институтът е партньорска организация. С това ИФТТ дава заявка за запазване водеща роля в научните среди в страната.

1.3. Полза / ефект за обществото от извършваните дейности

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

- Създаден е нов сензор за откриване на замърсявания в аерозоли (мъгла), работещ на основата на повърхностния фото-заряден ефект. Сензорът е в състояние да контролира наличието на замърсители и да дава оценка за концентрация им. Това е първият в света сензор за директен контрол на примеси в мъгли. Може да се прилага и за контрол на чистотата на въздуха.

- Създаден е двувходов сензорен резонатор на Релееви повърхнинни акустични вълни (РПАВ) за измерване масата на единица площ и характеризиране свойствата на екстремално тънки диелектрични слоеве, с дебелини от части от нанометъра до няколко десетки нанометра, където традиционната кварцова микровезна на обемни акустични вълни е неизползваема. Този сензор може да намери сериозно приложение в установки

за атомно послойно нанасяне (ALD), както и в сензорни системи за детекция на много ниски концентрации от високотоксични и вредни за човешкия организъм газове, химически агенти, бойни отровни вещества, фини прахови частици и пр.

- Предложен е газов сензор за пари на ацетон, включващ вълноводно-оптичен разклонител, състоящ се от странично полирано оптично влакно и планарен вълновод от двутанталов петоокис, покрит с хидрофобен зеолит.

- Предложен е нов метод за първоначална качествена оценка в реално време на противообрастващите и антимикробни свойства на различни функционални свръххидрофобни покрития, който може да се използва като точен индикатор за липса или наличие на биоадхезия/биозамърсяване.)

В ИФТТ регулярно се провеждат редица демонстрации и обучения на докторанти, студенти и ученици от ИФТТ и от други институции. Ученици от елитни гимназии (Софийска математическа гимназия, Национална природоматематическа гимназия, Американски колеж и др.) с интереси в областта на математиката и физиката регулярно посещават Института, където биват запознавани с най-новите технологии и открития в областта на физиката, биофизиката и физикохимията.

1.4. Взаимоотношения с институции

В ИФТТ се работи по проект 320/201313762/IFIA „Разработка на резонатори на Релееви и изтичащи ПАВ за сензорни приложения“, финансиран от изследователски Център Карлсруе, Германия.

Съвместно с Иновационния отдел на ИФТТ се произвеждат свето- и фото-диоди на базата на GaSb и InAs по договор SMT – 1/2015 с фирма Microsensor Technology LLC, Русия.

Наши служители участват в редица експертни комисии и съвети от държавно и академично ниво: НАОА, Комисията към председателя на АЯР, Национална следствена служба (НСС) към МВР, Съвет по температура към НМИ, Експертен съвет по водите, Национален координационен съвет по Нанотехнологии при БАН, Национален съвет по иновации към Министерство на икономиката и енергетиката и др.

1.5. Общонационални и оперативни дейности, обслужващи държавата

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

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

В Института е изградена Бяла стая, където са монтирани установката Beneq TFS 200 за последователно отлагане на атомни слоеве (ALD) и системата Oxford Nanofab Plasmalab System 100 за плазмено стимулирано химическо отлагане (PE CVD).

Получените слоеве могат да се охарактеризират с единствения по рода си в България автоматичен елипсометър тип M2000D, който позволява анализиране на проби с дебелина под 1нм. Към наличните лазери, регистрираща и спектрална апаратура и разработена технология за диагностика, консервация и реставрация на паметници на културата е изградена фемтосекундна лазерна система, състояща се от 4 модула, която ще се използва за наблюдение на свръхбързи процеси и динамични измервания, за изучаване на живи структури и модификации на материали в наноразмерната скала. С автоматизирана микрофлуидна система CellASIC™ ONIX, ръчен цитометър Scepter 2.0 и филтриращата мембранна установка са създадени условия за провеждане на експерименти върху взаимодействието на меката материя с наноструктури от различен вид и състав, а комбинираната система от галваностат и потенциостат SP-200 позволява да се извършват изследвания в областта на фундаменталната електрохимия, нано- и биотехнологиите, електролизата и електросинтеза, горивните клетки, фотоволтаиците и др.

В ИФТТ функционира високовакуумна система за оптични покрития Symphony 9 (Tescort Optics, САЩ), гарантираща реализиране на многослойни оптични структури на съвременно технологично ниво. Наличието на спектрофотометър Perkin Elmer-Lambda 1050, окомплектован с инфрачервен спектрофотометър с Фурие преобразование Vertex 70 и модул „150 мм интегрираща сфера“ позволява да се измерват и контролират във времето спектралните характеристики на различни материали в твърдо или течно състояние. Интерес към възможностите на системата проявяват малки и средни предприятия, работещи в областта на оптичeskото приборостроене, с някои от които Института има сключени рамкови договори.

Най-значим проект, финансиран от национални институции и индустрия

В рамките на КОНКУРС „ФИНАНСИРАНЕ НА НАУЧНИ ИЗСЛЕДВАНИЯ - 2016“ към МИНИСТЕРСТВО НА ОБРАЗОВАНИЕТО И НАУКАТА, ФОНД „НАУЧНИ ИЗСЛЕДВАНИЯ“ в научна област НАУЧНА ОБЛАСТ „ФИЗИЧЕСКИ НАУКИ“ бе спечелен проект на тема „Послойно атомно отлагане на нанослоеви диелектрици върху дву-дименсионни материали като активни компоненти за мултифункционални устройства“ с ръководител доц. д-р Димитър Димитров.

Бенефициент: Институт по физика на твърдото тяло „Акад. Г. Наджаков“ -БАН

Договор номер ФНИ ДН- 08/9.

срок –36 месеца

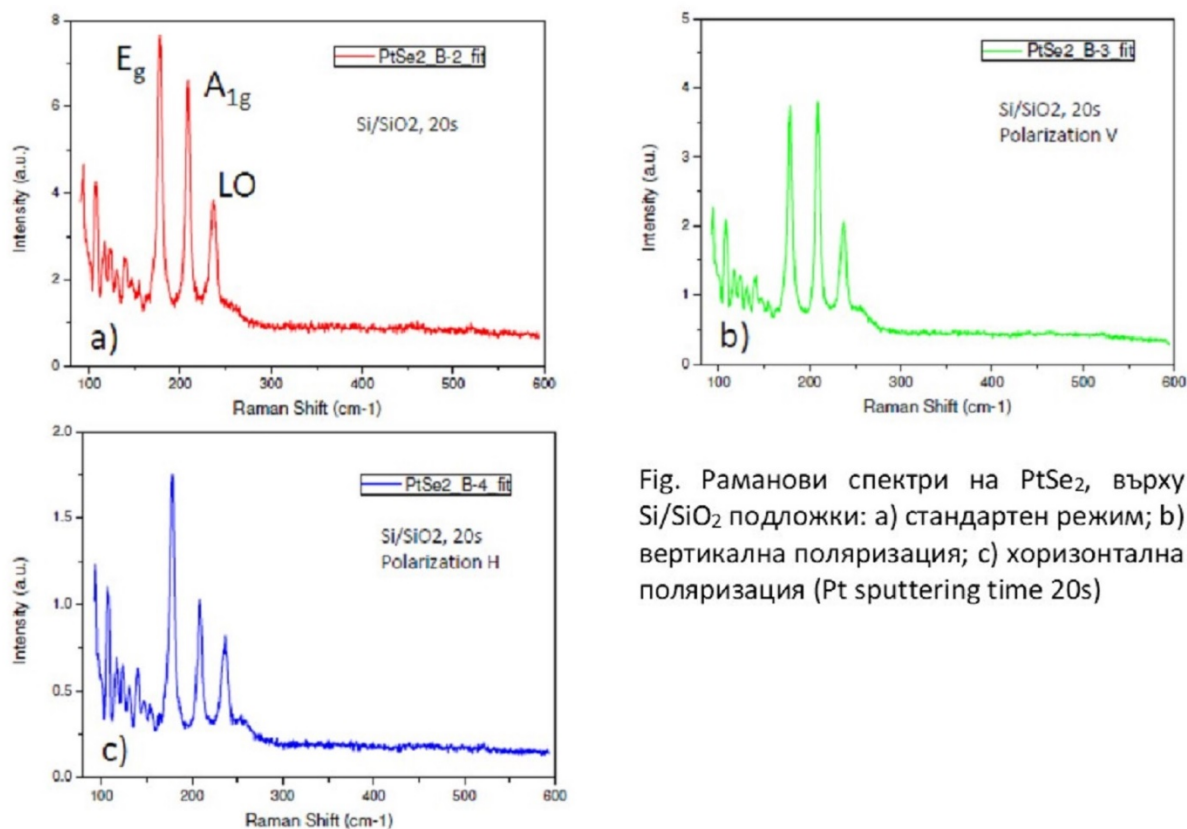


Fig. Раманови спектри на PtSe₂, върху Si/SiO₂ подложки: а) стандартен режим; б) вертикална поляризация; в) хоризонтална поляризация (Pt sputtering time 20s)

Резюме: Оптимизиране условията за получаване и изследване на свойствата на слоеве от диелектрици/метални оксиди като Al₂O₃, ZnO и TiO₂ чрез термично и плазмено стимулирано отлагане на атомни слоеве (ALD). Създаване на технология за синтез на 2D материали от PtSe₂ и MoS₂. Изследване на структурните, електрични и оптични свойства на синтезираните нанослоеви за установяване на зависимостта: условия на получаване-структура-свойства. Разработване на метално-оксидни хибридни нанокompозити и хетероструктури.

Проектът е с бюджет за трите години 120 000лв., като за 2018г. са получени 60 000лв.

2. РЕЗУЛТАТИ ОТ НАУЧНОИЗСЛЕДОВАТЕЛСКАТА ДЕЙНОСТ НА ИНСТИТУТА ПО ФИЗИКА НА ТВЪРДОТО ТЯЛО ПРЕЗ 2018 Г.

НАУЧНО - ПРИЛОЖНО ЗВЕНО ЕЛЕКТРОМАГНИТНИ СЕНЗОРИ

Завършена е серия от експерименти по изследване на сигналите от Surface photo – charge effect (SPCE), генерирани от интерфейса твърдо тяло – двуфазен флуид. Доказано е, че SPCE може да се използва успешно за разработка на сензори за мъгли.

Завършена е разработката на две системи за генерация на мъгли с контролирани параметри в лабораторни условия. Едната система генерира мъгли с контролиран брой и диаметър на капките. Другата система генерира мъгли с контролиран състав. Възможна е едновременната работа с до 6 примеса.

През годината е работено по приложението на получени резултати по проект COUNTERFOG - европейски проект по програма „Сигурност“. През 2018 година са проведени изследвания на взаимодействието на твърдотелна повърхност с двуфазен флуид. Работено е по усъвършенстване на разработени сензори за двуфазни флуиди. Успешно са проведени демонстрации.

Създадена е нова, експресна методика за контрол на фазови преходи в течни кристали. Тя работи на базата на SPCE. При промяна в течния кристал, се променя интерфейса течен – кристал твърдо тяло. Сигналят от SPCE се формира именно от тази гранична повърхност. Съответно, всяка промяна в течния кристал променя сигнала от SPCE. Методиката е успешно приложена при изследване на течни кристали.

По теоретични изследвания на взаимодействие електромагнитно поле – материя с приложение в астрофизиката е работено по 2 теми:

Тема А: Зависимост на енергетичните характеристики на основното състояние на хелиоподобни електрон-ядрени системи от изотопния състав

Голяма част от материята във вселената съществува в състояние на плазма. Когато материята се нагрее достатъчно, тя се йонизира и образува плазма. Този процес разрушава материята на формиращите я частици, което включва електрони и йони. Тези електрично заредени частици са податливи на въздействия от електромагнитни полета. Изследванията им са основно теоретични, данните са изключително прецизни и се складират от специализирани институции. Както е известно, всички частици се стремят към състояние с минимум енергия - т.н. основно състояние. Актуални са изследванията на хелиево-подобни електрон-ядрени системи - това са системи с хелиево-подобни ядра и различен брой неутрони. Имаме много на брой изотопи, някои от които си имат имена и живеят дълго, други са нетрайни, а общо са синтезирани 3833 изотопа. Ние правим детайлен анализ на влиянието на изотопните характеристики на ядрото върху енергията на основното състояние на такава хелиево-подобна електрон-ядрена система и съответните ѝ компоненти в рамките на класическата квантова механика за всички тези реално изследвани изотопи. Решено е основното уравнение на вълновата квантова механика (наречено на Шрьодингер) за случай с два електрона и подходящо усложняване във вид на пертурбация. Изследвани са релациите между тези енергии и компонентите за различни изотопи, като се прилага откриване на особености с много на брой производни на функциите - т. н. стагеригов анализ. Това е много трудоемък процес, но е важно за по-нататъшните изследвания с включването на квантови поправки. Изследванията са в рамките на класическата квантова теория без никакви допълнителни

предположения. Забележителен е фактът, че получените резултати съответстват на всички физични и математични принципи и измервания. За разлика от считаните за най-добри теоретични резултати в света досега, получената от нас стойност за енергията на основното състояние на хелиево-подобните електрон-ядрени системи се доближава до експерименталната повече от резултатите, получени при всички други разглеждания в рамките на класическата квантова теория. Друго перспективно направление на изследванията е въпросът за тестване на хипотезите за допълнителни размерности в квантовата теория върху енергията на основното състояние на хелиево-подобните електрон-ядрени системи. Освен много важното значение на тези изследвания за фундаменталната физика, те може да се окажат решаващи при разглеждането на астрофизичната хипотеза за това, че нашата вселена е върху четиримерна сфера на петмерно пространство. Предварителните резултати от тези изследвания са докладвани на конференции, а в момента се подготвят прецизни резултати за "Атомни Данни и Таблици за Ядрени Данни".

Тема Б: Роля на свръхмощното магнитно поле върху кората на неутронните звезди

Поведението на неутронните звезди е една нова ера в астрофизиката. Акцентирането на внимание върху тях е продиктувано от това, че на повърхността на някои неутронни звезди са измерени огромни магнитни полета. Очаква се да са налице и много по-силни магнитни полета в твърдата област под повърхността. Ние изследваме влиянието на такива свръхмощни магнитни полета върху кората на неутронни звезди. Съставът на кората и границата, отвъд която атомните ядра се разпадат чрез излъчване на неутрони, се определят числено за различна сила на магнитното поле. В изчисленията се използват известните експериментални измервания за атомни маси. Поради отдалечеността на тези гигантски магнитни генератори, не могат да бъдат извършени цялостни експериментални изследвания и затова масите се допълват с теоретични изчисления, базирани на вариационни методи в квантовата теория за много частици. Тъй като времето за подобни изчисления е много голямо, осъществява се оптимизирана изчислителна процедура за намаляване на това времето с няколко порядъка.

Отделяме голямо внимание на научно-приложните задачи. Наши разработки са "Оптимално Разпределение на Локомотиви" и "Динамичен Тягов Интегратор", автор на които е д-р Михайлов. Те са внедрени в железниците с голяма ефективност. Бяха създадени много работни места, извършваните от десетилетия неточни и разходващи дни изчисления бяха включени в системите за графика на влаковете, извършват се за милисекунди, предвиждат реалното движение и дори е забравено от служителите, че се извършват непрекъснато и скрито, подобни тежки изчисления. Разработените алгоритми се включват в научно-приложни системи с общодържавно значение, за което оказваме постоянно съдействие.

ТЕОРИЯ

Проведено е изследване на фазовата диаграма на някои феримагнитни вещества на основата на два билинейно взаимодействащи класически модела на Хайзенберг. Изчисленията са извършени с помощта на свободната енергия на Ландау, получена чрез прилагане на трансформацията на Хабард-Стратонович към началния микроскопски Хамилтониан. Основната фаза представлява колинеарен феримагнетик, като има и метастабилна неколинеарна фаза в рамките на обменния модел, с които се работи. Числените резултати дават подробно описание на изменението на намагнитването с температурата в зависимост от силата на взаимодействието между подрешетките, както и от разликата на ефективните обменни взаимодействия в двете феромагнитно подредени подрешетки. Получените резултати показват добро качествено съгласие с

експерименталните проучвания върху $\text{Y}_3\text{Fe}_5\text{O}_{12}$ при силно взаимодействие и ErFe_2 и $\text{GdCo}_{12}\text{B}_6$ при слабо взаимодействие.

