

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**

2016 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.

Съгласно мисията на ИФТТ, научната тематиката на института 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 2016 г. продължи успешно изпълнението на проекта ИНЕРА „Повишаване на научния и иновационния капацитет на ИФТТ-БАН в областта на многофункционалните наноструктури“, *REGPOT-2012-2013-1 NMP*, финансиран по 7РП. Изпълнението на този важен проект ще издигне нивото на научните изследвания с цел да нареди ИФТТ сред най-успешните академични институти в Европейското научноизследователско пространство.

През 2016г. продължи успешно изпълнението на договор 312804 „Device For Large Scale Fog Decontamination“ COUNTERFOG по програма „Security” .

Приключи и успешно бе отчетен европейският проект CareRAMM за провеждане на изследвания върху въглеродни резистивни памети. В този проект Институтът изпълняваше ключова роля като партньор с реномирани Европейски институции от академични среди и индустрията.

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

На национално равнище в рамките в конкурса за финансиране на фундаментални научни изследвания – 2016 г. към МИНИСТЕРСТВО НА ОБРАЗОВАНИЕТО И НАУКАТА, ФОНД „НАУЧНИ ИЗСЛЕДВАНИЯ” в научна област Н08 “Физически науки“ бяха спечелени четири проекта, на които ИФТТ е базова и един проект, при който Института 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

Учените от ИФТТ активно участват в итердисциплинарни изследвания на археологически обекти. Тези изследвания са част от проект „Траките – генезис и развитие на етноса, културни идентичности, цивилизационни взаимодействия и наследство от древността“. Проектът е финансиран през 2016г. чрез дарение на БАН от г-н П. Манджуков. От дарението общо около 20 000лв са отделени за колектива от ИФТТ (10 000лв за 2016г.) В ИФТТ бяха изследвани мазилки от различни гробници, разположени в различни части на България; метални предмети от бронз – находищата до с. Балей, с. М. Тръново, местност Глухите камъни и предмети от експозицията на Института по археология – БАН. Беше определен елементния състав и на предоставените от Института по археология с музей при БАН обекти от бронз. Използвана е единствената в България апаратура за определяне на елементния състав



на обекти от метал, керамика и стъкло с метода на спектроскопия на лазерно индуцирана плазма (LIPS). Методът на спектроскопия на лазерно индуцирана плазма (LIPS) е практически неdestructивен и може да се използва за елементен анализ в промишлеността в т.ч. на изоставени промишлени зони, както и в хранителната индустрия и др. Целта на изследването е да се направят изводи за древните технологии при изготвянето на обектите.

На фигурата е показан бронзов накит от сорта на нагръдник

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: Експертен съвет по наука, технологии и иновации при кмета на София, Постоянна комисия по природни науки към ФНИ, 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.



Системите Beneq TFS 200 за ALD и Oxford Nanofab Plasmalab System 100 за PE CVD в Бялата стая на Нанотехнологичния център към ИФТТ



Високовакуумна система за оптични покрития Symphony 9

В Института е изградена Бяла стая, където са монтирани установката Beneq TFS 200 за последователно отлагане на атомни слоеве (ALD) и системата Oxford Nanofab

Plasmalab System 100 за плазмено стимулирано химическо отлагане (PE CVD). Получените слоеве могат да се охарактеризират с единствения по рода си в България автоматичен елипсометър тип M2000D, който позволява анализиране на проби с дебелина под 1нм. Към наличните лазери, регистрираща и спектрална апаратура и разработена технология за диагностика, консервация и реставрация на паметници на културата е изградена фемтосекундна лазерна система, състояща се от 4 модула, която ще се използва за наблюдение на свръхбързи процеси и динамични измервания, за изучаване на живи структури и модификации на материали в наноразмерната скала. С автоматизирана микрофлуидна система CellASIC™ ONIX, ръчен цитометър Scepter 2.0 и филтриращата мембранна установка са създадени условия за провеждане на експерименти върху взаимодействието на меката материя с наноструктури от различен вид и състав, а комбинираната система от галваностат и потенциостат SP-200 позволява да се извършват изследвания в областта на фундаменталната електрохимия, нано- и биотехнологиите, електролизата и електросинтеза, горивните клетки, фотоволтаиците и др.

В ИФТТ функционира високовакуумна система за оптични покрития Symphony 9 (Tesport Optics, САЩ), гарантираща реализиране на многослойни оптични структури на съвременно технологично ниво. Наличието на спектрофотометър Perkin Elmer-Lambda 1050, окомплектован с инфрачервен спектрофотометър с Фурие преобразуване 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 в конкурса за финансиране на фундаментални научни изследвания – 2016 г. към МИНИСТЕРСТВО НА ОБРАЗОВАНИЕТО И НАУКАТА, ФОНД „НАУЧНИ ИЗСЛЕДВАНИЯ“ в научна област Н08 “Физически науки“ бе спечелен проект на тема “Течнокристален подход за оптимизиране функциите на моделни липидни мембрани при вграждане на наночастици“ с ръководител доц. д-р Юлия Генова. В изпълнение на задачите по този проект са обединени усилията, тематиката и експертизата на учени от четири от шестте направления в Института, а именно направленията „ТЕОРИЯ“, „ФУНКЦИОНАЛНИ МАТЕРИАЛИ И НАНОСТРУКТУРИ“, „ФИЗИЧЕСКА ОПТИКА И ОПТИЧЕСКИ МЕТОДИ“ и „ФИЗИКА НА МЕКАТА МАТЕРИЯ“. Общият бюджет на проекта е 120 000лв, като за 2016г. са постъпили 25% от сумата за трите години на изпълнение.

2. РЕЗУЛТАТИ ОТ НАУЧНОИЗСЛЕДОВАТЕЛСКАТА ДЕЙНОСТ НА ИНСТИТУТА ПО ФИЗИКА НА ТВЪРДОТО ТЯЛО ПРЕЗ 2016 Г.

НАУЧНО - ПРИЛОЖНО ЗВЕНО ЕЛЕКТРОМАГНИТНИ СЕНЗОРИ

През годината е работено по проект COUNTERFOG - европейски проект по програма „Сигурност“. През 2016 година са проведени изследвания на взаимодействието на твърдотелна повърхност с двуфазен флуид. На базата на получените резултати са разработени сензори за двуфазни флуиди.

Изследвани са въглеродни слоеве получени чрез правотоково разпрашване. Те са нанесени върху натриево-калциево стъкло. Известно е, че тази система от слой и подложка се характеризира с процеси на самоорганизация на материята. По време на отлагане на въглеродния слой се образуват спирали. Задачата, поставена при това изследване бе да се провери дали появата на спиралите е резултат от възникването на механични напрежения в тази система. Оказа се, че тяхното състояние – форма, размери, концентрация зависят от дебелината на слоя. Беше установено, че тази корелация е в добро съответствие със зависимостта на механичните напрежения от дебелината на слоя. Тези анализи показват, че спиралите се появяват за слоеве с дебелини от 10 до 100 нм.

Аналитично и числено са изследвани електронните енергии на основното състояние, масовите корекции и масовите поляризации на слабо и силно заредени хелиоподобни йони. Разгледани са приблизително 3500 различни случая на йони със заряд от 2 до 118. Решава се двуелектронно уравнение на Шрьодингер с дискретна пертурбационна процедура, разработена от нас. Сравнени са резултатите, получени с или без включване на масовата поляризация в минимизационната процедура. Това е използвано като инструмент за показване на ефектите от взаимодействието на електронната система с деформацията на ядрото и структурата. Като резултат от Ландау-квантуването на електронното движение се изследва уравнението на състоянието и влиянието на магнитното поле върху равновесието на ядрата на външната кора на неутронни звезди, притежаващи повърхностни магнитни полета.

ТЕОРИЯ

Верни на установената традиция учените от Теоретичния отдел използват физическите методи за създаване на модели и извършване на анализи в актуални области на съвременната наука с важно значение за подобряване на качеството на живот като биофизика, биомедицина и медицинска физика, нови материали, нано- и информационни технологии, физиологични и социални системи.

Предложен е нов подход за изследване физическите свойства на биомембраните посредством молекулната динамика. За разлика от предходните изследвания в тази област, които изследват малка част от мембраната, този подход се базира на изграждане на цяла мембрана със специфична геометрия. Преимуществото тук е възможността да се изградят обекти, които се доближават максимално до тези, използвани в експеримента. Определени са оптималните параметри, които гарантират устойчивостта на изследваната везикула. Този подход може да послужи за предсказване на свойствата на биологични системи и сравнение с експерименталните резултати.

Извършен е статистически и мултивариационен анализ на медицински изследвания с цел оценка на разпространението на дадено заболяване и определяне на значимите клинични показатели за неговото развитие и рисковете, до които то води. На базата на данни от изображения, получени с компютърна томография, и числени пресмятания на поведението на кръвния поток през абдоминалната аорта и на формирания аневризъм се търсят допълнителни фактори за определяне риска от разкъсване и летален изход за болните хора.

Изследвани са термодинамичните и структурните свойства на класическа моделна система, описваща далекодействащо дипол-диполно взаимодействие в проста кубична решетка, съставена от диполи. Проучена е възможността за наличието на нематично квадруполно подреждане и е характеризирано критичното поведение на системата. Показано е, че основното състояние на системата е изродено с феромагнитно подреждане. При крайни температури е използван Монте Карло метода

за определяне на критичните свойства. Намерено е, че нематичното подреждане възниква вследствие на термичните флуктуации и че системата изпитва фазов преход от втори род към неподредена фаза. Определена е критичната температура на системата.

Изследвани са фазовите диаграми и енергетичния спектър на двумерна шахматно подредена спинова система, съставена от равен брой $s=1/2$ и $s=1$ спинове. За целта е използван микроскопичен модел с включени билинеен и биквадратен членове. Проведените изследвания са фокусирани главно върху екзотични немагнитни фази.

Прилагайки модела на Хайзенберг са изследвани магнитни системи, изградени от малък брой спинове като димери, тримери и тетрамери. Получени са магнитните спектри, както и други кванови ефекти свързани с характеристиките на отделните йони, съставлящи нано-магнитите.

Разгледана е система от спинове в приближение на Хайзенберг, състояща се от две магнитни подрешетки с различни атоми и респективно с различно обменно взаимодействие вътре в подрешетките, между които има слаба магнитна връзка. Извършени са пресмятания за обемно центрирани кубична и тетрагонална кристална структура. Когато взаимодействието между различните подрешетки е феромагнитно, тази система служи за описание на обемни феримагнити с точка на компенсация, като например DyFe_5Al_7 . Фазовата диаграма на този вид феримагнити експериментално показва много интересен спин ориентационен фазов преход, чиято същност с недостатъчно изяснена. При антиферомагнитно взаимодействие между двете различни магнитни подрешетки се наблюдава остатъчен магнитен момент, възникване на неколинеарна антиферомагнитна структура и възможност за поява на така наречения "reentrant" фазов преход, чието описание даже в чисто обменно взаимодействие представлява значителен интерес във връзка с приложението му към сплавите на Хьослер и евентуалното им използване в спинтрониката. С цел описването на реални системи изследванията ще бъдат продължени като при извършване на пресмятанията ще бъде включено спин-орбитално взаимодействие, за да се определи посоката на намагнитване и в двете подсистеми.

Развита и обоснована е полева теория на слоести анизотропни антиферомагнити с фръстрирани (некомпенсирани) обменни взаимодействия. Теорията е предназначена да описва широк клас такива системи чрез типичните за полевите теории среднополево приближение, пертурбационни схеми и методите на ренормализационната група. Довършени са изследвания по флуктуационни явления в близост до спинодални точки в околност на фазови преходи от първи род (обща теория).

Продължават изследванията върху фази и възбудени състояния на магнитни системи със силна фрустрация. Те са фокусирани главно върху ролята на тричастичните обменни взаимодействия в нискоразмерни Хайзенбергови системи с пространствена размерност $D=1$ и $D=2$. Извършен е пълен анализ на фазовата диаграма на базисен едномерен спинов модел с два типа спинов променливи ($S=3/2$ и $s=1/2$) и тричастични взаимодействия чрез числен реноргрупов подход (DMRG) и аналитични пресмятания.

Изследван е модел, описващ разпространението на солитони в система от две свързани магнитни верижки с различни типове линейни и нелинейни взаимодействия между тях. Обменното взаимодействие между два съседни спина във верижките е феромагнитно, докато взаимодействието между спиновете от двете верижки може да бъде както феромагнитно, така и антиферомагнитно. Отчетена е и еднйонната анизотропия във верижките. Намерено е условието за формиране на светли и тъмни солитони в изследваната система. Разгледана е еволюцията на солитон, възбуден в една от верижките и получено условието за идеалното му прехвърляне от едната

верижка в другата и обратно. Наблюдавана е по-голяма устойчивост в солитонната динамика за случая на феромагнитно взаимодействие между спиновете от верижките.

Прилагайки модела на Джейнс – Къмингс от квантовата оптика (полето взаимодейства само с един спин на верижката), е изследвано взаимодействието на един мод от квантувано електромагнитно поле със спинова молекула, състояща се от квантови спинове с големина $\frac{1}{2}$. За спин-спин взаимодействието във верижката са използвани: модел на Изинг, модел на Хайзенберг, както и XY модел. Аналитично е получен енергетичния спектър за верижка от 4 възела, а числено са изследвани и верижки с до 10 възела. Полученият енергетичен спектър е анализиран с помощта на наличния инвариант на модела, който е аналог на пълния магнитен момент; направено е сравнение при четен и нечетен брой спинове, а също и за отворена и затворена конфигурация на спиновата верижка. Анализирана е също разликата, която е наблюдавана между енергетичните спектри при различните модели.

Допълнително за XY модела числено е получен енергетичният спектър при взаимодействие на верижката с повече от един мод на полето (от 2 до 10). Забелязана е качествена разлика между случаите с един мод и с повече модове.

При квантовите компютри единицата за информация е кубит/кудит, която представлява квантова система от две/d нива. Алгоритъмът на Гровер е квантов алгоритъм, предназначен за търсене на елементи в неопределена база данни с N елемента. При стандартните алгоритми броят на стъпките зависи линейно от броя на елементите, докато при този алгоритъм стъпките зависят от броя на елементите на степен $1/2$, т.е. търсенето се извършва квадратично по-бързо. За да може алгоритъмът на Гровер да намери търсения елемент, то трябва преди това да се намери броят на елементите, които удовлетворяват условията на търсене. Броят на тези елементи се намира от квантовия алгоритъм за броене, който е частен случай на квантовия алгоритъм за определяне на фазата. Съществуващият досега квантов алгоритъм за броене е бил предназначен само за регистри, съставени от кубити. Предложени са квантов алгоритъм за определяне на фазата и квантов алгоритъм за броене, ползващи кудити. Числено е определена степента на точност (fidelity) на двата алгоритма, основани на кубити и на кудити. Наред с експоненциалното нарастване на размера на регистъра симулациите показват значително по-висока вероятност за намиране на броя на решенията при алгоритъм на базата на кудити в сравнение на този с кубити.

Намерена е вероятността за разпад на H-бозон на два Z-бозона през примка от заредени W-бозони и през примка съдържаща два Z-бозона и H-бозон. С прилагането на правилата на Cutkosky са получени аналитични формули за имагинерната част на Фейнмановите амплитуди. Продължават пресмятанията по възстановяване на реалните части на амплитудите от техните имагинерни части чрез прилагането на дисперсионното съотношение. Целта на изследванията е да се определят амплитудите и да се установи в кои случаи е необходимо да се използва дисперсионно съотношение с изваждане и в кои без изваждане. Също така ще бъдат сравнени резултатите, получени с този подход и с метода на размерна регулация.

Намерени са еднопараметрични фамилии от уравнения от типа на модифициран Кортвег - де Фриз, свързани с алгебрите $D_4^{(1)}$ и $D_4^{(2)}$. Чрез метода на обратната задача за разсейване е установено, че те са интегрируеми. Обратната задача за разсейване е сведена до задача на Риман-Хилберт. Тези уравнения допускат Хамилтоново представяне и съответните Хамилтониани са конструирани.

Изследвани са процесите на синхронизация в мрежи с топология от типа Small World, състоящи се от хаотични елементи и при наличие на забавяне във взаимодействието между отделните елементи на мрежата. Въвеждайки динамични връзки на взаимодействие, е показано, че бързо променяне на топологията на свързване

спомага за по-добра синхронизация на системата. Мрежи с топология Small World бяха изследвани и в контекста на формиране на мнения в социалните системи, в случая когато отделните елементи заемат 3 стойности. Изследвано е влиянието на отделните параметри върху поведението на системата, като числените симулации показват добро съответствие с известни реални резултати.

Използвайки знанията от теорията на термодинамичните системи и теорията на динамичните нелинейни системи, е показано значението на научната организация за икономическото и социалното развитие на обществото. За целта научната организация е разгледана от гледна точка на теорията на термодинамичните системи. В този аспект на физическата наука тя е отворена, дисипативна и за да се развива, т.е. да има непрекъснато развитие на знанието, трябва да е далеч от равновесното си състояние. Поради това към нея трябва непрекъснато да бъдат насочени потоци от енергия, материя и информация, осигуряващи нейната самоорганизация. Научната организация като дисипативна структура може да съществува само в тясно взаимодействие с околната среда, състояща се от по-големите обществени системи и структури. Когато тази връзка се прекъсне (чрез спиране на финансирането и липсата на млади хора в научните организации), то съгласно законите на термодинамиката, научната организация ще премине в състояние на термодинамично равновесие (максимална ентропия и минимална организация). Изследванията показват, че „разбиването“ на научните организации води до намаляване на нарастването на БВП на държавата, тъй като 90% от БВП на съвременните развити държави се генерира на основата на дейността на научните организации.

ФУНКЦИОНАЛНИ МАТЕРИАЛИ И НАНОСТРУКТУРИ

Предложен е метод за пресмятане на монотонни Риманови метрики на дадени квантови системи, който има приложимост във физиката на кондензираната материя.

Изследвано е влиянието на прилагането на свръхвисоко налягане (1GPa) при вариране на различни условия на синтез на Fe-базирани свръхпроводящи системи FeSe с добавка на Ag. Установени са редици позитивни ефекти върху морфологията и основните свръхпроводящи параметри, като критична температура и магнитни полета и линия на необратимост. Изследвани са и електро-транспортните свойства на FeSe-Ag образците с оптимални характеристики. Анализирани са някои свойства (размерност) на поведението на вихрите на Абрикосов, както и типа на интер-грануларните връзки.

Структури от Au наночастици са получени посредством двуфотонно лазерно лъчение в органична матрица. Установено е, че притежават добра чувствителност и са подходящи за селективно идентифициране на съставки на химични, биологични и лекарствени субстанции посредством повърхностно усилено Раманово разсейване (SERS) в течна фаза.

Нанослоеви от ZnO:Al са отложени с послойно атомно отлагане (ALD) на p-Si (100) подложки и върху порьозен Al₂O₃. Елипсометричните и СЕМ изследвания показват, че отложените слоеве са поликристални, с равномерна дебелина дори в морфологичните кухини, и електропроводими.