Изследвани са нисколежащите възбуждения на молекулните магнити $\text{A}_3\text{Cu}_3(\text{PO}_4)_4$ ($\text{A} = \text{Ca}, \text{Sr}, \text{Pb}$) и $\text{Ni}_4\text{Mo}_{12}$ посредством обобщен модел на Хайзенберг. Предложеният модел, базиран на двучастично взаимодействие, отчита специфичните магнитни свойства на всяка физическа система. За целта са въведени допълнителни свободни параметри, които позволяват аналитичното определяне на магнитните характеристики на магнитните съединения и впоследствие акуратното обяснение на наблюдаваните експерименталните резултати, получени от други изследователи чрез спектроскопични методи като нееластичното неутронно разсейване. Трябва да се отбележи, че допълнителните параметри намаляват степента на изроденост по отношение на въртене на модел на Хайзенберг, но не повлияват основните физически особености на изследваната система. Забележително свойство на новия модел е способността му да възпроизведе експерименталното поведение на физическите величини без да се прибегва до взаимодействия от по-висок порядък. Това се потвърждава и от пресметнатите спектрални величини за изследваните съединения.

Изследвани са фазови диаграми на спиновите верижки с тричастични обменни взаимодействия, като е анализирана ролята на спина в елементарната клетка $\text{Sc}=\text{S}_1+\text{S}_2$. Проведеният комплексен анализ се базира както на аналитични, така и на мащабни числени пресмятания в рамките на метода DMRG. Освен Sc , естествени параметри във фазовата диаграма на системата са константите на двучастично (J_1) и тричастично (J_3) изотропни обменни взаимодействия. Паралелно са изследвани и сравнени квантовите фазови диаграми, както и множество характеристики на спиновите фази, на две системи с параметри $(\text{S}_1, \text{S}_2) = (1, 1/2)$ и $(3/2, 1/2)$ ($\text{Sc} = 3/2$ и 2), т.е. изследваните системи се характеризират съответно с полуцъл и цъл спин на елементарната клетка Sc . Основният извод от това мащабно изследване е, че в параметричните области, където класическите спинов фази са макроскопически изродени, двата типа изотропни квантови системи с тричастични взаимодействия се характеризират с напълно различни макроскопски квантови състояния.

Анализирани са фазовите диаграми и нисколежащите квантови състояния на два базисни едномерни модела на Heisenberg, дефинирани върху ленти, представляващи изрезки от кагоме решетка. Анализът се базира на комбинация между аналитични спин-вълнови пресмятания и точни числени диагонализации по метода на Langzos. В системата с един тип решетъчен спин ($\text{S}=1/2$) са изследвани две критични спинова фази, които съответстват на фазите на изотропна спинова верижка с ефективен решетъчен спин $3/2$ и $5/2$. От друга страна, в системата с два типа спинов променливи $(\text{S}_1, \text{S}_2) = (1, 1/2)$, тези макроскопски спинов състояния се трансформират във фази на Haldane съответно с ефективен решетъчен спин 1 и 3 .

Разгледано е взаимодействието на светли солитони във феромагнитна верижка с примеси, които оказват влияние върху анизотропията. За целта е използван модел на Хайзенберг в приближение на близки съседи. Изведено е съответното нелинейно пертурбирано уравнение на Шрьодингер, описващо солитонната динамика, в което наличието на линейни и нелинейни пертурбационни членове е специфична особеност на този вид примеси. Установено е че, за големи стойности на анизотропията преобладава линейната част от тяхното комбинирано действие. Намерени са статичните решения на свързаното солитон-дефект състояние и са разгледани условията за тяхното съществуване. Детайлно е изследвано и взаимодействието на движещи се солитони с дефекти в анизотропията. В зависимост от началната скорост и ширина на солитона, параметрите на магнитната верижка и силата на дефекта солитонът може да се захване, да премине, да се отрази или да се разцепи.

Изследвана е динамиката на периодична ХХ-спинова магнитна система взаимодействаща с константно хомогенно и квантувано кръгово поляризирано магнитно поле. Геометрията на задачата е избрана така, че константната компонента и вълновият вектор на квантуваната компонента на магнитното поле са перпендикулярни на равнината на ХХ-верижката. Изследвани са условията за прилагане на приближението на въртящата вълна и е установен ефект на динамично отцепване на взаимодействаща с високочестотно квантувано поле част от магнитната ХХ-система. Показано е, че ако в началния момент всички N възбуждения се съдържат в квантуваното магнитно поле, тогава по време на еволюцията на системата основният ефект ще се състои в квантови Раби осцилации на едно възбуждение между модът с нулев импулс в ХХ-системата и осцилиращото поле. Съответно, редуцираният брой на фотоните и магнетизацията ще имат подобно на осцилиращо поведение зависещо от отношението N/p , където p е броят на спиновете във верижката. Получените приближени аналитични резултати са потвърдени с точни числени пресмятания.

Изследван е моделен Хамилтониан на Джейнс-Къмингс, описващ взаимодействие между кванти на електромагнитно лазерно лъчение с крайна линейна система, състояща се от взаимодействащи съседни спинове с големина на спиновия ъглов момент $1/2$. Разработен е аналитичен метод за получаване на енергетичния спектър на хамилтониана на системата при произволен брой фотони.

Изследвана е динамиката на комплексни мрежи с топологията, която се променя във времето и със забавяне във връзките на взаимодействие. Синхронизацията в такива мрежи се оказва зависима от взаимодействието на три времеви скали: вътрешната времева скала на динамиката на самата мрежа, времето на забавяне на свързване и времевата скала на промяна на топологията на мрежата. Разработена е аналитична теория за стабилността на решението, съответстващо на състояние на синхронизация на системата. В два гранични случая системата може да бъде сведена до система с „ефективна“ топология: при бърза промяна на топологията, когато колебанията в мрежата са много по-бързи от вътрешната времева скала и забавянето на свързването, ефективната топология на мрежата се задава с аритметичната средна стойност за различните междинни топологии. При бавната динамика на промяна на топологията на мрежата, когато скалата на времето за колебание на мрежата е сравнима със забавянето на свързването, ефективната матрица е геометричната средна на матриците, съответстващи на различните топологии. В междинния режим, системата показва чувствителна зависимост от съотношението на времевите скали и спецификата на топологиите, като резултатът е потвърден и чрез числени симулации.

ФУНКЦИОНАЛНИ МАТЕРИАЛИ И НАНОСТРУКТУРИ

Изследвана е магнитната структура на мултифероичното съединение YbMnO_3 с неутронна дифракция при магнитно поле приложено по оста C на монокристален образец. Предложено е обяснение за подреждането при нулево поле както и за индуцираната от приложено поле магнитна реориентация на Mn атом и на двата нееквивалентни Yb атома.

Изследвани са магнитокалоричните свойства на орторомбичните мултифероични RMnO_3 (R = магнитен редкоземен атом). Показано е че монокристалният хексагонал ErMnO_3 проявява огромен ротационен магнитокалоричен ефект при завъртане на кристала около оста a или b в постоянно магнитно поле. Генерираният анизотропен термичен ефект е около 3 пъти по-голям от този в хексагонални монокристали от HoMnO_3 . Увеличението на ротационния магнитокалоричен ефект в хексагоналното съединение ErMnO_3 е породено от уникалните свойства на магнитната Er^{3+} подрешетка.

Приготвени са слоеве от цинков оксид легиран с алуминий (AZO) по метода атомно послойно отлагане (ALD). Получените слоеве притежават висока оптична пропускливост във видим и близък инфрачервен спектрален диапазон. Установени са оптимални състави за растеж на AZO, където електрическата проводимост на слоя е най-висока. Въз основа на извършените измервания на оптични и електрически характеристики, избрани AZO филми с оптимална проводимост са използвани като прозрачни електроди в течнокристални дисплеи с качества, сравними с тези на конвенционалните ITO електроди.

Изследвани са тънки слоеве ZnO, отложени чрез ALD върху подложки от полиетилен нафталат (PEN). Наблюдавани са промените в оптичната пропускливост и кристалната структура при вариране на температурата на отлагане. Изследвани и обсъдени са електромеханичното поведение, диелектричните загуби и напрежението, генерирани от гъвкавите ZnO устройства, за да се оцени възможността за потенциалното им приложение като микрогенератори, активирани от човешко движение.

Тънки слоеве от TiO_2 са нанесени чрез ALD върху кварцови резонатори и техните сензорни свойства са изследвани с метода на кварцовата микровезна (QCM). Доказа се тяхната висока чувствителност към NO_2 , като при стайна температура се регистрират концентрации от 50 ppm, след което сензорите се възстановяват напълно, тъй като сорбцията е напълно обратима.

Сравнени са свръхпроводимите и транспортни свойства на образци $\text{Fe}(\text{Se},\text{Te})$ получени от стопилка (S, Self-flux) и по метода на Bridgman (B). В-образецът има по-висока критична температура и по-нисък магнитен фон. За него $M(H)$ хистерезисните криви при различни температури показват по-силен свръхпроводим сигнал и присъствие на „пик“ ефект. Пресметнатият критичен ток (като функция на магнитното поле или температурата) по модела на Been е по-висок за образца B. Установено е, че „пик“ ефектът се дължи на прехода от слаб към силен пиннинг на магнитните флуксони с увеличаване на полето. Слабият пиннинг се асоциира с неколрелирани точкови дефекти, а силният пиннинг е резултат от установена висока плътност на граници на двойникуване в образца B.

Изследван е ефектът на Хол на поликристални образци FeSe със и без добавка на сребро. За образците със сребро е установена нелинейна температурна зависимост на константата на Хол - $R_H(T)$ и промяна на знака ѝ с температурата. В съгласие с некомпенсираната природа на носителите (електрони и дупки) в този образец, $R_H(T)$ е отрицателна в широк температурен интервал - от 4.2 K до около 240 K. При $T \geq 240\text{K}$, R_H расте и си променя знака в резултат на повишаване подвижността на дупките с повишаване на температурата. Установено е още, че с увеличаване концентрацията на среброто расте магнитосъпротивлението на образците. При високи температури магнитосъпротивлението се отклонява от типичното Kohler мащабиране, понеже FeSe е многозонен материал. При ниски температури (под 30K) Kohler мащабирането се възстановява, тъй като тогава активен е само един тип носители (електроните) и материалът се държи като еднозонен.

Филми от еднослоен и няколко-слоен графен бяха получени чрез химическо отлагане в газова фаза върху подложки от медно фолио. Част от тези филми бяха трансферирани върху изолиращи подложки. Така получените проби бяха характеризирани с Раманова спектроскопия и рентгенова фотоелектронна спектроскопия.

Чрез микротекстурен поляризационен и електрооптичен анализ в нанокompозити получени от смес на димерен течен кристал 7OBA и графен във формата на люспи е показано, че π - π взаимодействието на димерния и бифенилния пръстени на течния кристал с въглеродните хексагони на графеновия слой води до рязко снижение на

симетрията и в температурния диапазон на смектичната C-фаза на чистия 70BA течен кристал индуцира фероелектрична смектична C_G фаза с триклинна симетрия.

Мембрани от твърдотелния полимерен електролит PEO/PVP/NaIO₄ бяха легирани с графенов оксид (GO). Нанокмпозитната мембрана PEO/PVP/NaIO₄/GO прояви подобрена якост на опън до 41,8% и при модула на Young до 40,4% както и подобрена проводимост от 1.89×10^{-6} S/cm.

Наноламинатни Al₂O₃/HfO₂ диелектрични структури, получени с метода атомно послойно отлагане (ALD), са изследвани с цел приложение в енергонезависими флаш памети на основата на захват на заряд. Установено е, че утечните токове в структурите зависят от дебелината на подслоевите от алуминиев окис, при варирането ѝ от 0.2 до 1 nm (2 до 10 ALD цикъла). Наблюдаваното поведение на утечния ток е интерпретирано с промяна ролята на Al₂O₃ в многослойния диелектрик при вариране на дебелината му: от пасивиране на съществуващи дефекти при ниски концентрации на Al₂O₃ и генериране на нови дефекти до формиране на добре дефиниран диелектричен слой (при дебелини ~ 1 nm), чиято ширина на забранената зона е по-голяма от тази на HfO₂. Установено е, че отгряването в азот увеличава утечния ток, което се свързва с генериране на нови плитки уловки и/или се изменение енергетичното положение на съществуващите уловки, приближавайки ги към дъното на зоната на проводимост. Установено е, че утечният ток е обусловен от обемно ограничен механизъм на прпроводимост и се описва със степенна зависимост $\sim V^n$ ($n = 0.6-1$). След прилагане на импулсно напрежение с достатъчно висока амплитуда (± 12 V) утечния ток е пропорционален на V^n или $(V - V_t)^n$ в зависимост от полярността на импулса и знака на напрежението при измерване на тока. Резултатите се интерпретират с модел на транспорт на токови носители в матрица от уловки в диелектрик, при който токът е ограничен от свободните за заемане места при придвижването на носителите.

От температурната зависимост на тока в наноламинатни структури Al₂O₃/HfO₂ (10 и 30 цикъла Al₂O₃) е определено, че уловките, определящи проводимостта на слоевете при ниски напрежения, се намират на 0.5-0.6 eV под дъното на зоната на проводимост на диелектрика. В областта на високи приложени напрежения (над 10 V) проводимостта се обуславя от механизма на токове ограничени от пространствен заряд в присъствие на уловки намиращи се на ~0.06 eV под нивото на Ферми. Определената от I - V характеристиките концентрация на дълбоките уловки се съгласува добре с плътността на захванатия заряд получена от волт-фарадни измервания. Оценено е изменението плътността на захванатия в слоевете положителен и отрицателен заряд във времето и броя на операциите за въвеждането му (т.н. retention и endurance характеристики). Слоеви с оптимизирани чрез кислородно отгряване параметри демонстрират много високо ниво на съхранение на информацията - 65% от първоначално захванатия заряд остава в слоя след 10 год. Наблюдаваните загуби на заряд във времето са интерпретирани с тунелен механизъм на разреждане. Установено е, че структурите притежават също висока стабилност по отношение на операциите на запис/презапис на заряд с различен знак: наблюдаваното изменение е около 6% след 2.5×10^4 цикъла.

Слоеви Al₂O₃, pSi и TiO₂ са ецвани чрез атомно-силов микроскоп (скалпел-AFM техника) и ецваните области са анализирани чрез измерване на утечния ток (C-AFM) и ТЕМ изображения на напречно сечение. Показано е, че скалпел-AFM методът променя електрическите свойства на различните слоеве по неконтролируем начин поради високите необходими контактни сили / налягания. В зависимост от изследвания материал се наблюдават редица нежелани ефекти, като напр. фазови преходи, създаване на дефекти, проникване на метални атоми. Това ограничава разделителната способност на тази техника при изучаване на наноразмерни обекти, напр. електрическите характеристики на проводящите нано-пътечки (conductive nanofilaments, CNF),

образувани при процесите на резистивно превключване. Предложен е подход за правилно използване на скалпел-AFM техниката за 3D характеризиране на електрическите свойства на наноматериали.

Проведени са експерименти за оценка на възможността за получаване на слоеве от Al_2O_3 и MgO с определен коефициент на термично разширение върху подложки от корунд (Al_2O_3) чрез термично и йонно-асистирано, електронно-лъчево изпарение. Изследванията са направени по поръчка на фирма Sensata с цел разработване на технология на производство на високотемпературен сензор за контрол на изгорелите автомобилни газове. Технологичните експерименти са извършени съвместно с Лаборатория Оптика и спектроскопия.

MOS структури с двуслоен диелектрик, $\text{SiO}_2/\text{SiO}_x$, са тествани за превключване между високо и ниско резистивно състояние. Част от структурите бяха отгряти при 1000°C за 60 min в N_2 , за да се образуват силициеви нанокристали (Si NCs) в SiO_x матрица. Трансмисионна електронна микроскопия на напречното сечение показва, че след високотемпературното отгряване се извършва фазово разделяне и се образуват нанокристали с размер $\sim 4\text{--}5\text{ nm}$. Волт-амперните измервания показват, че биполярно превключване настъпва само в отгрятите структури $\text{c-Si}/\text{SiO}_2/\text{SiO}_x/\text{Al}$, но не и в контролните образци. Модел, обясняващ промяната на съпротивлението с образуването от електрическо поле на проводяща пътека в слоя $\text{SiO}_x\text{--Si NCs}$ при отрицателни напрежения на гейта и токово обусловено разрушаване на проводящата нишка при положителни напрежения, бе потвърден от високочестотни волт-капацитивни ($C\text{--}V$) измервания. От $C\text{--}V$ резултатите бе пресметнато, че диелектричната константа на неотгрятите SiO_x слоеве с $x = 1.3$ е $\epsilon_{\text{SiO}_x} = 4.6$.