Задълбочени са изследванията върху магнитокалоричния ефект в сложни метало-оксидни кристали. Установен е силен ротационен магнитокалоричен ефект в монокристал от TbMn₂O₅. Резултатите разкриват перспективи за разработване на компактни вградени магнитокалорични устройства за приложение при ниски температури и екстремни условия.

Изследвани са повърхностни състояния, структурни и транспортни свойства в топологичните изолатори Sb₂Te₂Se и Bi₃Se₂Te. Тънки слоеве от Bi₃Se₂Te са синтезирани

чрез импулсно лазерно отлагане на материал от $\text{Bi}_2\text{Se}_2\text{Te}$ монокристал. Те имат линейно магнитосъпротивление при високи магнитни полета ($B \geq 4 \text{ T}$) и двумерен слаб антилокализационен ефект при ниски полета B ($\pm 1 \text{ T}$), което се дължи на топологичното повърхностно състояние. Изследвани са $\text{Sb}_2\text{Te}_2\text{Se}$ монокристали, представляващи полупроводници с изолиран Дираков конус и висока стабилност на топологичното повърхностно състояние. Установено е, че максимумът на валентната им зона в обема е снижен под нивото на Ферми и че ефектът на Зеебек при тях се проявява с еднакъв знак за повърхностните и обемните носители, което прави системата $\text{Sb}_2\text{Te}_2\text{Se}$ перспективен материал за спинтронни и термоелектрични устройства.

Изучени са магнито-електричният ефект и фазовите преходи в меден оксид във външни магнитни полета. Установено е, че високи магнитни полета ($\sim 50 \text{ T}$) са в състояние да подтиснат спиралното модулиране на спиновете в мултифероичната фаза и силно влияят на електричната поляризация, а при ниски температури дори и умерени магнитни полета влияят сериозно на преходите между пара- и фероелектричната фаза. Това характеризира CuO като мултифероик с пълна схема от кръстосани взаимодействия между електричните и магнитните му фази.

Филми от еднослоен и няколкослоен графен са получени чрез химическо отлагане в газова фаза върху подложки от медно фолио. Вертикално израстнати нанотръбички са получени в режим с плазмено стимулиране. Синтезираните проби са характеризирани с Раманова спектроскопия и сканираща електронна микроскопия.

Демонстрирана е възможност за създаване на енергонезависими памети на основата на захват на заряд с многослойни структури, състоящи се от оксиди на хафния и алуминия, получени посредством атомно послойно отлагане (ALD). Изследвани са електрическите характеристики на структурите $\text{HfO}_2\text{-Al}_2\text{O}_3$ при две дебелини на подслоевите Al_2O_3 в кондензатори от типа метал-изолатор-силиций и са определени механизмите на проводимост, концентрацията на уловки и диелектрична проникваемост в зависимост от параметрите на структурата. Разгледано е влиянието на термично отгряване в кислород върху структурните и електрическите характеристики на структурите $\text{HfO}_2\text{-Al}_2\text{O}_3$ и е установено, че с този тип третиране може да се променя плътността и знака на първоначалния окисен заряд, както и големината на „прозореца на помнене“.

Изследвано е влиянието на вида на електроактивния метален електрод върху ефекта на резистивно превключване в структури от типа метал-изолатор-метал на основата на разпрашен танталов оксид. Установено е, че титановият нитрид е оптимален електроактивен електрод към танталовия оксид, за получаване на устойчиво резистивно превключване с разлика в съпротивлението между високо и ниско проводящо състояние повече от 100 пъти. Резултатите показват, че ефектът е чувствителен и към начина на получаване на електроактивният електрод.

Изследвани са диелектричните, електричните и оптични характеристики на тънки слоеве галиев оксид получен с метало-органичен процес на отлагане от газова фаза (MOCVD) за оценка на възможността за интегриране на галиевия оксид със силициевата технология. Определени са диелектричната проникваемост, окисния заряд, проводимостта и ширината на забранената зона. Резултатите показват, че в процеса на отлагане на галиевия оксид върху силиций се образува сравнително дебел интерфейсен слой силициев оксид.

Хомогенни слоеве от SiO_x ($x=1.3$) и отгряти при 700°C композитни слоеве, съдържащи аморфни силициеви наночастици a-Si NPs/SiO_x , са облъчени с 20 MeV електрони с различни дози. Контролни (необлъчени) и облъчени слоеве са изследвани с атомно-силова микроскопия (AFM), Раманова спектроскопия и електрически чрез

измерване на зависимостите капацитет-напрежение и паралелна проводимост-напрежение (C(G)-V). AFM изследването и данните от Рамановото разсейване показват, че електронното облъчване води до съществено намаление на повърхностната грапавост на хомогенните образци, което се дължи на ефект на отгряване и формиране на аморфна силициева фаза. Резултатите от C(G)-V измерванията на облъчените композитни слоеве показват образуването на електрически активни дефекти в оксидната матрица

Усвоена е технология за получаване на тънки слоеве от титанов оксид (TiO_2) върху силиций и оптични стъкла чрез електронно лъчево изпарение. Слоевете са получавани при различни технологични условия: i) различна температура на подложките без йонно асистиране; и ii) чрез използване на йонно асистиране с кислородни йони, аргоновы йони и смес от аргоновы и кислородни йони при различни параметри на йонния източник при температура на подложките 50°C . Определени са оптическите дисперсии на получените слоеве чрез използване на спектрофотометър и спектрален елипсометър и са сравнени резултатите от двата метода. Отработени са технологични режими за отлагане на тънки слоеве TiO_2 притежаващи необходимите характеристики за реализиране на многослойни оптически филтри на тяхна основа.

Тънки слоеве от ZnO , получени по ALD метод са изследвани като чувствителни покрития за регистрация на NO_2 в газова среда, използвайки кварцова микровезна (КМВ). Установено е, че процесът на сорбция на NO_2 е обратим. Слоевете от 16nm ZnO регистрират концентрации на NO_2 по-ниски от 100 ppm. ALD слоевете незначително натоварват КМВ и параметрите на резонаторите остават почти непроменени, т.е. съществува пълна технологична съвместимост. Изследването демонстрира възможност за практическо приложение в газови сензори.

Изследвани са подложки от графит, волфрам, аморфен силиций и титанов диоксид с цел използване при лазерно индуциран електронен пренос при десорбция/йонизация на метални комплекси (LETDI). Установено е, че при една и съща температура йонният добив от различните подложки варира по величина на три порядъка. Показано е, че LETDI от титанов диоксид и аморфен силиций предлага най-добри възможности за получаване на йони на молекули на метални комплекси.

Разработен е метод за определяне концентрацията на твърди частици в течности, използващ сензорен резонатор на обемни, Релееви или напречни повърхнинни акустични вълни (НПАВ), използван в качеството си на високочувствителна КМВ, детектираща масата на съдържащите се в течността твърди частици.

С акустичен метод са изследвани газосорбционните свойства на агрегати от нанонишки на цинков оксид чрез ПАВ резонатор с корозионноустойчива златна електродна структура. Демонстрирана е висока газочувствителност към токсични газове (пиридин и хексаметиленимин), съчетана със селективност към пари на амоняк и оцетна киселина.

Разработен е метод за отлагане на дълготрайни свръххидрофобни слоеве от въглеродни сажди без използване на допълнителни стабилизатори и с подобрена механична якост. Установен е режим на отлагане, при който трансформацията от графитоподобен към диамантоподобен въглерод се извършва при температури $\sim 270^\circ\text{C}$ (в пъти по-ниска от досега измерената). Научните резултати от изследването са уникални по своята същност, тъй като загатват за нов механизъм на трансформация на различните алотропни форми на въглерода в горящи пламъци. Модифицираните покрития са допълнително функционализирани с водни разтвори на етанол и флуоровъглерод, вследствие на което механичната им здравина, при симулация на тежки експлоатационни условия, бе подобрена. Установено е, че функционализираните слоеве проявяват ледофобни свойства и предотвратяват атмосферното обледеняване

при температури до -35°C , обуславяйки възможни приложения в самолетостроенето, корабостроенето, вятърни турбини, климатични системи и т.н.

Чрез полимеризация в плазма от хексаметилдисилоксан (ХМДС) и нанодиамантени частици са получени различни композитни слоеве, които са прозрачни и много гладки. Промяната в Раман и FTIR спектъра на композитите доказва проникването на диамантните наночастици в полимерната матрица, което дава възможност за синтезиране на слоеве с желани състав и свойства.

Предложен е алтернативен подход за получаване на слоеве от полимер върху полимер, чрез полимеризация в плазма. Характеризирането на тези материали, получени от ХМДС, пентан и толуен показва, че слоевете от силоксанов тип са плътни и зависими от вида на подложка, а филмите, получени от алифатни и ароматни въглеводороди са порехави и имат близка структура поради използвания метод на синтез в плазма.

Изследвани са параметрите на fs-лазерно лъчение (енергия на импулса, честота на повтаряемост и скорост на сканиране на лазерния лъч) с цел бърза, неинвазивна и контролирана аблация на зъбна тъкан (емайл и дентин). Проведени са изследвания със SEM, интерферометър, Раманова и ИЧ спектроскопия, за да се изберат оптимални параметри, при които няма морфологични и структурни промени на зъбната тъкан. Установени са параметрите, при които се постига аблация в дентина и в емайла без никакви щети. Измерени са прагът на аблация и скоростта на аблация също като функция на лазерното лъчение и е направен изводът, че различните стойности се дължат на различния състав на зъбната тъкан (емайл и дентин). Грапавостта на полирана зъбна тъкан нараства след аблацията, което е предимство при поставянето на пломби. Аблацията на емайл и дентин не промени тяхната кристална структура и характерните пикове на хидроксиапатит и колаген бяха запазени. Това означава, че няма прегряване в мястото на аблация или около него. Работата се извършва в сътрудничество с РАН-Букурещ и CNRS-Франция.