Изследвана е поносимостта на Релеевия повърхнинен акустичен (RSAW) мод в двувходови резонансни структури към мономолекулни Ленгмюир Блоджет (LMB) слоеве за приложения в биологични масочувствителни сензори. Мономолекулни слоеве от веществото дипалмитол фосфатидил етаноламин, маркирано с нитробензоксадиазол (DPPE-NBD) и разтворено в хлороформ, са нанесени последователно един върху друг върху активната зона на двувходов RSAW резонатор на честота 433 MHz с корозионно устойчива златна електродна структура чрез контролирано изтегляне от LMB вана. Равномерността на отложените слоеве, както и тяхната структура са изследвани съответно с AFM и чрез оптична спектроскопия. Поносимостта на RSAW към LMB слоеве от този тип е изследвана чрез запис и сравнение на електричните амплитудно честотни (АЧХ) и фазово честотни характеристики (ФЧХ) на устройството посредством векторен анализатор на вериги преди и след нанасяне на слоевете. Резултатите показват, че получените монослоеви се състоят от вертикално подредени цилиндри с диаметър от 50 до 200 nm, които значително увеличават активната площ на взаимодействие на RSAW резонатора с изследваните биоактивни вещества. Адхезията на отложените слоеве към кварцовата повърхност на RSAW резонатора е много добра, а три последователно нанесени монослоя от DPPE-NBD практически не влошават електричните характеристики на сензора. Налице е много добра поносимост на RSAW мода към LMB монослоеви от този тип, което ги прави подходящи за биосензорни приложения.

Методът на полимеризация в плазма (МПП) е изследван като подход за бързо и просто модифициране и подобрене на ултра- и нанофилтрационни мембрани. Методът доказва ясна способност в оптимизиране работните параметри при РЕЕК-мембрани, където е постигнато до 400% подобрене в пропускливостта, и селективност от начално 800-1500 далтона молекулна маса до под 300 далтона с едно плазмено третиране. Плазмената обработка на ултрафилтрационни мембранни типове PAN и Ultem доказва възможността за директна трансформация ултра→наномембрани със забележителните

показатели от селективност ≥ 200 далтона в целия изследван диапазон при напълно приемлива пропускливост. Описаният метод има потенциал като евтин, бърз и прост алгоритъм за мембранно усъвършенстване.

Изследванено е приложение на МПП за синтезиране на композитни покрития от суспензия на хексаметилдисилоксан с нанодиамаантни частици в различни количества (0.1, 0.5 и 1 mg/ml), подходящи за остео-интеграция. Установено е, че с увеличаване концентрацията на частиците се намалява модулът на еластичност (МЕ) на слоевете, докато другите повърхностни свойства - омокряемост и топография – не се променят. Демонстрирано е, че композитите с МЕ близки до тези на костната тъкан (0,2-2,8 GPa) стимулират растежа и остеогенното диференциране на човешките мастни мезенхимни стволови клетки. Матричната минерализация и разстилането на клетките е максимална върху покрития с най-високия МЕ като предварителното им покриване с фибронектин повишава този ефект. Затова слоевете са подходящи не само за остео-интеграция, а и за модифициране на вече приложени импланти, както и като модел на субстрат за изследване еластичността на материала върху клетъчното поведение.

Проведени са нови фундаментални изследвания върху противообледеняващите свойства на свръххидрофобни покрития от въглеродни сажди, в частност, тяхната противозаскрежаваща способност. Чрез контролирано горене на рапично олио са отложени три вида сажди с различна степен на окисление и структурни дефекти върху 16 MHz кварцови микровезни (КМВ). Противозаскрежаващото действие на материала е оценено чрез анализ на сигнала генериран от всеки сензор при поставянето му в условия на отрицателни температури и средна влажност на въздуха (~50-60 %). Резултатите недвусмислено показват, че скоростта на скрежообразуване е пропорционална на степента на окисление на саждите, като при покритията с най-слабо окисление формирането на скреж се потиска до температури от -20 °C. Получени са и качествено нови фундаментални познания за антимикробната активност на свръххидрофобните въглеродни сажди към Грам-отрицателни бактерии Псевдомонас путида. Въз основа на детайлен повърхнинен анализ на покритията и проследяване в реално време на сензорния отклик на четири 5 MHz КМВ, са установени два вида начална биоадхезия - обратима и необратима. Механизмът на всеки вид биоадхезия е свързан с наличието и пространственото разпределение на повърхнинни грапавини и пори, съизмерими с размера на бактериалните клетки, което води до частично омокряне и понижаване на кинетичната бариера, която бактериите трябва да преодолеят, за да се захванат към повърхността.

НАНОФИЗИКА

Проведени са изследвания по разработване на технология за отлагане на тънки слоеве с различна морфология чрез прилагане на честотна модулация на подложката по време на термично изпарение във вакуум и изследване на влиянието на честотните модуляции върху механизма на растеж на отлаганите слоеве. Отложени са слоеве от Те с номинална дебелина от 60 nm при различни честоти на приложените механични трептения - 0, 50, 4000 и 10000 Hz. Чрез атомносилова и сканираща електронна микроскопия (AFM и SEM), рентгенова дифракция (GIXRD) и спектрална елипсометрия (SE) са определени основните структурни параметри на слоевете. Установено е, че структурата на всички образци съответства на хексагонален телур с параметри на кристалната решетка, в добро съгласие с тези в литературата и с вътрешни напрежения, вариращи от 0 до 0,2 (при 4 kHz вибрационно въздействие). При всички образци средният размер на кристалитите е около 17 nm. Морфологичните наблюдения потвърждават ефекта на FATEV, определен по-рано за по-дебели слоеве -

организирането на частиците, формиращи слоевете, се повишава с увеличаването на честотата на вибрациите, с пик на повърхностната грапавост при 50 Hz. При прилагане на 4 и 10 kHz се наблюдава промяна на механизма на растеж в дълбочина на слоевете - образците, отложени без въздействие върху подложката и тези, отложени с прилагане на вибрации с честота 50 Hz, се състоят от хомогенен плътен долен подслой и много добре дефиниран грапав слой отгоре, а слоевете, отложени с използване на честоти в килогерцовия диапазон се състоят от единични нано-ленти, с преобладаващ растеж по z-оста от самото начало на формирането на слоя. Средното съдържание на порите е ~ 15%. Предполагено е, че възбуждането на подложките с честоти в килогерцовия диапазон предизвиква ограничение на широчината на наноформациите, дефинирани от съответния резонансен период на подложката.

Чрез AFM са изследвани морфологията и топографията на тънки слоеве от SnO_2 , легирани с 0 - 5 mol % As_2O_5 . Наблюдавана е морфология, типична за нанокристални слоеве. Определени са средноквадратичната грапавост на слоевете и размера и разпределението на наночастиците и е определен слой с оптимално съдържание на As (2 mol % As_2O_5), дебелина 230 nm, размер на зърната ~70 nm и $R_q = 14$ nm с оглед на приложението на тези слоеве за позиционно-чувствителни фотодетектори.

Изследвани са морфологията и топографията на тънки наногранулирани Pt покрития и $\text{TiO}_2/\text{Pt}/\text{TiO}_2$ наноламинатни структури, получени с радиочестотно магнетронно разпръскване. Резултатите от тези изследвания бяха приложени при разработката на нов технологичен подход за получаване на високочувствителни сензори за деформация на основата на съпротивления с наноламинатна структура, съдържащи Pt гранули.

За определяне на дебелината на слоевете, оптичните константи и ширината на забранената зона са проведени елипсометрични изследвания на тънки слоеве от метални оксиди (Al_2O_3 , ZnO , WO_3 , SnO_2 , TiO_2), отложени чрез послойно атомно отлагане (ALD) върху подложки от силиций, стъкло и върху гъвкави подложки (PEN, PET, Polycarbonate). Изследвани са зависимостта на оптичната ширина на забранената зона и на дебелината на слоеве от ZnO , от температурата на отлагане (50-250°C), както и зависимостта на забранената зона от дебелината на слоевете. Установено е, че ширината на забранената варира от 3,27 до 3,37 eV за слоеве от ZnO отложени при температури от 50 до 250°C. Направени са елипсометрични измервания и на серия от тънки въглеродни слоеве, отложени чрез импулсно лазерно отлагане върху подложки от SiO_2/Si . Определени са дебелините и оптичните им константи.

Хомогенни SiO_x слоеве с четири различни състава ($x = 1,2, 1,3, 1,5, 1,7$) и такива термично третирани при 1000 °C, съдържащи силициеви нанокристали, са облъчени с 20 MeV електрони с две различни дози ($2,4 \times 10^{14}$ или $3,6 \times 10^{15}$ electrons/cm²). Резултатите от инфрачервено пропускане показват, че в хомогенните слоеве степента на фазово разделяне, индуцирано от електронното облъчване, е най-висока при дозата от $3,6 \times 10^{15}$ electrons/cm². При композитните слоеве TEM резултатите доказват съществуването на нанокристали с подобен фактор на запълване в необлъчените и облъчените слоеве, а данните от Раманово разсейване свидетелстват за наличие и на малко количество чиста аморфна силициева фаза в необлъчени и облъчени с електрони слоеве. SE разкри, че електронното облъчване, подобно на случая с аморфните наночастици, води до намаляване на размера на нанокристалите т.е. този ефект не е повлиян от подредеността на атомната решетка в наночастиците.

Чрез термично изпарение във вакуум са отложени тънки слоеве от ZnSe с дебелини 50 - 160 nm. Със спектрална елипсометрия и AFM са изследвани две групи слоеве: свежи и релаксирани (съхранявани 4 месеца след отлагане при температура 25 °C на въздух). Направено е заключение, че всички слоеве са нанокристални с размер на

зърната около 25 - 30 nm. Установено е, че в резултат на релаксацията поръзността на слоевете значително намалява - от около 30% при свежите до 15-19% при релаксиралите, докато повърхностната им грапавост нараства – от ≤ 0.5 nm при свежите слоеве с дебелина 50 nm до около 2.6 nm при релаксиралите. Сензорни изследвания показват, че чувствителността на слоевете от ZnSe при стайна температура към пари на етанол нараства с намаляване на дебелината им. Освен това, свежите слоеве са с по-голяма чувствителност от релаксиралите, което показва, че поръзността има по-силно влияние върху чувствителността на слоевете от повърхностната им грапавост.

Продължени са изследванията върху обемни стъкла и халкогенидни слоеве от $\text{Ge}_x\text{Sb}_{40-x}\text{Se}_{60}$ ($x=15, 20, 25, 27, 32$ и 35 at.%), отложени върху кварцови подложки чрез термично изпарение във вакуум на съответните стъкла. AFM данните показват, че слоевете са с гладка повърхност ($< 2,3$ nm) и са прозрачни ($T \sim 80\%$) в спектралния диапазон 0,85–3,5 μm . Данните от дифракция на неутрони и рентгенови лъчи от обемните доказват, че синтезираните състави са аморфни. Чрез моделирането на дифракционните данни по обратния Монте-Карло метод е показано наличието на Ge-Se и Sb-Se хетерополярни връзки, образуващи структурни единици, както и на Se-Se и Ge-Ge хомополярни връзки. Оптичните изследвания върху слоевете потвърждават резултатите от дифракционните изследвания, като показват и наличие на водородни и кислородни примесни връзки. При съдържание на Ge около 27 at.% се наблюдават особености в композиционните зависимости на параметрите на изследваните слоеве. Това свидетелства за фазов преход от двумерна към тримерна структура при такова съдържание на Ge в халкогенидните материали.

ФИЗИКА НА МЕКАТА МАТЕРИЯ

През отчетния период е изследван ефектът на захарозата върху електричните свойства на моделни липидни мембрани. Изучаването на взаимодействието и влиянието на нискомолекулните въглехидрати върху мембранните свойства е както от фундаментално значение, така и технологична важност във връзка с изясняване на ролята на захарите в природните механизми на предпазване на растенията от засушаване, в крио- и биопрезервацията в редица индустриални и медицински приложения. Електричният капацитет на биомиметични мембрани от синтетичен лецитин в солеви разтвор при различни концентрации на захароза е получен посредством анализ на деформацията на липидни везикули в променливо електрично поле. В електрохимичните експерименти еднослойните липидни везикули с размери от порядъка на десетки микрометри представляват подходящ биомиметичен обект с ниско механично напрежение на мембраната. Методът на измерване се базира на промяната във формата на везикулите при изменение на честотата на приложеното електрично поле в зависимост от съотношението между проводимостите на разтворите вътре и извън везикулите. След измерване на радиуса на везикулата, проводимостите на вътрешния и външния за везикулата водни разтвори и след намиране на честотата, при която везикулата придобива сферична форма се определя специфичният капацитет на мембраната. Резултатите от нашите измервания в солеви разтвор без захар показаха по-нисък мембранен капацитет в сравнение със стойностите, получени за фосфатидилхолинови окачени бислоеве, както и за мембрани, отложени върху твърда подложка. Така установената разлика е вероятно да се дължи на по-високото механично напрежение на мембраната в последните две моделни системи, което се асоциира с по-малки дебелини на бислоя. При увеличаване на молната концентрация на захарта е установено нарастване на електричния капацитет на мембраната. При отчитане на обратнопропорционалната зависимост

между дебелината на бислоя и електричния му капацитет, заключаваме, че докладваният от нас резултат е в съгласие с известния от литературата ефект на намаляване на дебелината на липидния бислой в присъствие на захарни молекули в околния за мембраната воден разтвор. Същевременно, намаляването на дебелината на бислоя не е достатъчно да обясни измереното нарастване на електричния капацитет на мембраната, което е резултат от увеличаването на относителната диелектрична проницаемост на бислоя.

Електродеформационният метод е използван за определяне на електричния капацитет на фосфатидилхолинови мембрани в присъствие на 0.03 mol % азобензен-съдържащ пептид с потенциална антиконвулсивна активност. Получената стойност на капацитета е по-ниска от електричния капацитет на еднокомпонентна липидна мембрана със същия липиден състав, което свидетелства за нарастване на дебелината на азопептид-съдържащите мембрани, съпроводено с изменение на диелектричната проницаемост на бислоя. Получените резултати позволяват оценка на времето на заряд на клетъчната мембрана, предаването на нервния импулс и количественото описание на въздействието на електрични полета върху клетките.

Посредством анализ на термичните флуктуации на формата на квазисферична везикула е получена оценка за модула на еластичност на огъване на мембраната в присъствие на различни концентрации (0,5 и 1 тегловни процента) златни наночастици с хидрофобна обвивка. Използваните наночастици бяха синтезирани от колегите от Химико-технологичния университет в Москва. Резултатите от изследването показват, че добавянето на наночастиците слабо повишава модула на еластичност в изследвания концентрационен диапазон.

Посредством метода на диференциалната сканираща калориметрия (DSC) изследвахме термодинамичните характеристики на фосфолипида SOPC при последователно нарастване на хидратирането му и при смесването му с холестерол в концентрации между 10 и 50 мол %. Основните резултати при DSC експериментите показаха, че при последователно нарастване на хидратирането между 10 и 33 тегловни %, съществено се променят термичните параметри на системата. Така при фиксирана концентрация на водата двете основни величини, енталпия и температура на фазовия преход гел-течна кристална фаза, при нарастване на скоростта на нагряване, нарастват, което е индикация за нарушаване на параметъра на подреждане в хидрофобната област. При фиксирана скорост на нагряване обаче, енталпията и ентропията линейно намаляват, с водната концентрация, което е отражение за подобряване на подреждането на въглеродородните опашки. Освен това установихме, че драстично намаляване на енергетичните параметри с увеличаване на концентрацията на водата в системата усилва водородните връзки на водата с C=O или P=O фосфатните групи, в съгласие с предишни спектроскопски резултати. Асиметричната форма на ендотермичните пикове показва, че основният фазов преход гел-течна кристална за изследвания фосфолипид е от типа фазов преход управляван от van't Hoff енталпията. Този вид фазов преход е индикация за наличие на междуфазово (между гел и течна кристална фаза) състояние, отразяващо частично кооперативен (съгласуван) фазов преход, срещан както във фосфолипидите, така и в димерните течни кристали.