НАНОФИЗИКА

Продължава изследването на възможностите за промяна на топографията на тънки слоеве по метода на честотно асистирано термично изпарение във вакуум. Отложени са слоеве от стъклообразен As_2Se_3 с дебелини 60, 250 и 500 nm при прилагане на честоти 0, 50 и 4000 Hz върху подложките по време на изпарение. Анализът на резултатите и съпоставката им с тези, получени за аморфен Se и кристален Te, показват силно влияние на кристалографската структура на отлаганите материали върху топографията на получените слоеве. Ефектът на промяна на повърхността намалява с повишаване на структурната неподреденост на материала – докато при слоевете от селен и телур се наблюдава еднакъв период на нагъване на повърхността и значителни разлики във височинния профил на слоя с приоритет за кристалните слоеве, то при слоевете от As_2Se_3 със същите дебелини напълно липсва нагъване. Изследванията са финансирани чрез Програмата за подпомагане на младите учени от БАН (договор ДФНП 160/13.05.2016 г.)

Получени през 2015 г. година в Македония тънки слоеве от кубичен CuInS_2 са анализирани с AFM, TEM и XRD. Резултатите от TEM показват промяна както в структурата, така и в състава на слоевете, в сравнение с данните, получени от XRD непосредствено след синтеза. Тези промени вероятно се дължат на доказаната с AFM коалесценция на квантовите точки и на релаксацията на кристалната решетка с времето. Наблюдаваната стабилна халкопиритна фаза, характерна за CuInS_2 , е доказана и чрез XRD изследвания, направени в рамките на международно сътрудничество с

Румъния. Регистрирано е и наличие на примеси от $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$. Формирането на такава фаза е докладвано преди за отгретите над 250° слоеве.

Съвместно с колеги от направление ЛФФАМП са изготвени тънки нанокристални слоеве от Cu-In-S от предварително синтезирани в Македония квантови точки от CuInS_2 посредством импулсна лазерна аблация във вакуум с Nd:YAG лазер и дължина на вълната 1064 nm. Съвместно с колеги от Румъния са изследвани структурата и морфологията на отложените слоеве и е показано, че те са нанокристални, с доминираща $\text{Cu}_{1.7}\text{In}_{0.05}\text{S}$ фаза. Изследван е ефектът на енергията на лазерните импулси и времето на аблиране върху структурата и морфологията на получените слоеве. Наблюдавано е слабо нарастване на средния нанокристален диаметър от 8 nm до 13 nm, като зависимостта от времето на отлагане е по-изявена. Много по-силно е влиянието на енергията на лазерния импулс върху топографията на слоевете – наблюдавано е шесткратно нарастване от 7.4 до 44.3 nm на средноквадратичната грапавост на повърхността им. Методът на лазерна аблация при тази дължина на вълната е използван за първи път за трансфер на вече синтезирани наночастици от Cu-In-S и е показано, че е подходящ за получаване на стабилни слоеве от Cu-In-S с контролирана повърхностна грапавост.

Изследвани са тънки слоеве от различни материали отложени върху различни подложки със закупуения по проекта INERA спектрален елипсометър Woollam M2000D. Получени са данни за слоеве от AlN, Al_2O_3 , ZnO, високочестотно разпрасен HfO_2 , TiO, CoO, Fe_2O_3 , NiO, GaN, ZnMgO, Ga_2O_3 , $\text{W}_{0.92}\text{Mo}_{0.08}\text{O}_3$, WO_3 , термичен SiO_2 , DLC, C. Слоевете са отложени върху Si, стъкло, Al_2O_3 , ITO/glass. Определени са дебелини и оптични константи на единичните слоеве и на свръхрешетки от $\text{HfO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$, отложени чрез атомна епитаксия.

Изследвана е фотолуминесценция при стайна температура от хомогенни и композитни (съдържащи аморфни, a-Si, или кристални силициеви наночастици), 200 nm дебели слоеве от SiO_x ($x = 1.5, 1.7$), отложени върху кристални силициеви подложки чрез термично изпарение на SiO във вакуум. Слоевете са облъчени в Дубна с електрони с енергия 20 MeV и доза $2.4 \cdot 10^{14} \text{ el/cm}^2$. Установено е, че облъчването на хомогенните образци слабо увеличава интензитета на луминесценцията, което е свързано с начално фазово разделяне и поява на малко количество a-Si наночастици. Облъчването с електрони на композитните слоеве с изходно $x = 1.7$ и всеки от двата вида наночастици и на $x = 1.5$ слоевете с нанокристали води до намаляване на интегралния интензитет на фотолуминесценцията. Намаляването на интензитета е свързано с електронно индуцирано нарастване на размера на наночастиците, водещо до отслабване на размерния ефект.

Изследвани са тънки слоеве от ZnO, отложени със зол-гел метод, при прилагане на микровълнова обработка. Използвани са два различни полимера за модифициране на структурата и морфологията на слоевете. Изследвания със сканираща електронна микроскопия и атомно силова микроскопия показват, че използването на полимери влияе силно върху микроструктурата и повърхностната грапавост на слоевете и че ефектът зависи от комбинацията модификатор в зола - тип на добавения полимер. При стайна температура са изследвани промените в проводимостта на слоевете предизвикани от пари на етанол. Установено е, че при еднаква концентрация на етанол тези промени са по-големи в слоевете, получени с добавяне на полимер. Направено е заключение, че модификацията на слоевете с използване на полимер е перспективна за подобряване на докладваната в литературата много ниската чувствителност на ZnO към пари на етанол при стайна температура.

Продължено е изследването на слоеве от TiO_2 , отложени чрез химични методи. Изготвени са MIS структури с вградени слоеве от TiO_2 , легирани с Nb или V и са

измерени волт-амперни (капацитивни и проводимостни) характеристики при различни температури и честоти. Намерено е, че концентрация на легиращите донорни Nb/V атоми е от порядъка или по-висока от 10^{16} cm^{-3} . Въпреки високото ниво на легиране, специфичното съпротивление на слоевете е високо, $\rho \sim 10^4 - 10^5 \text{ } \Omega \cdot \text{cm}$, което е обяснено с компенсиращ ефект на дълбоки акцепторни нива, генерирани в процеса на отлагане. Наблюдавано е намаление на ρ при увеличаване на приложеното електрично поле, което свидетелства за обемен характер на проводимостта през легираният TiO_2 , като токът през слоевете се ограничава от пространствения заряд на електрони, заловени в дълбоки нива. В температурния диапазон 77 - 300 K преобладаващ механизъм на транспорт през TiO_2 е тунелиране на електрони от заето към съседно свободно дълбоко ниво.

Изследвано е влиянието на температурата върху луминесцентната ефективност на халкохалидни GeSIn-CsX ($X=\text{Cl, Br}$ и I) стъкла. Наблюдаваните емисионни ивици при 1050 и 1300 nm са отнесени към съответните радиационни преходи в енергетичната диаграма на Er^{3+} йони. Сравнението със системата GeSGa-CsBr показва силно проявено стесняване на емисионната ивица на $^4\text{I}_{13/2} \rightarrow ^4\text{I}_{15/2}$ радиационен преход на Er^{3+} йони и разцепването ѝ на суб-ивици, чрез което се демонстрира нарастващата керамична структура на матрицата.

Изследван е ефектът на директно формиране на повърхностен релеф чрез фотоиндуциран масов транспорт в аморфни тънки слоеве от системите Ge-S и Ge-Se. Резултатите показват значително по-силно изразен оптичен запис на информация при нарастване концентрацията на Se в Ge-Se образците. Дифракционните решетки са формирани с ортогонално $\pm 45^\circ$ поляризирани лазерни лъчи при различни дължини на вълната ($\lambda=473\text{-}650 \text{ nm}$). Структурата на повърхността и дълбочината на получения релеф на записа е определена чрез анализ с атомно-силова микроскопия.

Изследвани са оптичните свойства и структурата на атомно ниво на трикомпонентни $\text{Ge}_x\text{Sb}_{40-x}\text{Se}_{60}$ ($x = 15, 20, 25, 27, 32$ и 35) халкогенидни стъкла и тънки слоеве, отложени върху кварцови подложки чрез изпарение на стъкла от съответния $\text{Ge}_x\text{Sb}_{40-x}\text{Se}_{60}$ състав. Определени са оптичните константи (n и k), оптичната ширина на забранената зона (E_{og}) и осцилаторни енергетични параметри на стъклата, а при слоевете – и тяхната дебелина. Установено е наличие на «праг» в зависимостта на E_{og} от състава при средно координационно число $Z = 2.67$, който е обяснен с топологичен фазов преход в близост до $Z = 2.67$, където предимно двумерна (2D) структура на стъклата се превръща в тримерна (3D) мрежа. 3D структурата е с по-малка плътност и по-прозрачна и това обяснява по-ниските стойности на n и k , наблюдавани при $x = 27, 32$ и 35 . Чрез RMC симулация на данни от неутронна и рентгенова дифракция е установена аморфна фаза в изследваните образци и са определени атомните параметри. Показано е, че мрежестата структура на $\text{Ge}_x\text{Sb}_{40-x}\text{Se}_{60}$ е изградена от свързани помежду си тетраедрични GeSe_4 и пирамидални SbSe_3 единици. С увеличаване на концентрацията на Sb атоми се образуват добре дефинирани Sb-пирамидални единици в стъклообразната структура.

ФИЗИЧЕСКА ОПТИКА И ОПТИЧЕСКИ МЕТОДИ

Получена е система от нанокomпозити с компоненти наноструктурирани димерни /течни кристали и нано частици с различна форма и големина от мезогенен (холестерил бензоат) и немезогенен (въглеродни наноструктури - едно и многостенни нанотръбички, РНОА, хидроксипиридин) тип. Намерени са нови течнокристални хирални състояния и нискотемпературна смектична фаза с възможно най-ниската и характерна само за твърдото състояние фероелектрична фаза с фероелектрична

поляризация от порядъка на 120 nC.cm^{-2} . Наред с известния пироелектричен метод, за оценяване на фероелектричната поляризация, е приложен нов метод - анализ на стените на Ниил, формиращи се в микротекстурата на индуцираното фероелектрично състояние. На базата на този анализ е показано, че фероелектричното състояние, намерено във високомолекулните течнокристални системи е развиващо се и не се достига до термодинамично стабилна течнокристална фаза, докато в намерената от нас смектична C_G фаза в ниско-молекулни (с 2 бензолни пръстена) димерни течни кристали в нанокомозитна смес с едностенни въглеродни нанотръбички, фероелектричното C_G състояние се развива и достига стабилно термодинамично състояние, лесно управляемо чрез постоянни и нискочестотни електрични полета. За обяснение на фероелектричността в нискомолекулни димерни течни кристали е създаден молекулен и макроскопичен модел на фероелектричното C_G състояние. В основата на този модел е взаимодействието на междумолекулните водородни връзки в димерната система и електронните взаимодействия с полето на въглеродните нанотръбички, което в допълнение с индуцираните при конформация на димерните пръстени диполни моменти води до понижаване на симетрията на нанокомпозита и индуцирането на C_G фазата. Оценено е влиянието на симетричните и несиметричните надмолекулни комплекси върху фероелектричността на течнокристалния нанокомпозит. Показано е, че развитата и термодинамично стабилна C_G фаза в симетричните надмолекулни комплекси, изградени от нискомолекулни димерни течни кристали и едностенни въглеродни нанотръбички, израства в достатъчно големи, хомогенни и удобни за електрооптични изследвания локални монокристали.

Приложени са хирални течни кристали за получаване на плазмонен резонанс на база дифракционна решетка с практическа насоченост към биосензорната техника.

Изследван е нелинейно-оптичният ефект на генерация на втора хармонична (ГВХ) при преминаване на лъчение от импулсен $\text{Nd}^{3+}:\text{YAG}$ лазер през тънък слой от нематичен течен кристал (НТК) *pentylcyanobiphenyl* (5CB), подложен на въздействие на периодично-следващи импулси на постоянно ел. поле, синхронизирани с лазерните импулси. Експерименталните резултати за индуцираната от ел. поле ГВХ на напompващата оптична вълна, получени за различни дебелини (25, 75 и 100 μm) на слоя от НТК при стайна температура и при промяна на ъгъла на падане на напompващата вълна, са анализирани със съответните теоретични модели. За наблюдавания макроскопичен нелинейно-оптичен ефект е установена ролята на деформацията на НТК и специфични структурни домейни с различни ориентации на директора на НТК, които са потвърдени с оптична поляризационна микроскопия.

Посредством електрични измервания е характеризиран нанокомпозитен материал, формиран от НТК 5CB с добавка на сребърни наносфери с диаметър 10 nm, при концентрация 0.5 wt.%. С диелектрична спектроскопия в диапазона от 1 mHz до 100 kHz са изследвани тънки филми (25 μm) от този наноструктуриран нематик и е определено как точно се променят честотните спектри на диелектричната му функция и диелектричните му загуби вследствие на сребърните наносфери. Получените резултати позволяват да се оцени практическата приложимост на изследвания наноматериал за оптични и електро-оптични (ЕО) устройства, както и за мулти-сегментни тънкослойни електронни устройства, работещи с НТК при стаини температури.

Предложен е стабилен фотоактивен нанокомпозитен материал, базиран на нано-напълнен нематик, дотиран с 3 wt.% фотоактивен течен кристал 4-(4'-ethoxyphenylazo)phenyl hexanoate (EPH). Базовият материал (нано-напълненият нематик) представлява гел, формиран от нематика 4-*n*-heptyl cyanobiphenyl (7CB) и 3 wt.% силициеви наносфери (Aerosil 300) с размер около 7 nm, самият той не е фоточувствителен. Добавката на фотоактивния агент EPH дава възможност за ефикасен

контрол на ЕО характеристики на така получената фоточувствителна трикомпонентна нематична система. Това става при облъчване със светлина в ултравиолетовата (УВ) или в синята области на спектъра, което предизвиква *trans-cis* конформация на молекулите на ЕРН, или обратния процес, съответно. Установено е, че при прилагане на променливо ел. поле оптичeskото пропускане на тънки филми от наноструктурирания нематик нараства с увеличаване на напрежението. Тази ЕО характеристика е обратима. С оглед на практическото приложение, оптичeskите и ЕО характеристики (вкл. честотни и времеви) на нанокомполитните филми са изследвани в зависимост от интензитета и поляризацията на светлината, с която взаимодействат филмите, както и от честотата и интензитета на подаденото им променливо ел.поле. Експерименталните данни от ЕО измервания са анализирани със съответни теоретични модели, за да се добие информация за молекулната динамика на изследвания наноструктуриран нематик, полезна за оптимизиране на неговата ЕО функционалност.

Показано е, че УВ осветяване може да стимулира ЕО отклик на фоточувствителните ЕРН/Aerosil/7СВ нанокомполити, както и значително да понижи праговото напрежение за ЕО им отклик, което е полезно от практическа гледна точка. Те показват и че композираният наноматериал и докладваните специфични ефекти представляват интерес за фото-контролируеми ЕО приложения (напр. ефективни оптични ключове, амплитудно-честотни ЕО модулатори, ЕО атенуатори и други устройства за активен контрол на светлина, както и сензори, функциониращи на ЕО принцип).

Предложен е нов нанокомполит, като е използван хидрогел от натриев полиакрилат, дотиран със златни наносфери с диаметър 11 nm, обвити с полимерен слой с дебелина около 10 nm. Този нов наноматериал е интересен от гледна точка за съхраняване на електрическа енергия. Характеризиран е с оптичeskа спектроскопия на поглъщане в близката ултравиолетова–видимата–близката инфрачервена области, която е комбинирана с прилагане на постоянно или променливо ел.полета, с цел да се установи поведението и стабилността на нанокомполита при такова въздействие. Материалът е изследван и чрез циклични волтаметрични и хроноамперометрични електрически измервания. Резултатите показаха, че предложеният нанокомполит би имал по-добри електрически характеристики, ако е в състояние на концентриран гел без хидроксилни групи, като златните наносфери не са смесени с полимера, а са свързани (linked) в мрежовата му структура.

Чрез оптичeskа спектроскопия на дифузно отражение и FT-NIR спектроскопия са проведени изследвания за характеризиране на образци от нов гъвкав полимерен комплекс polyethylene oxide(PEO)–polyvinylpyrrolidone(PVP)–NaIO₄, във форма на стабилни тънки филми с дебелина 100 μm. Материалът е синтезиран с цел да се прилага за полимерен (нетечен) електролит. Посредством електрически измервания е установено, че този полимерен комплекс е подходящ като електролит, и за приложения в полимерната електроника. Изпитани са неговите електростатични и електрополяризационни свойства. Важен резултат за PEO-PVP-NaIO₄ е липсата на захват на заряди, за разлика от полимерите PEO и PVP. Материалът е изследван с електроимпедансна спектроскопия в честотната област 0.1 Hz – 1 MHz, с промяна на температурата на образците от 20 °C до 60 °C. Анализирани са съответните спектри на диелектричен отклик. Основният резултат е, че присъствието на съединението NaIO₄ подобрява значително диелектричните свойства на полимерния комплекс. Резултатите от проведените изследвания са полезни за оптимизиране синтеза на PEO-PVP-NaIO₄, а също и дават насоки за бъдещото му практическо приложение.

Изследвано е поведението на дефекти в смектични течни кристали SmA* във вид на двойни спирали под въздействие на променливи външни електрични полета.

Интересът към такива дефекти е предизвикан от факта, че енергията им на формиране е приблизително равна на тази на ДНК. При увеличение на напрежението стъпката на двойната спирала и диаметърът на цилиндъра, формиран от нея, намаляват до пълната аниhilация на дефекта, като процесът на еволюцията на стъпката на двойната спирала е прагов.

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

Усвоена е технология за получаване на многослойни оптични структури във видимия диапазон чрез електронно-лъчево изпарение и йонно асистиране в новозакупената по Оперативна програма „Развитие на конкурентноспособността на българската икономика“ 2007 – 2013 система за вакуумно отлагане Symphony 9 на фирмата Tesport Optics. Проведени са серия от над 50 проби (тестови отлагания) за получаване на единични оптични слоеве от вещества с висок (TiO_2), среден (Al_2O_3) и нисък (SiO_2) показател на пречупване в различни технологични условия върху безцветни оптични стъкла (BK7, SF56, SF11, H-ZF13 с показатели между 1.5 и 1.85), предметни стъкла от различни производители и Si пластини. Слоевете са получавани при различни технологични условия: i) при температура на подложките от 50° до 350°C без йонно асистиране; и ii) чрез използване на йонно асистиране с кислородни йони, аргонови йони и смес от аргонови и кислородни йони при различни параметри на йонния източник. Търсени са оптимални режими на технологичния процес за реализиране на филми с необходимите характеристики (показател на пречупване, плътност, здравина, адхезия и др.). Спектралните характеристики (пропускане и/или отражение) на получените образци са изследвани в широк спектрален диапазон (320-1800/2500 nm) със спектрофотометричната система Lambda 1050 и са определени оптическите дисперсии на получените слоеве. Резултатите са сравнени с получените с помощта на спектрален елипсометър Alfa-SE дисперсии и с литературни данни. Едновременно с това е определян геометричният фактор (влиянието на взаимното разположение на електронно-лъчевите пушки, детайлите, контролните образци и кварцовите датчици) на вакуумната технологична система и са изпробвани различни маски за подобряване на еднородността на дебелините на слоевете в зависимост от положението на детайла в носача. Отработените технологични режими за отлагане на тънки слоеве, притежаващи необходимите характеристики, са използвани при проектиране и експериментално отлагане на над 30 различни многослойни структури: просветляващи покрития, отрязващи филтри, единични и сдвоени тесноивични филтри. При реализацията на просветляващите покрития е тестван и оптичният контрол за нанасяне на слоевете, който даде добри резултати при реализацията на сложни покрития с изисквания за просветляване в два диапазона на спектъра едновременно.