При DSC изследванията на смес от SOPC с различни концентрации холестерол, ние получихме, че при достатъчно продължителна инкубация на образците при температури до около -40°C (осигуряваща термодинамично равновесие), и за концентрации под 20 мол %, се индуцира твърда кристална ламинарна фаза, която предхожда гел-течнокристалния преход.

Продължиха изследванията на тънки филми (25 μm) от наноматериали, получени от нематичен течен кристал 4-n-хептил цианобифенил (7CB), 3 тегл.% хидрофилни силикатни наносфери (Aerosil 300) с размери 7 nm и 3 тегл.% течен кристал 4-(4'-ethoxyphenylazo)phenyl hexanoate (EPH) при стайна температура. Допълнително бяха изследвани различни концентрации с азодобавката EPH, вариращи от 1 тегл.% до 10 тегл.%, с цел да се установи влиянието и върху фотостимулирани електрооптични свойства на тънки филми от нематичен нанокомпозит аеросил /EPH /7CB, представляващ мек гел. Тънки филми от получения от нас наноструктуриран нематичен гел показаха модифицирани електро-оптични (ЕО) свойства. По-специално, включването на относително малки добавки от 3 тегл.% аеросил и EPH в нематика E7 позволи да се постигне ефективно модифициране, както на статичните характеристики (контролиране на оптичната пропускливост посредством променливо електрично поле), така и на ЕО модулационни характеристики (с удвоената честота) на тънки филми от нематичен наногел. Модифицираният ЕО отклик в наноструктурирания нематик се проявява в следствие на изградената наномрежа от силикатните наночастици и допълнителната азо-добавка, която декорира пространствената мрежа образувана от силициевите наночастици. Основната причина за наблюдаваните ЕО ефекти на нематика: 7CB/аеросил/EPH е фото- и електро-индуцираната промяна в нематичното подреждане.

Проведено е диелектрично изследване на нанокомпозитният материал от 7CB/aerosil дотиран с фотоактивна азо-добавка (3 wt.% photoactive azobenzene liquid crystal 4-(4'-ethoxyphenylazo)phenyl hexanoate (EPH)) [3]. Целта на изследването е да се анализира диелектричното поведение на фотоактивната наноструктурирана нематична система при осветяване с ултравиолетова светлина. Тази светлина се поглъща от транс-конформерите на EPH молекулите, които декорират пространствената мрежа образувана от силициевите наночастици. В резултат на това е възможно обратимо превключване на диполния момент на групата на азобензена, приблизително от 0 (за trans) до 3 D (за cis конформерите). Използвана е импедансна спектроскопия за изследване на ефекта.

Използвайки електрическа импедансна спектроскопия в честотния диапазон от 0.1 Hz до 1 MHz при стайна температура, ние изследвахме промяната в електрическия отговор на нематичния ТК E7 в резултат на дотиране с графен при концентрация 10^{-3} тегл.%. Показано бе, че дори и при тази много ниска концентрация, графеновите нанолюспи намаляват йонната проводимост на изследваните наноструктурирани ТК материали. Този факт потвърждава резултатите, докладвани по-рано от други изследователи, и показва по-добрите електро-оптични характеристики на тънки филми, получени от изследвания нанокомпозит: графен/E7 в сравнение с чистия E7. Наблюдаваната важна промяна в свойствата се отнася до специфичен честотен диапазон, който в нашия случай е най-забележим в нискочестотния обхват под 1 kHz.

Бяха изследвани нанокомпозитни филми от полимер диспергирани течни кристали E7 / NOA65, легирани с WO_3 частици. Филмите бяха получени по конвенционалния начин използван за микроразмерни ПДТК. Дори и при относително ниска степен на дотиране с наночастици от WO_3 (1 тегл.%), резултатите показват силно модифициране на фазовото разделяне, морфологията и ЕО отговор на ПДТК филми. В тези ПДТК филми: WO_3 / E7 / NOA65, ТК области са ограничени до наноразмери, а ЕО характеристиките на пропускане като функция от напрежение са близки до тези на типичните наноразмерни ПДТК. Такива ПДТК нанокомпозитни филми са полезни за ЕО приложения, като ЕО превключватели, електрически регулируеми атенюатори, персонализирани електрически контролирани светлинни филтри и други ЕО устройства за активно управление на светлината.

Изследвани са топлоактивиращи Ni-Ti, Cu-Ni-Ti и Tritanium дъги, за които липсва цялостна информация за химичният състав, структурата, морфологията и термичните фазови преходи, както и информация за оптималния период на престой в устната кухина на пациента. Посочването на тази информация е важна при избора на подходяща дъга за определен етап от ортодонтското лечение. Изследванията са направени на неизползвани и използвани в in-vivo среда (клиничната практика) ортодонтски дъги чрез съвременни методи като: сканираща електронна микроскопия (SEM), рентгеноструктурен анализ (XDR), енергийно-дисперсионен анализ (EDS) и лазерно-индуцирана плазмена спектроскопия (LIPS). Въз основа на получените резултати и със съдействието на Катедра Ортодонтия, МУ, София се предлага за първи път началното формиране на онази част от базата данни за цялостното поведение на ортодонтските дъги, обхващаща химичния състав, кристалната/аморфната структура, морфологията и термичните фазови преходи на топлоактивиращи Ni-Ti и Cu-Ni-Ti, и Tritanium ортодонтски дъги, използвани при лечение с фиксирана техника у нас.

Защитен е и Дисертационният труд за присъждане на образователната и научна степен „Доктор“ на тема: „Изследване на материали с приложение в ортодонтията“.

В съвременното материалознание особен интерес представляват мултифункционалните материали, съдържащи фази с различни свойства (феромагнитни манганитни фази; свръхпроводими керамични фази и др.), определящи тяхното приложение. В последните години едно атрактивно приложение на тези материали е за производство на батерии. Получаването на такива обемни композитни материали с мултифункционални свойства изисква оптимизиране на метода на синтез като се определят оптималните параметри: влияние на състав, добавки, температура на спичане, газова среда, време. Чрез твърдофазен метод са синтезирани образци от системите: Y-Ba-Cu-O (с номинален състав: 123; 134; 156; 132033) и Bi-Sr-Ca-Cu-O (с номинален състав: 2201; 2212). Различни методи като сканираща електронна микроскопия (SEM), рентгеноструктурен анализ (XDR), енергийно-дисперсионен анализ (EDS), определяне на кислородно съдържание чрез спектrophотометрична методика и магнити измервания (AC/ DC) бяха използвани. Получен е чрез една стъпка на синтез (YBCO с номинален състав 134), керамичен обемен Y123/BaCuO₂ материал с мултифункционални свойства (свръхпроводимост и магнетизъм при ниски температури). Изпитана е проводимостта на купратните керамики - BSCCO и YBCO посредством импедансна спектроскопия. Получена е информация за електрохимичните им характеристики, при различна електролитна среда, като основа за приложението им като проводима добавка в Ni-Zn батерии. Тези батерии са переспективен кандидат за замяна на токсичните никел-кадмиеви батерии. Предложени са еквивалентни електрически модели. Направени са изводи относно приложимостта на добавките в различни електролити. С цел да се установи механизма на позитивното им действие върху работата на Ni-Zn батериите, керамиките BSCCO 2201 и BSCCO 2212 са изследвани чрез циклична волтаперометрия (CV) и хронопотенциометрия (CP) в триелектродна клетка с електролит 7M KOH при 25°C. Промяната в морфологията на керамиките е наблюдавана чрез сканиращ електронен микроскоп (SEM). Чрез EDX елементен анализ са определени са продуктите на частична електрохимична редукция при постоянен ток (CP). Те включват: CuO, Bi₂O₃, Bi₂CuO₄, Sr(OH)₂, Ca(OH)₂ и др. На CV се наблюдават пикове свързани с пълната редукция на Bi³⁺ и Cu²⁺ йони до метални Bi и Cu, и последващото окисление на металите до съответните оксиди. За Sr(OH)₂ и Ca(OH)₂ е известно, че подтискат образуването на цинкови дендрити и така увеличават работния живот на батериите. Металите Bi и Cu увеличават проводимостта на активната

маса, така те улесняват процесите на редукция и окисление на основната електродна маса (Zn/ZnO).

ФИЗИЧЕСКА ОПТИКА И ОПТИЧЕСКИ МЕТОДИ

Усъвършенстван е молекулният и макроскопичен модел на фероелектричната смектична C_G фаза в ниско молекулни димерни течни кристални нанокомпозити и е обяснен двойният смектичен наклон, характерен само за такова нискосиметрично триклинно смектично състояние. За пръв път е показано, че двойният смектичен наклон, развиващ се в температурния район на смектичната C_G фаза, я разделя на две субфази, високотемпературна, C_{Gcl} , характеризираща се с наклон ω на директора спрямо нормалата на слоя и нискотемпературна, C_{Gln} , характеризираща се с ротация на равнината на наклона („накланяне“) на ъгъл $0 < \delta < \pi$ спрямо оста на директора. Чрез микротекстуриран поляризационен и електрооптичен анализ в нанокомпозити, получени от смес на димерен течен кристал 7OBA и графенен монослой, във формата на шупли, са детектирани микротекстурите на двете субфази, изразяващи сложните геометрии на двата смектични наклона. Двойният C_G смектичен наклон и съответстващите му C_{Gcl} и C_{Gln} субфази са потвърдени и чрез Раманова спектроскопия. В основата на предложения молекулен и макроскопичен модел на смектична фаза с двоен смектичен наклон е π – π електронното взаимодействие на димерния и бифилеен пръстени на течния кристал с въглеродните хексагони на графеновия монослой, при което пръстенът, респективно димерната молекула, се огъват, индуцира се фероелектрична поляризация и рязко се понижава молекулната и макроскопична симетрия на системата. Показано е, че високотемпературната C_{Gcl} субфаза е резултат от синклинни ω и анти лининг δ температурни флуктуации на директора, докато нискотемпературната C_{Gln} израства от синклинни флуктуации и на двата смектични наклона. Изследван е електрооптичният отзвук на двете C_G субфази в постоянно и ниско-честотно електрични полета. Чрез термодинамичен и електрооптичен анализ е показано, че преходът между двете фази е слаб фазов преход от първи род. Резултатите от тази работа са публикувани в *Journal of Molecular Liquids* 272 (2018) 97–105.

Проведени са експерименти и с графенови монослоеви, нанесени като електроди за електрично управление, заместващи популярните електроди от ИТО, на течнокристална клетка. Постигнахме много нисковолтово електрично възбуждане ≈ 0.4 V/ μ m и електричен отзвук в скалата на микросекундите. Резултатите от тези изследвания са докладвани на VIII конгрес „Нанонаука и нанотехнологии“, Потсдам, 2018 г.

Представен е теоретичен модел на ефекта на повърхнинния фото-заряден ефект за интерфейс твърдо тяло(в частност полупроводник)–анизотропен флуид, с цел обяснение на фазов преход от първи род, както и на „размит слаб преход от първи род“ в димерни течни кристални системи. Предложен е механизъм на фотозаряден ефект на такива повърхности, в основата на който е двоен електричен слой, в който, под въздействието на облъчващото го електро оптично поле, се индуцира преразпределение на интерфейсия заряд и като резултат се създава променливотокова потенциална разлика, детектирана като силен електричен сигнал, от порядъка на десетки милivolта в температурния район на фазовите преходи на течния кристал. Силата на детектирания електричен сигнал, както и големината на хистерезиса при нагриване и охлаждане на системата, отразява точно големината и характера на изследваните фазови преходи. Резултатите от тази работа са публикувани в *Phase Transitions* 91(5), 449-460 (2018).

На базата на Фурие трансформирана и микро Раманова спектроскопия са намерени специфичните физични характеристики на моделната бислойна липидна

мембрана 1-stearoyl-2-oleoyl-sn-glycerol-3-phosphocoline (SOPC) и показана основната роля на внесения в мембранната структура холестерол за оптимизиране на биологичните функции на мембраната. Чрез прилагане на течнокристален подход за обяснение на конформационните промени в структурата на мембраната са анализирани водородните връзки на хидратната компонента на холестерола с естерните, фосфатните и холинните групи на бислойната фосфолипидна система. Особено внимание е отделено на популацията на водородните връзки, както и на конкуренцията им с водородните връзки, които водата приоритетно осъществява с полярната и хидрофобна компоненти на мембраната. Анализирано е влиянието на холестерола върху степента на свобода на въглеродородните опашки в бислойната структура, деформациите на които определят степента на порядък на хидрофобната компонента на мембраната, а от там и на цялата мембрана подреденост. Показано е, че водородните връзки на холестерола с интерфейсните карбонилни групи са възможни само при едната от двете опашки на фосфатната молекула, идентифицирана като sn-2 chain. Резултатите от тази работа са публикувани в *Colloids and Surfaces A*, 557 (2018) 85-93.

Изследвани са специфични особености на електрическите и диелектрични свойства на нематичен течен кристал (НТК) E7, дотиран с наночастици от графен при концентрация 10^{-3} тегловни %. Тънки планарно-ориентирани филми с дебелина 7 μm от този НТК нанокомпозит са характеризирани посредством комплексна електрическа импедансна спектроскопия и комплексна диелектрическа спектроскопия в честотния диапазон от 0.5 Hz до 1 MHz на приложеното електрическо поле. Промяната на електрическия импеданс, йонната проводимост, мобилността на свободните йони и диелектричната функция на тънките филми на нанокомпозита графен/E7 са анализирани в зависимост от честотата на полето, както и от температурата. Съответните стойности и характеристики са сравнени с тези на филми от чист НТК E7, измерени при същите експериментални условия. В резултат на дотирането с графен се наблюдава значително намаляване на йонната проводимост. Този ефект се проявява в широк честотен и температурен диапазон и е важен за електро-оптичната функционалност на тънките филми от НТК-и, напр. за тяхното практическо приложение за НТК дисплеи и електро-оптични модулатори. Така нашите измервания показват, че изследваните филми с графен/E7 ще имат по-добри електро-оптични характеристики, в сравнение с тези на чист НТК E7. Получените резултати са от практическо значение за електро-оптични устройства, базирани на НТК-и, работещи при стабилни температури.

С оглед на практически приложения са изследвани оптичните, електро-оптичните, диелектричните и термо-оптичните характеристики на фоточувствителен нанокомпозитен нематик при облъчването му със светлина в ултра-виолетовия (УВ) диапазон на спектъра. Изучавани са тънки филми (с дебелина 25 μm) от НТК хептил-цианобифенил (7CB), нано-напълнен с 3 wt.% кварцови наносфери (Aerosil) с размер ~ 7 nm. Този наноструктуриран нематик се превръща във фотоактивен, когато се смеси с 3 wt.% течен кристал E7H, който съдържа структурни групи от фотоактивно азо-бензолно съединение. Изследвана е ролята на *trans-cis* конформацията на молекулите на E7H за промяната на свойствата на фотоактивния нанокомпозитен материал Aerosil/7CB/E7H. Посредством диелектрична спектроскопия в честотната област 0.5 Hz – 1 MHz е получена информация за наблюдаваните ефекти и за връзката между свойствата на този материал и фото-индуцираната изомеризация на азо-съдържащите молекули. Резултатите от тази разработка са полезни за практическото приложение на нематичните наноматериали за фото-контролируема електро-оптика и сензорика.

Посредством оптическа спектроскопия (спектроскопия на поглъщане и пропускане в УВ-видима и инфрачервена области, спектроскопия на дифузно отражение, а също и с Раманова спектроскопия) са проведени изследвания за

характеризиране на образци (във форма на стабилни тънки филми с дебелина 100 μm) от нов твърд полимерен нанокомпозитен електролит, синтезиран от полиетиленов окис (PEO), поливинил пиролidon (PVP), подходящата електролитна сол NaIO_4 (с концентрация 10 wt.% NaIO_4), в който са включени наночастици от графенов окис (GO) при концентрация 0.2; 0.4 и 0.6 wt.%. Наред с оптичната спектроскопия, структурните свойства на получените нанокомпозитни електролити бяха изследвани също и с рентгенова дифракция (XRD), трансмисионна електронна микроскопия (TEM) и сканираща електронна микроскопия (SEM). С тези експериментални техники се установи нарастването на хомогенността и на аморфността на материала с добавянето на GO, което е много важно за работата му като електролит. Температурната стабилност на синтезираните PEO/PVP/ NaIO_4 /GO електролити е изследвана посредством диференциална сканираща калориметрия (DSC) и термогравиметричен анализ (TGA) в температурния диапазон от $-60\text{ }^\circ\text{C}$ до $+150\text{ }^\circ\text{C}$. Установено е, че включването на GO в полимерните комплекси PEO/PVP/ NaIO_4 подобрява електрохимичната им стабилност в голям температурен прозорец. Електрическата проводимост на изследваните електролити е измерена посредством комплексна електрическа импедансна спектроскопия в честотната област 0.1 Hz – 1 MHz, при стайна температура. Нанокомпозитният електролит PEO/PVP/ NaIO_4 /GO, с 0.6 wt.% GO, показва проводимост $2 \times 10^{-6}\text{ S/cm}$, т.е. увеличение от около 12 пъти спрямо PEO/PVP/ NaIO_4 . Основният резултат от нашите изследвания е, че добавянето на доста малко количество GO към PEO/PVP-базирани полимерни композити води до значително подобряване на свойствата им, като ги прави атрактивни за тяхното приложение като електролити. Резултатите от проведените изследвания при различна концентрация на GO са полезни и за оптимизиране синтеза на достъпни полимерни електролити, чиято функция е базирана на Na^+ -йони и PEO/PVP-матрици, за презареждаеми мини-батерии и др. практически приложения (напр. в многообещаващата технология за следващото поколение електрообилни батерии), дават потенциално решение на известните проблеми с литиевите презареждаеми батерии.

По същата експериментална схема е изследвана и серия образци от композитен електролит, получен от две компоненти - полимер PEO и НТК Е8 с концентрация 10; 20; 30; 40 или 50 wt.%. Определена е промяната на структурата и диелектричните свойства на PEO/Е8 композитите в зависимост от концентрацията на НТК Е8. За целта са приложени оптическа спектроскопия на поглъщане и пропускане в УВ-видима и инфрачервена области, Фурие-трансформационна инфрачервена спектроскопия (FTIR) и Раманова спектроскопия, а също и рентгенова фотоелектронна спектроскопия (XPS), оптическа поляризационна микроскопия, диференциална сканираща калориметрия (DSC) и комплексна диелектрична спектроскопия в честотната област 0.1 Hz – 2 MHz. За характеризирне на йонната динамика, комплексната диелектрична функция на PEO/Е8 композитите е моделирана на базата на функциите на Kohlrausch–Williams–Watts и Havriliak–Negami. Важен резултат от анализа на съответните спектри на диелектричен отклик е, че присъствието на НТК Е8 увеличава йонната проводимост, мобилността на йоните и подобрява диелектричните свойства на PEO-базирани полимерни композити. При концентрация 30 wt.% на НТК Е8, PEO/Е8 показва йонна проводимост при стайна температура с повече от два порядъка по-голяма от проводимостта на полимера PEO. С такива характеристики, композитите PEO/НТК са атрактивни за употреба като електролити за презареждаеми мини-батерии, а също и за различни приложения в областта на органичната електроника и сензорика.

При съвместни изследвания с Университета Жул Верн, град Амиен, Франция са изследвани електрооптичните и диелектрични свойства на два термотропни течни кристала, съставени от два различни типа молекули с бананова форма. Въпреки малката

разлика в структурата на молекулите, нематичните фази на двата кристала показват противоположен знак на диелектричната им анизотропия.

Проведени са експерименти по оптимизиране възможностите на FTIR-качествена и количествена спектроскопия. Направени са голям брой спектrophотометрични изследвания в различни спектрални области на колеги от Института, от институтите в БАН, външни потребители (срещу заплащане по фактури).

Усвоена е технология за получаване на многослойни оптични структури във видимия диапазон чрез електронно-лъчево изпарение и йонно асистиране със система за вакуумно отлагане Symphony 9 на фирмата Tesport Optics, закупена по Оперативна програма „Развитие на конкуренто-способността на българската икономика“. Продължава 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. Отложени са слоеве от Al_2O_3 и MgO (200, 400, 600 nm) върху матови подложки от корунд (Al_2O_3) чрез йонно-асистирано електронно-лъчево изпарение при различни технологични условия с цел разработване на високотемпературен сензор по поръчка на фирма Sensata Technologies. Анализите на слоевете показват, че при високотемпературно отгряване (над 1300°C) при тези дебелини материалите в слоевете дифундират и се образува спинел. Планира се разработка и усвояване на покрития за близката и далечната УВ област – антирефлексни и огледални.

Подписани за рамкови споразумения за сътрудничество и съвместна дейност с фирми от индустрията, занимаващи се с оптично приборостроене – Оптикс АД, Кимкооп Холдинг ООД, Милкотроник ООД, Оптеко и партнерс ООД.

В сътрудничество със Свободния Университет на Брюксел е въведен модел на спинова-релаксация за полупроводникови лазери с широка апертура и с насищаем поглъtitел. Демонстрирано е съществуването на ортогонално линейно поляризиран солитон и солитон с елиптична поляризация. Показано е, че поляризационната степен на свобода води до последователност на удвояване на периода и оптичен хаос на локализиран солитон.

В модел на химични системи, т.н. реакционно-дифузионен Бруселатор модел, е изследвано образуването на дисипативни солитони както и движението им, причинено от обратна връзка. Тази работа е в сътрудничество с Университета на Мюнстер, Германия и Университета на Чили, Сантяго, Чили.

Изследвано е превключване между различно динамично поведение в лазер с вертикално излъчване (ВИКСЕЛ) с оптична инжекция с паралелна поляризация като, например, режими с едновременно възбуждане на две моди с ортогонална линейна поляризация, периодично и хаотично динамично поведение. Изследванията са проведени в сътрудничество със Университета в Кантабрия, Сантандер, Испания и Супелек, Мец, Франция.

Демонстрирахме теоретично пренастроено по дължина на вълната ВИКСЕЛ с нематичен течен кристал и оптимизирахме спектралния диапазон на пренастройване, постигайки 68.5 нанометра.

Показано е, че ВИКСЕЛ с изходящо огледало от дифракционна решетка с висок контраст е възможно да работи като сензор чрез промяна на показателя на пречупване на материала, покриващ решетката, при което отпада необходимостта от оптичен детектор. Изследванията са проведени в сътрудничество с Технологичния Университет на Лодз, Полша.

Демонстриран е нов ВИКСЕЛ с интегриран електро-оптичен модулатор с висок контраст на модулация. За целта са моделирани, проектирани, произведени и характеризирани самостоятелни модулатори във вертикален резонатор, както и такива,

интегрирани с лазери. Изследванията са проведени в сътрудничество със CNRS, Тулуза, Франция.

Резултатите са публикувани в 9 статии в списания като (Opt. Lett., Phil. Trans. R. Soc. A, Optics Comm., J. Lightwave Techn., J. Phys. D: Appl. Phys., Phys. Rev. E, Romanian Rep. Phys.) и 3 доклада на конференции, публикувани в пълен текст.

Теоретичните изрази за елементите на матриците на собствените стойности и собствените вектори, т.е. константите на разпространение и електричното и магнитното полета на модовете, които се разпространяват в

- Брегови фотонно-кристални влакна (ФКВ) във вид на концентрични пръстеновидни диелектрични слоеве с различни показатели на пречупване и
- ФКВ, състоящи се от приемна среда, в която са разположени дупки, чиято повърхност е покрита със концентрични слоеве с различни показатели на пречупване за увеличаване на чувствителността на влакната,

които са получени с въвеждане на локални координатни системи в метода на Галеркин за пресмятане на ФКВ, са приведени до годност за програмиране и получените формули са вградени в създаден компютърен код.

Част от резултатите за ФКВ с дупки с материални включвания бяха докладвани на 10-тата юбилейна конференция на Балканския физически съюз, проведена на 26-30 август 2018 г., София под формата на устен доклад.

Разгледани са най-важните вълноводни структури, получени с протонен обмен в литиев ниобат, и използвани в различни устройства (навигационно оборудване, температурни сензори, сензори за електрично поле и др.), с акцент върху влакнесто-оптичните жирокопи и сензорните елементи на основата на интегрално-оптични фазови и амплитудни модулатори.

Направен е сравнителен анализ на резултатите, получени при използване на различни методи за охарактеризиране на фазовия състав и оптичното качество на серия протонно-обменни вълноводни слоеве в литиев ниобат и литиев танталат. Вълноводите са получени с помощта на различни технологични модификации, осигуряващи разнообразен фазов състав и различни дебелини на фазовите подслоеви. Използваните методи за анализ включват модова спектроскопия, вибрационна спектроскопия (инфракчервена абсорбционна и отражателна, Раманова и микрораманова), XPS, определяне на механичното напрежение. Използваният подход позволява да се оцени влиянието на технологичните параметри върху механизма за образуване на фазите. Предложената комбинация от методи за охарактеризиране допринася за подбор на технологични условия за по-добър контрол върху концентрацията на протоните и за получаване на определен фазов състав, необходим за вълноводни устройства с подобрени стабилност и характеристики, както и за по-нататъшно развитие на протонно-обменната технология за тяхното производство. Резултатите са в процес на отпечатване в „Advances in Microelectronics: Reviews, Vol. 2”, IFSA Publishing, 2018

Разработена е лабораторна система за изкуствена мъгла за експерименти, които изискват контрол върху размера и разпределението на аерозолите. Основното предимство на системата е елиминирането на възможни човешки грешки и подобряване на резултатите по получаване на изкуствена мъгла с предварително зададени параметри. Разработен е и прототип на система за получаване на изкуствена мъгла за лабораторни изпитания на сензори за аерозоли. Прототипът може да генерира мъгла с различен химичен състав (до 6 вида флуиди), количество, диаметър и разпределение на капките. Той позволява да бъдат тествани сензори за различни химични, биологични, радиационни и ядрени агенти, за отровни газове, за измерване на промишлени замърсявания, прах и др. Важно предимство на системата е възможността за прецизен

контрол на примесите в изкуствената мъгла. Резултатите са публикувани в *BCC*, 50(1), 2018, pp.89-93 и pp.94-99 (ISSN: 0324-1130)

Разширен е кръгът от археологични обекти, които трудно се датират по класическите способности и за които е подходящ методът на луминесцентно датiranje. Проследени са мегалитните кореспонденции между Балканите и Кавказ, които свидетелстват за културни взаимодействия от праисторията до античността. Проследена е съдбата на мегалитните обекти в България след приемането на християнството. По темата са изнесени доклади пред специализирани научни форуми, които са в процес на отпечатване. Цялата дейност е извършена от името на Института по физика на твърдото тяло „Акад. Г. Наджаков”.

ЛАЗЕРНА ФИЗИКА И ФИЗИКА НА АТОМИТЕ, МОЛЕКУЛИТЕ И ПЛАЗМАТА

През изтеклата 2018г. лаборатория “Атомна спектроскопия” работи в областта на аналитичната атомна спектроскопия и археометрията като бяха получени данни за елементния състав на редица археологически предмети. Продължи работата по създаването на хибриден плазмен източник комбиниращ лазерна аблация за постъпване и разряд в кух катод за допълнително възбуждане на спектъра.

В областта на квантовата оптика и квантово-оптичните аналогии се продължи работата по теоритичното разработване на нови композитните импулси и създаването на техники за ширококоментово преобразуване на честоти.

Бяха разработени т.нар. близначни (twin) композитни импулси, позволяващи по-голяма гъвкавост на общата площ на импулсите. Освен това, бяха изведени нови композитни импулси, позволяващи стабилен пренос на заселеност с произволна, отнапред зададена вероятност за преход. Също така беше теоретично демонстриран нов метод за квантов контрол, базиран на „детюннингви импулси“, които представляват обобщение на композитните импулси и могат да бъдат използвани във физични системи, където е невъзможно, или е трудно, да се осъществи скок във фазата на полето.

Използвайки квантово-оптичните аналогии и по-специално методиката на композитните импулси бе изследвано теоретично и експериментално бе представено изграждането на оптична система за ширококоментово въртене на линейната поляризация. Този ширококоментов поляризационен ротатор бе конструиран чрез комбинацията на Френел ромб и ширококоментови композитни полуълнови пластини.

Теоретичното изследване за реализиране на едномерния модел на Jaynes-Cummings-Hubbard (JCH) в система от вълноводи е в етап на разработване на програма за симулиране на ефективността на такъв аналог.

Продължи работата по изграждане на експериментална апаратура и методика за манипулация на лазерно охладени рубидиеви атоми. За целта бяха създадени няколко програми на LabView за различните степени на контрол и детекция на състоянията на атомите. Бе подобрена експерименталната система за изследване и детекция.

С лазерно индуцирана плазмена спектроскопия (LIBS) е направен качествен и количествен спектрален анализ на археологически бронзови артефакти от Късната бронзова епоха и Ранната желязна епоха. Резултатите от качествен елементен анализ показват елементен състав характерен за бронзовите предмети: главните елементи са

мед, калай и олово. Намерени са също и желязо, никел, цинк, алуминий и антимон. Анализите показаха завишено съдържание на антимон, което показва, че антимонът е добавян умишлено а не е само от рудата. Интерес представлява количеството на калай и оловото тъй като тези два елемента определят механичните свойства на сплавта. С помоща на калибровъчни криви е направен количествен анализ за тези елементи. Направени са допълнителни анализи (включително и XRF) за определяне на количеството на антмона и повторен спектрален анализ на предметите.

Проведени са спектрални анализи на фрагменти от керамични съдове от Ранен халколит. Фрагментите са декорирани с бели ивици. Целта на анализите е да се определи елементния състав на керамиките и на оцветените части за да се разбере произхода и състава на багрилата използвани за украсата. Резултатите от анализите са в процес на обработката.

Определено е влиянието на налягането върху спектралното излъчване на лазерно-индуцираната плазма при различни стойности на налягането на околния газ (неон) в диапазона 0.1-760 Torr. Регистрираното поведение показва, че намаляването на околното налягане води до съществено понижение на излъчването на лазерно-индуцираната плазма и до намаляване на продължителността на излъчването.

Изследвано е влиянието на геометричните размери на цилиндрично пространствено ограничиие върху емисионния спектър на лазерно-индуцираната плазма. Определена е зависимостта между диаметъра на цилиндъра при фиксирано налягане и излъчването от лазерно индуцираната плазма. Резултатите показват максимален интензитет на аналитичните линии при диаметри от 6 - 8 мм в диапазона от налягания 1-10 Torr.

Определяни са оптималните времена за регистрация на емисионния сигнал за елементен анализ при условията на работа на комбиниран плазмен източник – лазерна аблация в разряда с кух катод при диаметър на катода 6 мм и налягане вариращо в диапазона (2-5 Torr). За този диапазон от налягания е измерена времевата еволюция на излъчването от лазерно-индуцираната плазма и на основата на това са определени оптималните времеви интервали на закъснение за провеждане на елементни анализи с повишени аналитични характеристики.

Проведени са експерименти, при които с фемтосекундно лазерно лъчение са облъчени стъкла, дотирани с наночастици от благородните метали злато и сребро. Използвани са образци с различна концентрация на златни наночастици 1, 5 и 10 %, а образците със сребърни йони бяха с 5 % концентрация. Работните параметри на лазерното лъчение се изменяни в следните диапазони: брой лазерни импулси – брой импулси – от $4 \cdot 10^3$ до $6 \cdot 10^3$; енергия на лазерните импулси – от 20 до 60 μJ ; и дължина на вълната на лазерното лъчение – 266, 355, 532, 800 и 1064 nm. В лабораториите на INFLPR- National Institute for Laser, Plasma & Radiation Physics и CETAL – Center for Advanced Laser Technologies са направени анализи на образци от стъкла, дотирани с частици на благородни метали при концентрации съответно 10% за сребро и 1% за злато, съответно преди и след термична обработка (отгряване). Методите и техниките, които са използвани за анализи на облъчените образци, са: терахерцова спектроскопия за определяне на коефициентите на пропускане, пречупване и отражение; LIBS за определяне на елементния състав и наличие на сребърни и златни наночастици; XPS анализ.