В сътрудничество със Свободния Университет на Брюксел и Университета на Глазгоу, Шотландия са открити експериментално и потвърдени теоретично векторни пространствени солитони в полупроводникови лазери с вертикално излъчване (Vertical Cavity Surface Emitting Lasers – VCSELs) с широка апертура. Изследвани са и така наречените „редки събития“ с голяма амплитуда, известни още като „вълни убийци“ в океанографията.

Изследвана е синхронизацията на хаотична динамика на два взаимно свързани VCSELs, предизвикана или от поляризационната степен на свобода или от оптична

обратна връзка. Изследванията са проведени в сътрудничество с Университета в Кантабрия, Сантандер, Испания.

Експериментално е демонстрирано резонансно лазерно огледало принуждаващо YAG диск лазер да генерира единствено основния напречен мод. Огледалото е съставено от многослойно покритие и двумерна хексагонална дифракционна решетка и чрез деструктивна интерференция осигурява подтискане на напречните модове от по-висок порядък.

Демонстрирано е, че при дълбоки двумерни дифракционни решетки електромагнитното поле има екстремално високи стойности около върховете на решетката. Този ефект може да се използва за чувствителни химически сензори и детекция на единични биомолекули.

Продължи съвместната работа с Лаборатория “Композитни и наноструктурирани оптически материали” от Института по оптически материали и технологии” при БАН, по разработването на оптичен газов сензор, базиран на използването на наноразмерен слой зеолит като газочувствителен материал в съчетание с D-shape оптично влакно и планарен вълновод (Ta_2O_5). Беше изследвано влиянието на параметрите на газовия поток (ацетон) върху бързодействието и чувствителността на сензорната система. В резултат на направения анализ на резултатите започна работа по конструиране и изработване на нова камера за газочувствителни измервания. Тази нова схема ще даде възможност за по-добър контрол на параметрите на газовия поток и съответно по-чист експеримент.

С помощта на подхода на прибавяне и изваждане на среди в усъвършенстването на приложението на метода на Галеркин за пресмятане на фотонно-кристални влакна (ФКВ) са получени теоретични изрази, които дават възможност да се отстранят лъжливите вълноводни модове от действително разпространяващи се модове във ФКВ. Изразите са вградени в програмния код за моделиране на ФКВ с усъвършенстването на приложението на метода на Галеркин.

Изготвени са обзори на основните технологични модификации на метода протонен обмен в LiNbO_3 и LiTaO_3 , техните предимства, недостатъци и области на приложение за различни модулатори, използвани като основна част в съвременните оптоелектронни устройства (навигационни и комуникационни системи, биодатчици и др.). Обзорите са базирани на собствени резултати и на библиографско проучване.

Теоретично е изследвано потенциалното поле на основното електронно състояние на тиофозгена и са проведени вибрационни вариационни компютърни пресмятания върху структурата и динамиката на много високо възбудени вибрационни състояния в областта на дисоциация.

Оценявани са теоретично шумовете в интерферометрични системи, в частност в интерферометър на Mach-Zehnder. Получен е точен вид на вълновата функция на състоянието във фазовото пространство на квантовата система чрез Вигнерово разпределение.

По проекта по 7ПР CareRAMM (“Carbon resistive random access memory materials”, в който ИФТТ е партньор, са проведени изследвания на приложението на диамантено-подобен въглерод за целите на нано-размерен електрически и оптически запис на информация чрез повърхностно характеризирание на Ga^+ йони, имплантирани в тънки слоеве от ta-C. Изследвана е структурната модификация на ta-C при имплантиране на Ga^+ и N^+ йони.

Анализирани са археологични обекти и е разяснена нуждата и полезността от луминесцентно датиране за мегалитни и други антични културни обекти в България.

Направено е библиографско изследване на публикациите на преподавателите по математика, физика и химия в периода от 1889 г. до 1939 г, в което е отразено името,

специалността и факултета, в който е работил всеки автор, както и името, томът и годината на списанията, в които са публикувани неговите статии. Електронният вариант на книгата-справочник е достъпен на сайта на библиотеката на Химическия Факултет на Софийския университет.

ФИЗИКА НА МЕКАТА МАТЕРИЯ

През 2016 г. продължи работата върху теоретичното описание на термичните флуктуации на формата на квазисферична липидна везикула, базирано на неравенствата на Боголюбов и на метода на апроксимиращия хамилтониан. Направена бе строга обосновка, използваща методите на статистическата механика, на използваните до сега теоретични модели.

За първи път е наблюдавано и изследвано формирането на цилиндрични (тубуларни) структури от мембраната на квазисферични липидни везикули (с радиуси $\sim 10 \mu\text{m}$) в променливо електрично поле. Конструкцията на експерименталната клетка позволява прилагането в продължение на няколко минути на „силно“ променливо електрично поле с интензитет $> 10 \text{ V/mm}$ и честота $\sim \text{kHz}$, при което формата на везикулата се променя от почти сферична в такава на издължен ротационен елипсоид. При увеличаване на електричния интензитет се наблюдава изтегляне в направление на полето на тубуларни структури с дължина, достигаща до няколко пъти диаметъра на везикулата, и диаметър в микрометричната скала, който не зависи от диаметъра на везикулата преди прилагането на полето. Установено е, че интензитетът на електричното поле, при което се индуцира формиране на цилиндричните мембранни структури, е под праговата стойност за електропорация на мембраната.

Посредством цифрова холографска микроскопия са изследвани термичните флуктуации на формата на квазисферични липидни везикули. Осъществени са директни фазови измервания върху разреждени суспензии от везикули, чрез които са получени флуктуациите на диаметъра на всяка от изследваните везикули по оптичната ос на системата за наблюдение като функция на времето. Чрез анализ на автокорелационните функции на диаметрите са определени модулите на еластичност на огъване и повърхностните напрежения на мембраните на изследваните везикули. Получената от нас стойност, $(0,93 \pm 0,03) \text{ perg}$, за модула на еластичност на стеарил-олеил фосфатидилова мембрана, е в добро съгласие със стойностите на модула на огъване за същия тип липидна мембрана, получени чрез други методи: микропипетна техника, електродеформация и стандартен анализ на термичните флуктуации на формата на липидни везикули.

През 2016 г. Направление „Физика на меката материя“ работи в сътрудничество с редица научни организации от страната и чужбина, като: Институт по Обща и неорганична химия – БАН, Институт по електроника – БАН; Институт по електрохимия и енергийни системи – БАН; Факултет по дентална медицина – МУ, София; Химикотехнологичен и металургичен Университет; Институт по Обща физика „А. М. Прохоров“ РАН; Физически институт „П. Н. Лебедев“ РАН; Обединен институт за ядрени изследвания, Дубна, Русия; Институт по ниски температури и структурни изследвания, Полска академия на науките; Талински технологичен Университет, Естония; Университета в Калабрия, Италия; Център по нанонауки и мека материя, Бангалор, Индия; Свободния университет на Брюксел, Белгия; Интердисциплинарна лаборатория по физика, към Френския национален център за научни изследвания (CNRS) и Университета „Жозеф Фурие“, Гренобъл, Франция.

Изследвани са полимерни електролитни филми от композитна смес на polyethylene oxide (PEO) и polyvinylpyrrolidone (PVP) с добавки на NaIO_4 (7.5

тегловни %) и люспи от графенов окис посредством комплексна импедансна спектроскопия. Анализирани са ефектите от добавката върху диелектричната проницаемост на трикомпонентната смес в честотния обхват 0,1 Hz - 1 MHz. В сравнение с двукомпонентния полимер домакин PEO/PVP, присъствието на NaIO₄ води до усилване на електричния и диелектричния отговори, както и до нарастване на стойността на диелектричната константа на композита. Този резултат показва потенциала на композитния материал за нуждите на меката електроника и за приложението му като твърд електролит.

През 2016 година са продължени изследванията върху електро-оптичните свойства на нанокompозитен течнокристален материал, представляващ мек гел от нематичния течен кристал 4-heptyl-4'-cyanobiphenyl (7CB) към който са добавени наносфери от SiO₂ (Aerosil 300) с размери 7 nm в различна тегловна концентрация. Получените тригодишни експериментални резултати са обобщени и анализирани и на тяхна база е подготвена и подадена една заявка за патент. Патентът представлява електрооптичен метод за характеризиране на наноструктурирани нематични течни кристали. Този метод може да намери приложение в широка област: течнокристална оптоелектроника, интегрална електрооптика, светлинна модулация, също така и в научните изследвания.

Проведено е диелектрично изследване на нанокompозитният материал от 7CB/aerosil дотиран с фотоактивна азо-добавка (3 wt.% photoactive azobenzene liquid crystal 4-(4'-ethoxyphenylazo)phenyl hexanoate (EPH)). 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.

Посредством импедансна спектроскопия са изследвани тънки електрохромни метал-оксидни филми получени с магнетронно разпръскване. Записани са циклични волтамограми показващи стабилността на филмите отнасяща се до тяхната експлоатация за регулиране на пропускането на светлина. Изследвани са филми от WO₃ и смес от W– Mo окис. Импедансните спектри и за двата вида филми показват, че с развитието на процеса на проникване на йони във филмите се наблюдава промяна в процесите на дифузия.

Проведено е изследване на неспецифични йонни канали в моделни двуслойни мембрани, получени под въздействието на антибиотика елайофилин, по метода на двойното потапяне чрез микропипетна техника за фиксация на мембранни фрагменти (Patch-clamp техника). Установено е, че антибиотикът предизвиква електропроводимост във фосфолипидния бислой и образува стабилни катион селективни йонни канали. Каналите са "затворени" и се отварят при промяна на мембранный потенциал. Мембранный ток се измерва по метода на фиксация на напрежението. Установено е, че мембранный ток се повишава след добавяне на елайофилин (0.5 микрограма / милилитър). Потвърдено е, че елайофилинът има йонофорна активност, намалява електрическото съпротивление на липидния двоен слой и образува симетрични пори в моделните мембрани. Проведеният експеримент осигурява доказателства в подкрепа на широко разпространеното мнение, че основния механизъм за убиване на грам-положителни бактерии се случва чрез формиране на йон-пропускливи канали от елайофилин.

Изследователската група към лаборатория “Биомолекулни слоеве” е провела изследвания на мултифункционални материали и материали за медицината. Получени са свръхпроводими керамики с цел използването им като добавка към активната маса на електрод в Ni-Zn акумулаторни батерии. Чрез твърдофазен синтез са синтезирани следните образци с номинални състави: $Y_1Ba_2Cu_3O_y$; $Y_1Ba_3Cu_4O_y$; $Y_1Ba_5Cu_6O_y$; $Y_{13}Ba_{20}C_{33}O_y$ и $Bi_{1.7}Pb_{0.3}Sr_2Ca_2Cu_3O_y$. Изследвана е устойчивостта на YBCO керамики с различен номинален състав в силно алкална среда. Резултатите показват, че структурата и свойствата на керамиките се запазват.

За използването им в електродната маса на Ni-Zn батерийна клетка бяха проведени импедансни изследвания на електрохимична апаратура SP-200. С цел приложението им, импедансните спектри са получени при температури близки до стайната температура. При честотен интервал от 20 kHz до 2 MHz модулът на импеданса за YBCO образците има линейна зависимост. За Y-156 намалява от 150 до 100 ohms, а за Y-13-20-33 показва малко по ниски стойности (2-4 ohms) в същите честотни граници. Импедансните спектри за проба със състав $Bi_{1.7}Pb_{0.3}Sr_2Ca_2Cu_3O_y$ (BSCCO2212) са проведени при честотен обхват 1MHz до 1Hz, като се прилага постоянно напрежение от 10 до 500 mV. Резултатите показват ниско поляризационно съпротивление, като определящият фактор е дифузията на електроактивни частици към и от електрода.

Получените резултати допълват знанията за приложение на свръхпроводими керамики като добавка към активната маса на електрод в Ni-Zn акумулаторни батерии с цел по-нататъшно подобряване свойствата и характеристиките на отрицателния цинков електрод за използването му в алкални акумулаторни системи.

Изследвани са свойствата на материали, използвани за лечение в денталната медицина. Един от най – важните елементи на фиксираните ортодонтични апарати, осигуряващ движението на зъбите, са ортодонтичните дъги. Поставени в устната кухина те са подложени на химични и електрохимични реакции, протичащи в устата, което води до корозия на металните сплави. Това налага задълбочено изследване на свойствата на тези материали при лечението на пациентите в in-vivo среда.

Охарактеризирането на структурата, химичния състав и температури на фазовите преходи по време на лечението може да се осъществи чрез съвременни методи като: рентгенноструктурен анализ (XRD); сканираща електронна микроскопия (SEM), рентгенов микроанализ (EDS), диференциална сканираща калориметрия (DSC), метод за измерване на магнитни свойства (PPMS) и лазерно-индуцирана плазмена спектроскопия (LIPS). Изследвани са TiNb и топлоактивиращи Ni-Ti /Cu-Ni-Ti ортодонтични дъги.

Титан-ниобиевите (TiNb) сплави в последните години се използват за изработване на ортодонтична дъга, използвана в последния етап на ортодонтичното лечение. Те са известни като свръхпроводими материали и се използват за производството на свръхпроводими кабели. Елементният състав на неизползвана TiNb ортодонтичната дъга бе определен: 57,15 wt% Ti и 42,85 wt% Nb. Материалът притежава свойството свръхпроводимост с преход при 10K. Резултатите от диференциалната сканираща калориметрия показваха, че не се наблюдава фазов преход на сплавта в температурния диапазон от - 50°C до + 50°C.

Топлоактивиращите никел-титанови (Ni-Ti) ортодонтични дъги са широко използвани в първия етап на ортодонтичното лечение. Направени са от сплави които проявяват свойството памет на формата, което се свързва с мартензитна трансформация, проявяваща се при промяна на температурата или механично въздействие (стрес). Три вида топлоактивиращи никел-титанови (Ni-Ti) ортодонтични

дъги бяха изследвани: неизползвани (фабрични), неизползвани автоклавиращи и използвани по време на лечение.

Рентгенноструктурният анализ направен при стайна температура показва типични пикове за Ni-Ti сплав с аустенитна тип структура. Фазовите преходи са изучавани с метода на диференциална сканираща калориметрия при температура от -50°C до +50°C. Показвано е че при Ni-Ti топлоактивиращи дъги освен аустенит към мартензит преход, има наличие и на междинна R фаза. Резултатите получени от енергийно-дисперсионният анализ показват че няма значителни промени на химичния състав на повърхността на изследваните дъги. Сканиращата електронна микроскопия показва промени в морфологията на дъгите след клинично им използване.

Направени са изследвания и на дъги от различни фирми. Качествените елементни анализи проведени чрез LIPS показват, че дъгите от едната фирма съдържат никел и титан, а дъгите от другата фирма съдържат освен никел и титан, и мед. Количествените елементни анализи проведени чрез EDS потвърждават резултатите получени чрез LIPS и показват съдържание на Ni 54.66% и Ti 45.46% за едната дъга от първата фирма и Ni 48.75%, Ti 45.18%, Cu 5.51% и Cr 0.23% за втората дъга. Процесите на автоклавиране не променят химичния състав на дъгите. Резултатите от *in-vivo* изследването показват че химичният състав на ортодонтските дъги не се променя значително в периода на лечение до 8 седмици.

Изследването на ортодонтски дъги, предлагани на българския пазар, използвани по време на лечение ще бъде полезно за българското здравеопазване като ще даде информация за сравнение с подобни резултати получени в други страни.

ЛАЗЕРНА ФИЗИКА И ФИЗИКА НА АТОМИТЕ, МОЛЕКУЛИТЕ И ПЛАЗМАТА

Предложеният нов метод за определяне коефициента на топлопроводност на многокомпонентна газова смес е използван за определяне коефициентите на топлопроводност на Ne-H-Br-Br₂-Cu и няколко Ne-He-Br-Br₂-Sr газови смеси при оптимални газоразрядни условия за лазерна генерация на Cu⁺ и Sr спектрални линии в наносекунден импулсен надлъжен разряд.

На основата на получените коефициенти на топлопроводност за 6- и 5-компонентни газови смеси е получено радиалното разпределение на газовата температура в ДУВ Cu⁺ Ne-H₂-CuBr и СИЧ He-(Ne)-SrBr₂ лазери за съответните конструкции на лазерните тръби при равномерно и радиално нееднородно разпределение на въведената в разряда електрическа мощност.

Определено е времевото и радиалното разпределение на електронната температура $T_e(r, t)$ в ДУВ Cu⁺ Ne-H₂-CuBr лазер, като е разработен нов метод, комбиниращ експериментални и теоретични изследвания.

Предложени са метод и устройство за извличане на атмосферно електричество, като е регистрирана също така следната заявка за патент: “Method of atmospheric electricity extraction” (“Метод и устройство за извличане на атмосферно електричество”) с рег. No. 112379 от 13.09.2016 г.

Подготвена е за печат монография “High-end state-of-art copper bromide vapor lasers: optical, electric and thermal properties” с автор доц. д-р Димо Николов Астаджов.

Фемтосекундната лазерна система е разширена с цел за обработване на различни повърхности посредством взаимодействие с лазерно лъчение. За целта е изградена допълнителна микроскопска система. С тази система се постига прецизна настройка на фокуса на лазерното лъчение и наблюдение в реално време на процеса на обработване на изследвания материал от лазерното лъчение. Настроена е и е приспособена прецизна сканираща XY трансляционна маса, контролирана изцяло автоматизирано. Това от своя

страна позволява да се контролират с много голяма точност позицията и скоростта на движение на изследвания материал по време на експерименталната работа. След редица тестови измервания фемтосекундната лазерна система и допълнителната периферна апаратура са калибрирани и са намерени оптималните режими на работа на всеки компонент от цялата експериментална установка. Проведени са експерименти върху биоматериал полидиметил силоксан (PDMS), никел и алуминий. За всеки от материалите са определени оптималните условия за работа. Чрез вариране на основните параметри на лазерното лъчение – дължина на вълната, енергията на лазерния импулс, и честотата на повторение на лазерните импулси са определени оптималните условия за работа за всеки от материалите. Голяма част от експерименталната работа е проведена при модифициране на био полимера PDMS, който се използва широко в медицината и медицинските изделия. При обработка с лазерно лъчение се променят оптичните свойства и морфологията на повърхността. Определени са оптималните условия за образуване на канали в материала, които в последствие да бъдат метализирани. Анализ на образци от PDMS полимер, обработени с фемтосекундната лазерна система, е извършен в лабораториите на Националния институт по лазерна плазма и радиационна физика в Букурещ. Използван бе конфокален микроскоп за наблюдение на профила на линиите, получени при взаимодействието на лазерното лъчение с полимера. Изследвани са три образца, модифицирани при различни дължини на вълната и еднаква плътност на енергията. Анализирани са метализирани образци на PDMS полимера чрез LIBS метод. Открити са следи от Pt в метализирания след лазерна обработка образец. Направен е SEM и микро-Раман спектроскопски анализ.