Извършени са експерименти по лазерно почистване на метални образци от мед, месинг и стомана от хлор-съдържащи корозионни продукти. Използваните са два лазерни източника, както следва: Q-модулиран Nd:YAG лазер с продължителност на лазерния импулс 8 ns при честота на повторение на импулсите 1 Hz и максимална енергия на лазерния импулс 500 mJ и 60 mJ съответно на дължина на вълната 1064 nm

и 532 nm; лазер с пари на меден бромид (CuBrVL) с продължителност на лазерния импулс 30 ns при честота на повторение на импулсите 20 kHz и работна средна лазерна мощност 6 W на дължина на вълната 510.6 nm. Повърхностите на образците са анализирани (преди и след почистването) с оптична микроскопия, сканираща електронна микроскопия, лазерно-индуцирана плазмена спектроскопия, рентгено-флуоресцентен анализ и рентгено-структурен анализ. Избрани са оптимални режими за двата лазера, които да се приложат върху реален образец (антична бронзова монета, намерена в разкопки край гр. Несебър).

Лазерна генерация със средна изходна мощност от 4 W (продължителност и енергия на лазерния импулс, съответно 60 ns и 0.2 mJ) и разходимост 0.6 mrad ($2\theta_{1/2}$) е получена в средния инфрачервен спектрален диапазон при отпоен режим на работа на лазерната тръба с пари на стронций. Използвайки същата конструкция на лазерната тръба и същото активно вещество, но увеличавайки активния обем 4 пъти (по дължина и диаметър), е достигната средна лазерна мощност от 10 W (продължителност и енергия на лазерния импулс, съответно 60 ns и 0.6 mJ) в отпоен режим. На базата на двете тръби е създадена лазерна система “master oscillator–powerful amplifier”, генерираща лазерно лъчение със средна изходна мощност 10 W и разходимост 0.3 mrad ($2\theta_{1/2}$). Трябва да се отбележи, че разрядните условия не са оптимални за максимални енергетични параметри, а обуславят работа на лазерните тръби в отпоен режим.

Определено е времевото и радиалното разпределение на електронната температура $T_e(r, t)$ в ДУВ $\text{Cu}^+ \text{Ne-H}_2\text{-CuBr}$ лазер и He-Sr^+ рекомбинационен лазер, като е разработен $2D(r, t)$ числен модел. За целта предварително са определени параметрите на уравнението, а именно коефициент на топлопроводност и специфичния топлинен капацитет на електронния газ за Максвелова и Друивистейнова функции на разпределение на електроните по енергия.

Създадена е нова експериментална установка със субпикосекундния (300 fs) за z-scan метод. Експериментално е определен нелинейният коефициент n_2 на пречупване на монокристален GaN, AlN и диамант. Установката и методиката за изчисление са валидирани чрез диамантените образци.

Музей „История на физическите науки в България“ при ИФТТ

През 2018 година са отпечатани две статии и една рецензия. Изнесени са четири доклада и е даден за печат един ръкопис.

Сто и двацата годишнина на Съюза на физиците в България бе отбелязана с тържествено събрание в Аулата на Софийския университет на 20 март 2018 година. В изнесения и отпечатан в Светът на физиката текст на доклада е разгледано съдържанието на запазените извори за историята на дружеството от създаването му до 1950 година.

По същата тема е изнесен доклад на третата международна конференция по история на физиката, проведена в Сан Себастиан, Испания. В него е разгледана вълнообразната история на Съюза на физиците в България от създаването му през 1898 година до днес. Организиран като регионално (Софийско) дружество, той се въздига до Българско физико-математическо дружество, което е закрито през 1950 година. Физици и математици намират начин да го възстановяват под шапката на Съюза на учените в България през 1960 година. Следва отново възход и упадък, на който сме свидетели днес.

Основополагащата роля на Евгени Леяровски за създаването на нискотемпературната физика в България е показана на юбилейната международна конференция на Балканския физически съюз, проведена в София от 26 до 30 август 2018

година. Златната ера на нискотемпературната физика в България се дължи на неговите брилянтни идеи, иновативно мислене и превъзходни експериментаторски умения. Резултатите му в областта на нискотемпературната физика го правят световно признат учен. В България той построява апаратура и предлага нов адсорбционен метод за криогенно разделяне на неон и хелий от въздуха и от индустриални газови смеси.

Докладът, изнесен на 5 Международна конференция по “Теоретична и приложна физика” на 2 и 3 юли 2018 във Виена разглежда някои следствия от теорията на професор Георги Манев. С предложената от него теория могат да се обяснят а) законите на Кеплер (27.12.1571-15.11.1630) за планетарните движения; б) приливите и отливите; в) денонощните промени в атмосферното налягане; и г) годишните промени във въздушните и океански течения.

През 2018 година **научният семинар на ИФТТ** проведе 14 заседания. Лекции изнесоха гостите на Института: Тания Горшак от Университета в Люблина, Словения, проф. Хелмут Клапер, Рейнско-Вестфалски технически университет Аахен, Германия, д-р Патрик Шене, Орсей, Франция, проф. Пламен Иванов, от Университета в Бостън, САЩ, д-р Кристоф Минети, от Свободен Университет, Брюксел, Франция. Според изискванията на ЗРАС **академична лекция** изнесоха Кръстьо Бучков и Цветан Иванов по повод избора си за „доцент“ и Емилия Печева направи предзащита на дисертацията си за придобиване на степен „доктор на науките“. Във връзка с правилата, приети от научния съвет за годишните отчети на докторантите в ИФТТ своите резултати представи докторанта Юлиан Федченко. Лекция, свързана с представяне на проектно предложение за участие на ИФТТ по програмата Хоризонт 2020, Енергия: прилагане на иновативни подходи за разработване на материали и технологии за енергийно-ефективни решения свързани с реновиране на сгради изнесе доц. Йордан Маринов. Елица Кьосева изнесе две лекции във връзка с отчитането на дейността си по реинтеграционен грант по европейската програма MCSA към Хоризонт 2020 – Проект COPQE (Composite Pulses for Quantum Engineering). Фирмите Фот и Данс Фарма представиха своите продукти пред служителите на Института.

През 2018 г. учени работещи в ИФТТ бяха отличени за своите научни постижения със следните награди:



Акад. А. Г. Петров получи Държавна награда: орден „Св. св. Кирил и Методий“ – огърлие за заслуги в областта на образованието и природните науки.

Доц. О. Иванов- бе удостоен със сребърен медал от Стопанската камара.

Проф. К. Панайотов получи награда „ПИТАГОР“ за значим принос на български учен, работещ в чужбина.



2. РЕЗУЛТАТИ ОТ НАУЧНОИЗСЛЕДОВАТЕЛСКАТА ДЕЙНОСТ НА ИНСТИТУТА ПО ФИЗИКА НА ТВЪРДОТО ТЯЛО ПРЕЗ 2018 г.

2.1. Най-значимо научно постижение

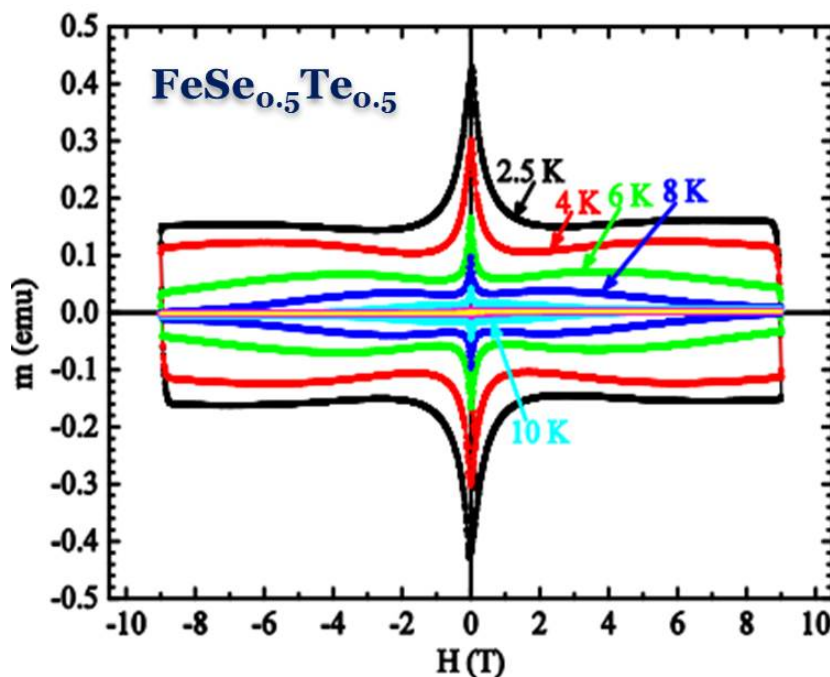
ИЗСЛЕДВАНЕ НА СВРЪХПРОВОДИМИ И МУЛТИФЕРОИЧНИ МАТЕРИАЛИ

Ръководител на темата: доц. д-р Кръстьо Бучков

Желязо-базираните свръхпроводници са сред най-изследваните материали, предлагащи множество отворени въпроси и предизвикателства от гледна точка на фундаменталната наука и възможностите за технически приложения. Фокусът на проведените изследванията е комплексната връзка между сложната морфология, която притежават тези съединения и техните физични свойства [1, 2]. За тази цел са анализирани свойствата на монокристални образци от системата $\text{FeSe}_{0.5}\text{Te}_{0.5}$, получени в лаб. „Физика на материалите и ниските температури”. Установен е един от най-интересните електродинамични феномени при свръхпроводниците: двоен пик ефект при магнитния хистерезис. Ефектът е свързан с модулация в поведението на критичния ток, поради наличие на различни дефекти в кристалната структура, някои от които са корелирани (граници на двойникуване) и предизвикват ефективно нарастване на критичния ток при силни магнитни полета.

Друг аспект на изследванията, акцентира върху еволюцията на електронната структура на тези материали, анализирайки магнито-резистивните свойства на друга основна система FeSe , химически модифицирана с добавка на Ag в различни количества [3].

Оловният манганат с номинален състав $\text{Pb}_3\text{Mn}_5\text{Ni}_{1.5}\text{Ti}_{0.5}\text{O}_{15}$, (модифициран с никелови и титанови атоми на определени позиции на мангановите атоми) е ново мултифероично съединение, също получено във вид на монокристал в лаборатория „Физика на материалите и ниските температури”. Слоестата структура води до силна анизотропия на магнитните и диелектричните свойства. Магнитна природа се определя от основно антиферомагнитно състояние под 48K (с близък и далечен порядък), но и от поведение тип „спин стъкло“ и преход спиново преориентиране при най-ниски температури. Диелектричната проникваемост има силна честотна зависимост близо до точката на фазовия преход, най-вероятно поради слоестата структура, предразполагаща към релаксация тип Maxwell-Wagner. Диелектричните загуби измерени като функция на честотата при фиксирани температури между 148K и 220 K демонстрират диелектрична аномалия - релаксационен процес, дължащ се на прескачане на малки поларони между определени позиции в кристалната решетка [4].



Магнитен хистерезис и двоен пик ефект при свръхпроводимата система $\text{FeSe}_{0.5}\text{Te}_{0.5}$.

Изследванията са извършени в колаборация с партньорски изследователски групи от Италия, Германия и Полша.

[1] **Evidence of pinning crossover and the role of twin boundaries in the peak effect in FeSeTe iron based superconductor**, Galluzzi A., Buchkov K., Tomov V., Nazarova E., Leo A., Grimaldi G., Nigro A., Pace S., Polichetti M., Supercond. Sci. Technol., 31, 1, IOP Science, 2018, ISI (IF:2.8)

[2] **Mixed state properties of iron based Fe(Se,Te) superconductor fabricated by Bridgman and by self-flux methods**, A. Galluzzi, K. Buchkov, V. Tomov, E. Nazarova, D. Kovacheva, A. Leo, G. Grimaldi, S. Pace, and M. Polichetti., Journal of Applied Physics 123, 233904 (2018), (IF: 2.1)

[3] **Superconducting and multiband effects in FeSe by Ag addition**
Book Chapter in „High-Temperature Superconductors: Occurrence, Synthesis and Applications”, Nazarova E., Balchev N., Buchkov K., Nenkov K., Kovacheva D., Gajda D., Fuchs G., Nova Publishers, USA, 2018,

[4] **Multiferroic single crystals with layered structure in Pb-Mn-Ni-Ti-O system – growth and investigation of their properties**, Book chapter in „Concept, Property and Application of Micro/Nanostructured Materials”, V. Tomov, K. Buchkov, A. Galluzzi, M. Polichetti, K. Nenkov, S. Pace, Nova Publishers, USA, 2018.

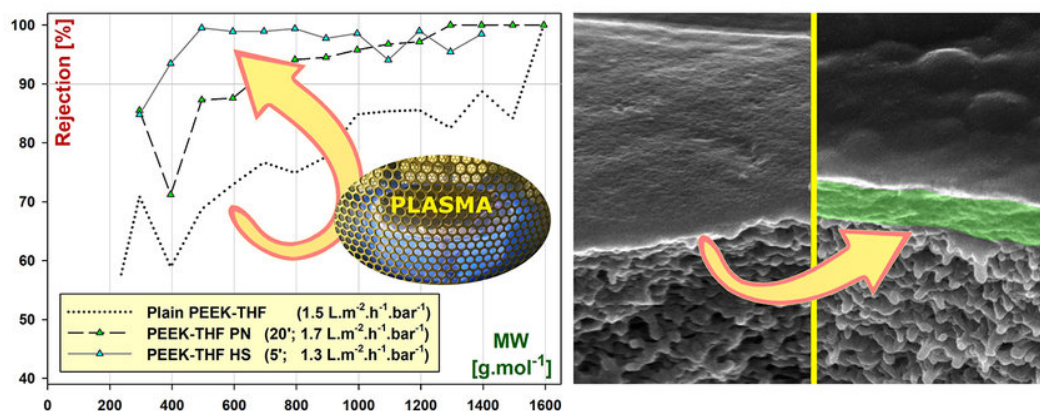
2.2. Най-значимо научно-приложно постижение

ПЛАЗМЕНО УСЪВЪРШЕНСТВАНЕ НА МЕМБРАННО-ФИЛТРАЦИОННИ СТРУКТУРИ

Ръководител на темата: доц. д-р Екатерина Редева

Приложението на нискоенергийна студена плазма е изследвано като потенциален оперативен подход за бързо, просто и действено модифиране и подобрене на ултра- и нанофилтрационни мембрани. PECVD-методът доказва ясна способност в оптимизиране работните параметри при РЕЕК-мембрани, където бе постигнато до 400% подобрене в пропускливостта, и селективност от начално 800-1500 далтона молекулна маса до под 300 с едно плазмено третиране. Плазмената обработка на ултрафилтрационни мембранни типове PAN и Ultem със същите мономери и процедури доказва възможността за директна трансформация ултра→наномембрани със забележителните показатели от селективност ≥ 200 далтона в целия изследван диапазон при

напълно приемлива пропускливост. Описаните PECVD-процеси имат определен потенциал и поради това, че се очаква не повече от 5% увеличение в производствените разходи. Предложеният метод е прост, бърз, ефективен, евтин и гъвкав начин за модифициране и усъвършенстване на мембранни структури. Получените резултати и бъдещи изследвания в тази насока ще разширят приложението им в медицината, сензорната техника и др.



С нискотермичното плазмено (PECVD) третиране е постигнато подобрене в работните параметри на нано-филтрационни мембрани, на база повърхностна модификация и/или повърхностно отлагане на плазмени полимери.

3. МЕЖДУНАРОДНО НАУЧНО СЪТРУДНИЧЕСТВО НА ИНСТИТУТА ПО ФИЗИКА НА ТВЪРДОТО ТЯЛО ПРЕЗ 2018 Г.

Институтът по физика на твърдото тяло продължи да развива и през 2018 г. сътрудничества на ниво Академия и двустранните сътрудничества между ИФТТ и университети, лаборатории и организации от цял свят.

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

56 публикации от общо 82 излезли от печат публикации през 2018 г. са в съавторство с чуждестранни учени.

През 2018 година продължиха усилията на ръководството на ИФТТ за търсене на нови форми за международно финансиране на дейността на учените от ИФТТ. Продължават усилията и на ръководителите на млади учени и докторанти от ИФТТ за търсене на възможности за тяхното финансиране по различни други програми и договори. През изтеклата година продължи работата по бте спечелени проекта на млади учени от института по Програмата за подпомагане на младите учени в БАН от 2017 година.

През 2018 г. в ИФТТ беше работено общо по 13 проекта в рамките на традиционното вече междуакадемично сътрудничество между БАН и съответните научни организации в: Румъния (4), Полша (3), Сърбия (2), Естония (1), Белгия (1), Унгария (1), Тайван (1). Те се изпълняват въпреки финансовите трудности и отчетите им са разгледани и приети от Научния съвет на ИФТТ.

ИФТТ има преки двустранни сътрудничества с чуждестранни институти и лаборатории от много страни (главно от Европа). 1 от тези договори е получил финансиране през 2018г.- програмата COST (рък. Димитър Димитров, 40 000 лв.). През 2018г. е финансиран от ФНИ и договор с Индия с ФНИ (рък.: доц. Й. Маринов, 20 000 лв.). През 2018г. продължи работата по проект с Франция (рък.:доц. В. Виткова), където ИФТТ е партньорска организация.

През 2018г. приключиха 2 договора, финансирани от ЕС и други международни организации и програми: договор 312804 „Device For Large Scale Fog Decontamination“ COUNTERFOG по програма „Security“ (р-л доц. О. Иванов) и 1 реинтеграционен грант по европейската програма MCSA към Хоризонт 2020 - проект COPQE (Composite Pulses for Quantum Engineering). Учени от ИФТТ работят по договор с ОИЯИ-Дубна (рък.: проф. Н. Тончев) и участват в три Европейски мрежи по програмата Cost (доц. Димитър Димитров и доц. Златинка Димитрова).

През 2018г. ИФТТ организира и проведе 20-та ЮБИЛЕЙНА ШКОЛА ПО ФИЗИКА НА КОНДЕНЗИРАНАТА МАТЕРИЯ (Physics and Applications of Advanced and Multifunctional Materials) 3 – 7 септември 2018, Варна. За първи път с цел подпомагане финансирането на школата бе подготвен и подаден проект към Фонд научни изследвания по „Процедура за подкрепа на международни научни форуми, провеждани в Република България“. Проектът бе одобрен и бе сключен договор ДПМНФ 01/7 – 23.07.2018г., по който за финансирането на школата бяха получени 8 000 лева. Това позволи да бъдат командировани десет млади учени за участие в школата. Те представиха своите резултати пред широк форум, като им бяха покрити всички разходи. Общият брой участници в школата беше 97 от 16 страни, съответно с участници от: Белгия-1, България-54, Великобритания-3, Германия-3, Естония-1, Индия-2, Италия-1, Испания-1, Полша-9, Румъния-2, Русия-7, САЩ-2, Сърбия-2, Словения-4, Турция-1, Унгария-3, Франция-3.

На школата бяха изнесени общо 26 поканени лекции, 2 от които от български лектори – 1 от ЦЛСЕНЕИ и 1 от ИФХ. Програмата включваше двете традиционни мемориални лекции, посветени на акад. Г. Наджаков (П. Иванов – САЩ) и акад. М. Борисов (Й. Михайлеску – Румъния). Бяха изнесени 28 двадесет минутни устни представяния. В две постерни сесии бяха представени около 60 постерни доклада.

През 2018 година сътрудници на Института са участвали в множество конференции и школи в чужбина, където са представили своите постижения в 30 доклада и 80 постера. В рамките на международните договори, изпълнявани през отчетната година, Институтът е бил посетен от 11 чуждестранни учени от 10 страни.

Най-значим международно финансирани проект на ИФТТ

„Устройство за широкомащабно обеззаразяване чрез мъгли“ - „DEVICE FOR LARGE SCALE FOG DECONTAMINATION“, акроним COUNTERFOG, номер на проекта 312 804.

Проектът е с продължителност 4 години и е финансиран по програма „Сигурност“ на FP7 и през 2018г. бе успешно отчетен.

Общ бюджет за целия проект - 4 407 528 euro. За ИФТТ - 489 809 euro.

Целта на проект COUNTERFOG е създаване на системи за защита на публични обекти при терористични атаки с оръжия за масово поразяване, промишлени аварии, бедствия и др. Системите са два вида: стационарни, които се инсталират в сгради, и преносими, които се монтират на тежкотоварен, високо проходим камион. Проектът се изпълнява от консорциум от 10 европейски институции. Координатор на проекта е проф. José Luis Pérez-Díaz от Universidad de Alcalá, Мадрид. Ръководител на българския екип е доц. Огнян Иванов – ИФТТ, БАН. Идеята е за отбрана да се използва мъгла със специфични добавки, които да неутрализират и утаяват опасните вещества. Важен елемент е създаването на специална дюза, която да генерира мъгли с подходящи качества. Изследвано е и влиянието на неутрализиращите добавки върху опитни животни. По проекта в Мадрид е изградена специална лаборатория за изследвания по

мъгли - Fog dynamics laboratory.



Етапи от реализацията на проекта COUNTERFOG.

Задачите на екипа от ИФТТ-БАН включват разработката на уреди, които да управляват системите за генерация на мъгли. Тези уреди имат три функции: А/ подават аларма, когато във въздуха около охранявания обект се появят замърсявания. Б/ управляват включването и изключването на генерацията на мъгла, като контролират състава на мъглата и следят дали атакуващите охранявания обект субстанции са вече неутрализирани. Има се предвид, че и почистващата мъгла съдържа добавки, които са рискови за здравето и трябва да се оптимизира времето, за което тя се генерира, съобразено с времето за утаяване. Подобни уреди, подходящи за нашите цели, не бяха открити да се предлагат. В/ контролират състоянието на мъглата. Необходимите уреди са създадени и предадени с протоколи в CIEMAT, Мадрид (изследователски център за изследвания, свързани с отбраната). Там се намира и Fog dynamics laboratory. Всички уреди имат техническо описание и инструкция за работа. Направени са клипове, демонстриращи как се работи с тях. Обучен е персонал за работа с тях в CIEMAT.

За внедряването на разработките по проекта е създаден бизнес план за 500 000 евро. Обсъжда се идеята важни обществени сгради в Европа да бъдат оборудвани с разработените по COUNTERFOG системи. Също така устройствата да се използват за пречистване на въздуха. Проектът представлява съществен принос към европейската сигурност.

4. УЧАСТИЕ НА ИНСТИТУТА ПО ФИЗИКА НА ТВЪРДОТО ТЯЛО В ПОДГОТОВКАТА НА СПЕЦИАЛИСТИ ПРЕЗ 2018 Г.

Учени от Института четат лекции и водят упражнения по основни и специализирани курсове към Центъра за обучение към БАН, като: Течнокристален подход във физиката на живата материя; взаимодействие на лазерното лъчение с веществото; компютърно моделиране на комплексни системи; увод в теорията на фазовите преходи; свръхпроводимост; Експериментални методи в атомната физика; видове и свойства на газовите разряди, използвани в лазерите и нелинейни възбуждения в кондензирани среди, както и базовия курс основи на LaTeX.

В „Центъра за изследване на физичните свойства на материали, повърхности и структури” към ИФТТ са проведени редица демонстрации и обучения на докторанти, студенти и ученици от ИФТТ и от други институции. Ученици от елитни гимназии (Софийска математическа гимназия, Национална природоматематическа гимназия, Американски колеж и др.) с интереси в областта на математиката и физиката регулярно посещават Института, където биват запознавани с най-новите технологии и открития в областта на физиката, биофизиката и физикохимията.

ИФТТ е акредитиран за обучение в образователната и научна степен „доктор“ по специалности от професионалните направления 4.1. „Физически науки“ и 4.3. „Биологически науки“. През 2014 г. ИФТТ получи акредитация за 6 години по програмите: „Физика на кондензираната материя“ и „Лазерна физика, физика на атомите, молекулите и физика на вълновите процеси“. През 2016 г. бе подновена акредитацията по програмата „Биофизика“ за срок от 6 години.

През 2018 г. в Института са се обучавали 4 редовни докторанта и 1 на самостоятелна подготовка. Успешно са защитили 4 дисертации за образователната и научна степен „доктор“.

От 14 до 16 декември 2018 г. в творческия дом на БАН „Златни мостове“ - Витоша се проведе XXI-ят Зимен семинар „Интердисциплинарна физика“ на докторантите и младите учени от институтите на комплекс 2 на БАН с председател доц. д-р Красимир Темелков и научен секретар ас. Валери Джурков. В семинара участваха 13 души – 8 от ИФТТ, 1 от ИЯИЯЕ, 2 от ИЕ, 1 от НИМХ, 1 от ИОМТ. Участниците представиха 14 доклада – 12 устни и 2 постерен доклада. Отпечатана е книжка с програмата и абстрактите на лекциите и докладите.

5. ИНОВАЦИОННА ДЕЙНОСТ НА ИНСТИТУТА ПО ФИЗИКА НА ТВЪРДОТО ТЯЛО И АНАЛИЗ НА НЕЙНАТА ЕФЕКТИВНОСТ ПРЕЗ 2018 Г.

5.1 Осъществяване на съвместна иновационна дейност с външни организации и партньори

В ИФТТ се работи по проект 320/201313762/IFIA „Разработка на резонатори на Релееви и изтичащи ПАВ за сензорни приложения“, финансиран от изследователски Център Карлсруе, Германия.

Съвместно с фирма Microsensor Technology LLC, Русия (договор SMT – 1/2015) и фирма МикроТех БГ е разработена технология за производство на инфрачервени светодиоди с приложение като оптични газови сензори. На базата на тази технология периодично се произвеждат пилотни серии от тези структури.

ГОТОВИ ЗА СТОПАНСКА РЕАЛИЗАЦИЯ НАУЧНИ ПРОДУКТИ

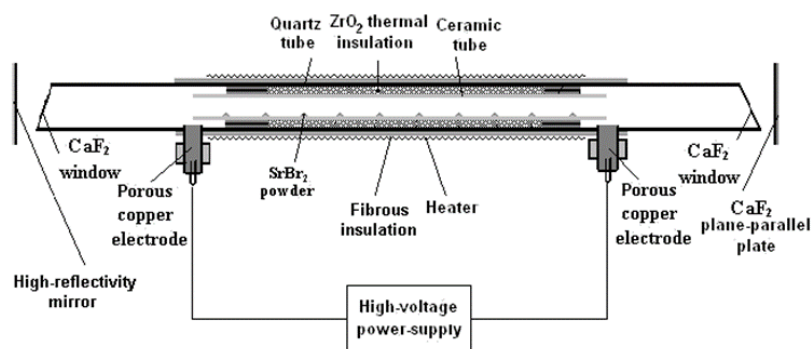
1. Динамичен тягов интегратор.
2. Оптимално разпределение на подвижен състав.
3. Прогнозиране на трафик.
4. Устройство за визуализиране на неравномерности по повърхности.
5. Устройство за контрол на състава на образци.

5.2 Извършен трансфер на технологии

В ИФТТ се поддържат общо 13 патента.

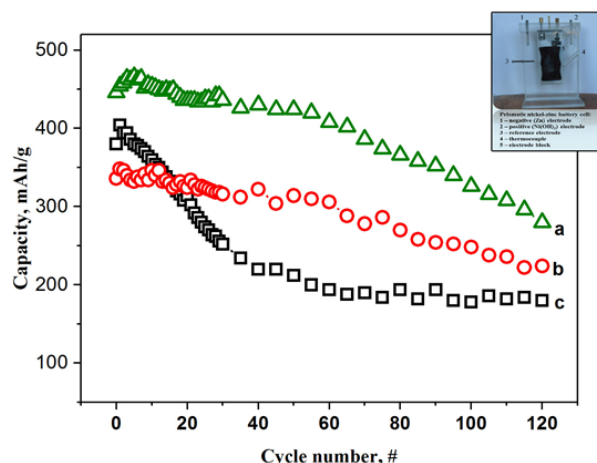
През 2018г. са одобрени три патента на ИФТТ:

- **ЛАЗЕРНА ТРЪБА ЗА ИНФРАЧЕРВЕН СТРОНЦИЕВ ЛАЗЕР С ПАРИ НА СТРОНЦИЕВ ХАЛОГЕНИД** с автори Н. К. Вучков и К. А. Темелков



Изобретението се отнася до лазерна тръба за инфрачервен стронциев лазер с пари на стронциев халогенид, който намира приложение в мощни лазерни системи с високо качество на лазерното лъчение, използвани за лазерна аблация и модификация на меки тъкани и кости в хирургията, в денталната медицина, биофизиката и други научни и научно-приложни задачи.

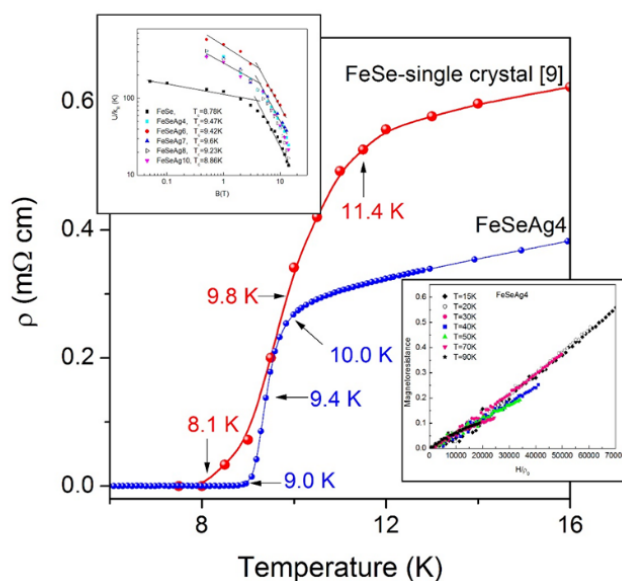
- **СЪСТАВ НА АКТИВНА МАСА НА ЦИНКОВ ЕЛЕКТРОД ЗА АЛКАЛНИ ЗАРЕЖДАЕМИ БАТЕРИИ** с автори М. А. Младенов, Р. Г. Райчев, Л. З. Стоянов, Д. Г. Ковачева, А. К. Стоянова-Иванова, С. Димитрова Терзиева



Изобретението се отнася до състав на активна маса на отрицателен цинков електрод за алкални зареждаеми батерии, които предлагат високи енергийни и мощностни характеристики, високо напрежение, добра циклируемост, екологосъобразни и достъпни материали и потенциално ниска цена. Тези батерии намират приложение като източници на ток в преносими механични и микроелектронни устройства, комуникационни средства.

- **ЖЕЛЯЗО-БАЗИРАН СВРЪХПРОВОДИМ МАТЕРИАЛ** с автори Николай Балчев, Елена Назърва, Константин Ненков, Кръстьо Бучков, Даниела Ковачева, Антон Захариев

Получен е свръхпроводим материал базиран на $\text{FeSe}_{0.94}$ и с добавка на сребро. Оптимизирано е съдържанието на среброто, при което се подобряват връзките между кристалитите и ширината на свръхпроводимия преход ($\Delta T < 1\text{K}$) става сравнима с тази на монокристал FeSe , пиннинг активационната енергия за привеждане на флуксоните в движение се увеличава три пъти, магнитосъпротивлението нараства до 50% и се подобрява процеса на фазообразуване на свръхпроводимата фаза.



В експертиза са 13 патента на ИФТТ.

6. СТОПАНСКА ДЕЙНОСТ НА ИНСТИТУТА ПО ФИЗИКА НА ТВЪРДОТО ТЯЛО ПРЕЗ 2018г.

6.1. Осъществяване на съвместна стопанска дейност с външни организации /продукция, услуги и др., които не представляват научна дейност на звеното/

- ИФТТ няма договори за съвместна стопанска дейност.

6.2. Отдаване под наем на помещения и материална база

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

1. “Каффа ойл” ЕООД
 2. “АПЛАЙ” ЕООД
 3. „Вертех“ ЕООД
 4. “БУЛРЕНТАЛ” ЕООД
 5. "БУЛПОД" ООД
 6. “ГИТАВА” ООД
 7. “НАТИ-75” ЕООД
 8. Деян Пламенов
 9. “ДИНО АРТ” ЕТ
 10. Мирослав Гергинов
 11. “АСКИ” ЕООД
 12. ЕТ "Илиян Антонов 777"
 13. “Михаил Янков” ЕТ.
 14. Никола Байнов
 15. “НИК ТРЕЙД 12” ЕООД
 16. МИХАИЛ НИКОЛОВ
 17. “ПУЛСЛАЙТ” ООД
 18. “Пи Си хаос” ЕООД
 19. Радослав Сашев Иванов
 20. “СКАЙ ПРИНТ ООД
 21. Стоян Нешев
 - 22.. „Дива 2009“ ЕООД
 23. „Гопал Прасад“
 24. Теодор Станоев
 25. БФМ ЕООД
 26. ЕПО ЛУКС ООД
 27. МИКРОТЕХ БГ ЕООД
 28. “ЧЕНТИ СПОРТ” ООД
 29. АЙ ТИ УЪРК
 30. Семра Дургт
- 2 927 лв. – републикански бюджет
 - 2 927 лв. - резерв
 - 33 599 лв. ДДС.
 - 83 117 лв - ЦУ - БАН
 - 83 117 лв – ИФТТ
 - общо събрани приходи от наеми-204 873 лв.

В бъдеще възможностите за отдаване под наем са свързани с оптимизация на

помещенията, както и с терени за рекламни табла. Приходите за БАН и ИФТТ са в повече спрямо миналата година с 6 хил. лв.

6.3. Друга стопанска дейност
няма

**7. КРАТЪК АНАЛИЗ НА ФИНАНСОВОТО СЪСТОЯНИЕ НА
ИНСТИТУТА ПО ФИЗИКА НА ТВЪРДОТО ТЯЛО ЗА 2018 Г.**

Институтът се финансира от бюджета и със собствени средства. Приходите са както следва: от бюджетната субсидия – **2 853 469 лв.**, собствени средства **260 476 лв.**, дог.7РП Counterfog, - **110 128 лв.**, трансфери МОН – **413 327 лв.** и трансфер към БАН за отчисления от наеми – **83 117 лв.**, възстановен заем **-40 000 лв.**

Разходите са 3 004 508 лв. както следва:

§01 Заплати	1 861 783 лв.
§02 Други възнаграждения	136 838 лв.
§05 Осиг.вноски работодател	363 798 лв.
§10 Издръжка /НИР охрана, командировки, раб.облекло, м-ли, външни у-ги, тек.ремонти, вода, парно, телефони, ел.е-я/ §40 Стипендии	555 728 лв. 16 500 лв.
§52 Придобиване на ДМА	69 861 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 **83 117 лв.**, което е с **6 000 лв.** в повече спрямо 2017г.

Транспортните средства са 2 на брой.

8. ИЗДАТЕЛСКА И ИНФОРМАЦИОННА ДЕЙНОСТ НА ИНСТИТУТА ПО ФИЗИКА НА ТВЪРДОТО ТЯЛО В ПРЕЗ 2018 Г.

През 2018 г., за пореден път ИФТТ издаде във вид на книжка годишния отчет на Института на английски език (Annual Research Report 2017), което е много полезно при запознаване на чужди институции и колеги с дейността на Института.

По повод 46 годишнина на ИФТТ-БАН, бе открита изложба за използваните лазерни технологии в Института по физика на твърдото тяло на 15 октомври 2018 г. от 16:00 часа в централното фоайе на Българската академия на науките. В експозицията баха включени 17 постера и видеоматериали, които показват възможностите на съществуващата в Института богата гама от лазерни и плазмени източници, покриващи широк диапазон от дължини на вълните и продължителност на импулсите, регистрираща спектрална апаратура и технологии за диагностика и обработка на твърдотелни материали. Сред тях е фемтосекундната лазерна система Spectra-Physics, чиито принцип на действие е предложен от Нобеловите лауреати по физика за 2018 г. Тя позволява извършването на наблюдение на свръхбързи процеси и динамични измервания, изучаване на живи структури и модификации на материали в наноразмерната скала.

През 2018г. бяха продължени дейностите по обновление на наличната инфраструктура и поддържаните услуги. В момента, ИФТТ поддържа самостоятелно следните услуги: DNS, DHCP, MAIL, WEB hosting, file servers за администрацията и счетоводството и др.

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

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

ВРЪЗКИ С ОБЩЕСТВЕННОСТТА

За популяризиране на дейността и постиженията на учените и на важни събития, организирани от Института по физика на твърдото тяло, са използвани всички видове информационни канали: печатни, интернет базирани и ефирни медии. Изпращаната информация, която е публикувана на сайта на БАН, на сайта на Съюза на физиците в България и на сайта на Софийския клон на Съюза на физиците в България, е отразена и от 45 национални и регионални медии. Това са печатните медии в-к „Сега“, „Дума“, „Аз-буки“, списание „Наука“, интернет базираните nauka.bg, nauka.offnews.bg, bloombergtv.bg, bgnes.com, новините на БТА, sofia.topnovini.bg, stolica.bg, cross.bg и focus-news.net и др., на сайтовете на Българска стопанска камара и на редица браншови организации, в ефира на БНР. Учени от Института са участвали в интервю по БНР и за тях е направен репортаж от bgnes.com, който е качен в ютюб и е със 143 гледания.

Направеният медиен мониторинг показва, че съобщенията в интернет базираните медии за Института по физика на твърдото тяло имат над 8800 четения.

Учените от ИФТТ участват в популяризирането на българската физическа наука и 4-ма от тях и през 2018 г. са членове на редакционната колегия и на редакционния съвет на научно-популярното списание „Светът на физиката“, публикувани са 8 научнопопулярни статии, организирана е 1 изложба. В сградата на ИФТТ се намира кабинетът на акад. Георги Наджаков, обявен от Европейското физическо дружество за

историческо място на Европа, който е достъпен за посетители всеки ден след предварително договаряне.

17 май 2018

<https://www.bia-bg.com/news/view/24223/>

IX НАГРАДИ НА БСК „ИН-5“

18 май 2018

<http://www.segabg.com/article.php?id=905708>

Тазгодишните носители на наградите на БСК за принос към развитието на българската икономика "ИН-5" получиха вчера плакетите си.

<https://www.economic.bg/bg/news/9/stopanskata-kamara-razdade-nagradite-si-za-inovatsii.html>

Стопанската камара раздаде наградите си за иновации "ИН-5"

<https://nauka.bg/nagradite-pitagor-2018-audio-video/>

Наградите „Питагор“ 2018 г. – номинирани и победители

<https://technews.bg/article-108215.html>

Учени получиха награди „Питагор“ на стойност 80 000 лв. 18:13

<https://duma.bg/?go=news&p=detail&nodeId=167250>

Само една награда не стига, Учени получиха отличия "Питагор" за постиженията си на стойност 80 000 лв.

21 май 2018

https://nauka.offnews.bg/news/Novini_1/Razdadoha-nagradite-Pitagor-za-prinos-v-naukata_108335.html

Раздадоха наградите „Питагор“ за принос в науката, в 11:38; **2043** четения
в-к „Аз-буки“ Брой 21, 2018

електронно: брой: 96, **768** четения

<https://azbuki.bg/editions/azbuki/newspaper-3/354-2018/ed2116/3485->

Десети юбилейни награди „Питагор“ 2018

списание „Наука“, бр. 3 2018 г., стр. 241

http://wop.phys.uni-sofia.bg/digital_pdf/wop/3_2018.pdf,

Отличени български физици с наградата за наука „Питагор“

11 октомври 2018

<https://www.bloombergtv.bg/bulgaria/2018-10-11/izlozhba-na-lazerni-tehnologii-otkriva-ban>

Изложба на лазерни технологии открива БАН; Със събитието учените ще отбележат 46 години от създаването на Института по физика на твърдото тяло

15 октомври 2018

<http://bnr.bg/horizont/post/101031695/v-ban-otkrivat-izlojba-za-prilojenieto-na-lazernite-tehnologii>

В БАН откриват изложба за приложението на лазерните технологии

<https://stolica.bg/tema/15-oktomvri>

<http://www.cross.bg/chasa-provede-sofiyaot-1586276.html#.XC3j9FUzbIU>

<http://www.focus-news.net/news/2018/10/15/2578341/predstoyashti-sabitiya-v-stranata-za-15-oktomvri-agentsiya-fokus.html>

От 16.00 часа във фойето на Административната сграда в БАН ще бъде открита изложба „Приложение на лазерните технологии: от създаване на нови материали до опазване на паметниците на културата".

<https://topvesti.bg/c/tDuqdmYBKbq5uwD7CAxV/2018-10-15/v-ban-otkrivat-izlozhba-za-prilozhenieto-na-lazernite-tehnologii>

В БАН откриват изложба за приложението на лазерните технологии,

<https://novini.bg/bylgariya/obshtestvo/504835>

В БАН откриват изложба за приложението на лазерните технологии, **640** четения

<https://www.youtube.com/watch?v=r4AwDKDxeNc>

филм в ютюб 15:10 / 5:36, **143** гледания

В БАН бе открита изложбата „Приложение на лазерните технологии“

<http://www.videoclip.bg/watch/866522>

<https://ekipnews.com/%D0%B1%D1%8A%D0%BB%D0%B3%D0%B0%D1%80%D1%81%D0%BA%D0%B0%D1%82%D0%B0-%D1%81%D0%BB%D0%B5%D0%B4%D0%B0-%D0%B2-%D1%80%D0%B0%D0%B7%D0%B2%D0%B8%D1%82%D0%B8%D0%B5%D1%82%D0%BE-%D0%BD%D0%B0-%D0%BB%D0%B0%D0%B7/>

Българската следа в развитието на лазерите, от Васил Димов - понеделник, 20:10

458 гледания

17 октомври

<http://www.bgnes.com/video/video/4615152/>

В БАН бе открита изложбата „Приложение на лазерните технологии: от създаване на нови материали до опазване на паметниците на културата“. /БГНЕС,

19 октомври 2018

<http://industryinfo.bg/article/22902-ban-provede-izlojba-na-tema--prilojenie-na-lazernite-tehnologii->

<http://electrical-bulgaria.com/search.aspx?q=%C1%C0%CD>

БАН проведе изложба на тема "Приложение на лазерните технологии“

4 декември 2018

<https://mediabricks.bg/%D0%BD%D0%BE%D1%81%D0%B8%D1%82%D0%B5%D0%B%D1%8F%D1%82-%D0%BD%D0%B0-%D0%BD%D0%BE%D0%B1%D0%B5%D0%BB%D0%BE%D0%B2%D0%B0%D1%82%D0%B0-%D0%BD%D0%B0%D0%B3%D1%80%D0%B0%D0%B4%D0%B0-%D0%BF%D0%BE-%D1%84%D0%B8/>

Носителят на Нобелова награда по физика проф. Бари Бариш ще изнесе лекция в БАН на 11 декември, **345** четения,

5 декември 2018

<https://www.geomedia.bg/novini/item/7197-nobelov-laureat-shte-iznese-lektsiya-za-gravitatsionnite-valni-v-ban>

Нобелов лауреат ще изнесе лекция за гравитационните вълни в БАН, 05.12.2018, **54** четения

7 декември 2018

<https://nauka.bg/lekciya-gravitacionnite-valni-nobeloviya-laureat-fizika-2017-profesor/>

Лекция за гравитационните вълни на Нобеловия лауреат по физика за 2017 професор Бари Бариш

9 декември 2018

<https://stolica.bg/sybitia/nobelov-laureat-po-fizika-shte-ima-lektsiya-v-ban>

Нобелов лауреат по физика ще има лекция в БАН, **82** четения

11 декември 2018

https://www.actualno.com/cosmos/lekciya-za-gravitacionnite-vylni-v-ban-shte-iznese-nositel-na-nobelova-nagrada-news_710981.html

Лекция за гравитационните вълни в БАН ще изнесе носител на Нобелова награда, **990** четения

<http://bnr.bg/post/101056036/nobeloviat-laureat-prof-bari-barish-shte-iznese-lekcia-gravitacionni-valni-ot-detektorite-do-registriraneto-im-v-ban>

Нобеловият лауреат проф. Бари Бариш изнася лекция в БАН за гравитационните вълни

<https://www.dnes.bg/sofia/2018/12/09/nositel-na-nobelova-nagrada-po-fizika-shte-iznese-lekciia-v-ban.396001>

<http://www.bta.bg/bg>

Носител на нобелова награда по физика ще изнесе лекция в БАН

Темата е "Гравитационни вълни: от детекторите до регистрирането им"

<http://www.palo.bg/a/%D0%BD%D0%B0%D0%BA%D1%8A%D0%B4%D0%B5-%D0%B2-%D1%81%D0%BE%D1%84%D0%B8%D1%8F-498303>

Марин Дринов на Българската академия на науките (БАН) носителят на Нобеловата награда по физика за 2017 г. професор Бари Бариш ще изнесе лекция на тема Гравитационни вълни: от детекторите до регистрирането им, съобщиха от БАН.

https://nauka.offnews.bg/news/Novini_1/Nobelista-po-fizika-shte-iznese-lektciia-v-BAN-za-gravitacionnite-valn_118741.html

Нобелист по физика ще изнесе лекция в БАН за гравитационните вълни, **3212**чтения
13 декември 2018

<http://bnr.bg/hristobotev/post/101057416>; <http://bnr.radio/play/post/101057416>

Нобелистът Бари Бариш – гост на България

14 декември 2018

<https://armymedia.bg/archives/139988>

Нобелов лауреат изнася лекции у нас, **226** четения

9. ИНФОРМАЦИЯ ЗА НАУЧНИЯ СЪВЕТ НА ИНСТИТУТА ПО ФИЗИКА НА ТВЪРДОТО ТЯЛО ПРЕЗ 2018 г.

9.1. Списъчен състав на Научния съвет на ИФТТ

проф. дфн Дианка Димитрова Нешева - Славова (председател)- ИФТТ

проф. дфн Изак Маир Бивас (заместник председател) - ИФТТ

доц. д-р Емилия Стоянова Димова (секретар) - ИФТТ

акад. дфн Александър Георгиев Петров – ИФТТ (почетен член)

проф. дфн Хассан Шамати - ИФТТ

проф. дфн Кирил Борисов Благов - ИФТТ

проф. дфн Албена Дончева Паскалева – ИФТТ

проф. дфн Недко Борисов Иванов– ИФТТ

доц. д-р Марина Тодорова Приматарова – ИФТТ (асоцииран член)

доц. д-р Маргарита Георгиева Грозева - ИФТТ

доц. д-р Виктория Виткова Виткова - ИФТТ

доц. д-р Огнян Динев Иванов - ИФТТ

доц. д-р Петър Методиев Рафаилов - ИФТТ

доц. д-р Тихомир Колев Тенев - ИФТТ

доц. д-р Валентин Иванов Михайлов - ИФТТ

доц. д-р Юлия Любомирова Генова - ИФТТ

доц. д-р Елена Кръстева Назърова – ИФТТ

доц. д-р Йордан Георгиев Маринов – ИФТТ

доц. д-р Екатерина Иванова Радева– ИФТТ

доц. д-р Георги Стоянов Попкиров – ЦЛСЕНЕЙ

гл. ас. д-р Карекин Есмерян (млад учен без право на глас) - ИФТТ

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

Научният Съвет на ИФТТ е избран след тайно гласуване на 12.02.2016 г. 15.02.2016 г и 16.02.2016 г от Общото събрание на учените на ИФТТ.

На заседанието на НС от 14 септември 2017 год. бе разгледано и прието заявление от доц. д-р Петър Захариев за прекратяване на членството му в НС на ИФТТ поради дългосрочен неплатен отпуск. Поради предстоящо пенсиониране на един от членовете на НС от 01.01.2019г, за да отговаря съставът на НС на изискванията в Устава на БАН и Правилника на ИФТТ, с решение на общото събрание на учените на ИФТТ съставът на НС беше допълнен с трима учени от м. декември 2018, и така членовете на НС са 21, 20, от тях с право на глас: 1 академик, 6 професори и 1, доцент дфн, 12 доцента с образователна и научна степен „доктор“. Един от членовете на НС д-р Георги Попкиров е от ЦЛ СЕНЕИ – БАН. През 2018 год., след изтичане на едногодишния мандат на ас. д-р Станислав Върбев, за представител в НС на младите учени в института бе избран гл. ас. д-р Карекин Есмерян, който участва в заседанията на НС без право на глас.

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

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

http://www.issp.bas.bg/wp-content/uploads/2016/10/PRAVILNIK_IFTT_20_04_2018.pdf