Разработен е числен модел за определяне на всички значими пътеки в комплексна система от химични реакции в газов разряд. Разработеният алгоритъм ще бъде имплементиран в рамките на платформата за симулиране на плазма и процеси в плазмата “PLASIMO“. Моделът е тестван за различни комплексни системи с включени различен брой частици и реакции.

Установено е влиянието на различните лазерни параметри (дължина на вълната, плътност на енергията на мощността и скоростта на сканиране) върху прецизна микрообработка на различни материали (метали, керамики и стъкла) с фемтосекунден лазер. Определени са оптималните параметри за лазерна аблация на всеки един от облъчваните материали.

Проведено е предварително изследване на повърхностната модификация на 3D образци от поликапролактон чрез облъчване с ултракъси лазерни импулси.

Определени са линейните и нелинейни оптични свойства на новосинтезирана стъкловидна матрица $\text{TeO}_2\text{--Bi}_2\text{O}_3\text{--GeO}_2\text{--Li}_2\text{O}$.

Проведено е сравнително изследване на ефективността на почистване с два лазерни източника – Nd:YAG лазер в режим на Q-модулация с продължителност на лазерните импулси 8 ns, генериращ лазерно лъчение с дължина на вълната 1064 nm и 532 nm и честота на повторение на импулсите 1 Hz и 10 Hz, и лазер с пари на меден бромид, генериращ лазерно лъчение с дължина на вълната 511 nm, продължителност на лазерните импулси 30 ns и честота на повторение на импулсите 20 kHz, на различни каменни образци (мрамор, варовик и гранит) покрити с различни замърсители. При използване на Nd:YAG лазера е изследвано влиянието на енергията на лазерния импулс, броят импулси, попадащи в една област, и честотата на повторение на лазерните импулси върху ефективността на почистването. При използване на лазера с пари на меден бромид е изследвано влиянието на размера на облъчваната област и броят сканирания при постоянна скорост на сканиране. Установено е, че лазерното почистване с високочестотния лазер с пари на меден бромид осигурява предимството

за еднородно и постепенно (слой по слой) почистване на замърсяванията. Въпреки това за различните камъни са подходящи различни лазерни параметри, като дължина на вълната, честота на повторение на импулсите, енергия на лазерния импулс, в зависимост от химичните и физичните свойства на камъка. Получените резултати са сравнени с химичен метод, използвайки химичен разтвор, и са оценени чрез оптична микроскопия и допълнително от реставратор.

За да се оптимизира процесът на импулсно лазерно отлагане на тънки слоеве от ZnO е определен прагът на лазерна аблация на образци от този материал чрез екстраполация на зависимостта на размера (диаметър и дълбочина) на кратерите, които се образуват при лазерна аблация, от енергията на лазерния импулс.

Доразвит е флуиден модел, симулиращ DC разряд в кух катод в неон, в който постъпват медни атоми, получени чрез лазерна аблация. Получените теоретични резултати от флуидния модел се използват за интерпретация на получените експериментални данни от разработения спектрален източник, комбиниращ лазерна аблация и разряд в кух катод.

Продължени са изследванията на електронната температура T_e и концентрацията на електроните n_e в отрицателното тлеещо светене на нелокална плазма на постоянно токов микроразряд в чист *He* и в *He* с примеси от *Ar* при средни и високи налягания. Установено е, че електронната температура е ниска – $0.2 \div 0.3$ eV и не се изменя съществено при изменение на налягането на *He* от 14 Torr до 400 Torr, както и с изменението на разрядния ток. Получените резултати за T_e се отличават съществено от резултатите от флуидните модели при високи налягания, които срещат трудности свързани с необходимостта от отчитане на нелокалната йонизация с бързи електрони в плазмата на отрицателното тлеещо светене. Установено е, че концентрацията на електроните n_e расте с увеличаване на налягането и на разрядния ток, както следва: 1) $n_e = 11.7 \times 10^{12} \div 8.9 \times 10^{12} \text{ cm}^{-3}$ при $p = 14$ Torr и $i = 2 \div 4$ mA; 2) $n_e = 6 \times 10^{13} \div 3.4 \times 10^{14} \text{ cm}^{-3}$ при $p = 200$ Torr и ток $i = 6 \div 13.5$ mA.

Предложена е техника за широколентово преобразуване на честоти по аналогия на адиабатен пренос на заселеност чрез фазов скок във взаимодействието. Предложена е реализация на техниката чрез комбинирането на два нелинейни кристала, с противоположни знаци на нелинейната възприемчивост, или чрез поляризиране на двете половини на един кристал в противоположни посоки.

На базата на теоретичен модел, основан на теорията на композитните импулси е реализиран експеримент по създаване и тестване на модел за генерация на втора хармонична $\lambda = 532$ nm при облъчване на кристал с $\lambda = 1064$ nm с импулсен Nd:YAG лазер. Материалът е в процес на подготовка за публикуване.

Продължава работата по теорията на нов метод за декомпозиция на спинова верижка, където взаимодействието е между най-близки съседи. За целта е използвана модификация на трансформацията на Морис-Шор, която позволява системата да се сведе до независими двойки от взаимодействащи спинове. При нечетен брой спинове във верижката е показано, че системата притежава „тъмен спин“.

По проект “ТРАКИТЕ- генезис и развитие на етноса, културни идентичности, цивилизационни взаимодействия и наследство от древността” – 2016-2017 г. са изследвани бронзови археологически предмети и е проведен качествен елементарен анализ на мазилки от различни древни тракийски обекти. Анализите са проведени по метода на лазерно-индуцираната плазмена спектроскопия (LIBS). Данните са обработени, систематизирани и подготвени за печат.

Музей “История на физическите науки в България” при ИФТТ



Сто и двайсет годишнината от рождението на акад. Георги Наджаков, патрон на Института по физика на твърдото тяло, е отбелязана с няколко инициативи. Домът на техниката в град Дупница бе домакин на научно-техническа конференция на тема “Изобретателство и иновативно предприемачество” на 28 юни 2016 година с участието на учени, писатели, изобретатели, предприемачи и политици. Конференцията постави началото на проект за паметник на Георги Наджаков в град Дупница. Изнесен е доклад на тема “120 годишнината на акад. Георги Наджаков (26.12.1896 – 24.02.1981)”. Отпечатана е статия, която дава нов аспект на научните му интереси.

Групата по история на физиката при Съюза на физиците в България с председател доц. д-р Г. Камишева и заместник председател доц. д-р Милен Замфиров отбеляза 120 годишнината на акад. Георги Наджаков с научна сесия на третия конгрес по физически науки на 2 октомври 2016 година в Интерекспо център в София. Изнесени са три пленарни доклада, девет научни съобщения и десет постера. Сборникът с докладите е редактиран и подготвен в електронен формат. Започнато е историческо проучване на нова тема, по която е изнесен доклад на Конгреса.

Сто и осемдесет годишнината от рождението на възрожденския учител Нестор Марков (1836–1916) е отбелязана с две публикации, един доклад и два постера.

През 2016 година в Музея са извършени десет справки (осем за външни лица и две административни поръчки), които се отнасят до Стефан Кънев, Георги Наджаков, Емил Наджаков и Стойчо Панчев. Използвана е литература от фонда на музея. Изложбата за Георги Наджаков е посетена от Вера Дачева, Пламен Цанков и Иван Илиев от Съюза на изобретателите. Получени са седем дарения от Александър Карастоянов, Стефан Балабанов, Крум Коленцов, Стойко Неов (ИЯИЯЕ) и от лабораторията по ниски температури.

През 2016 година **научният семинар на ИФТТ** проведе 11 заседания. Лекции изнесоха гостите на Института: д-р Момчил Минков от Университета Станфорд, САЩ, д-р Тициана Ритако от Университета в Калабрия, Италия. Според изискванията на ЗРАС **академична лекция** изнесоха Радостина Камбурова, Ганка Камишева, Емил Манолов, Бойко Катранчев и Боян Торосов по повод избора си за „доцент“. Във връзка с новите правила, приети от научния съвет за годишните отчети на докторантите в ИФТТ своите резултати представиха докторантите Ивана Илиевска, Мирослав Георгиев, Данка Йорданова и Вани Танкова. Лекция изнесе и постодокторантът Елица Къосева.

През 2016 г. учени работещи в ИФТТ бяха отличени за своите научни постижения със следните награди:

- **Почетен член на ИФТТ**- проф. Николай Тончев и проф. Веселин Ковачев (посмъртно)
- **Optics Communications - Certificate of Reviewing** - акад. Никола Съботинов
- **Почетен член на Научния съвет на Института по полимери, БАН** - акад. Никола Съботинов
- **Почетен знак на ИФТТ – на лента** - доц. Михаил Бушев
- **Първа награда в научен конкурс под егидата на акад. Александър Петров за „Високи научни постижения“ в периода 2012-2016 (БАН)** - доц. дфн Елена Назърова, гл. ас. Кръстьо Бучков, доц. Николай Балчев, гл. ас. Антон Захариев

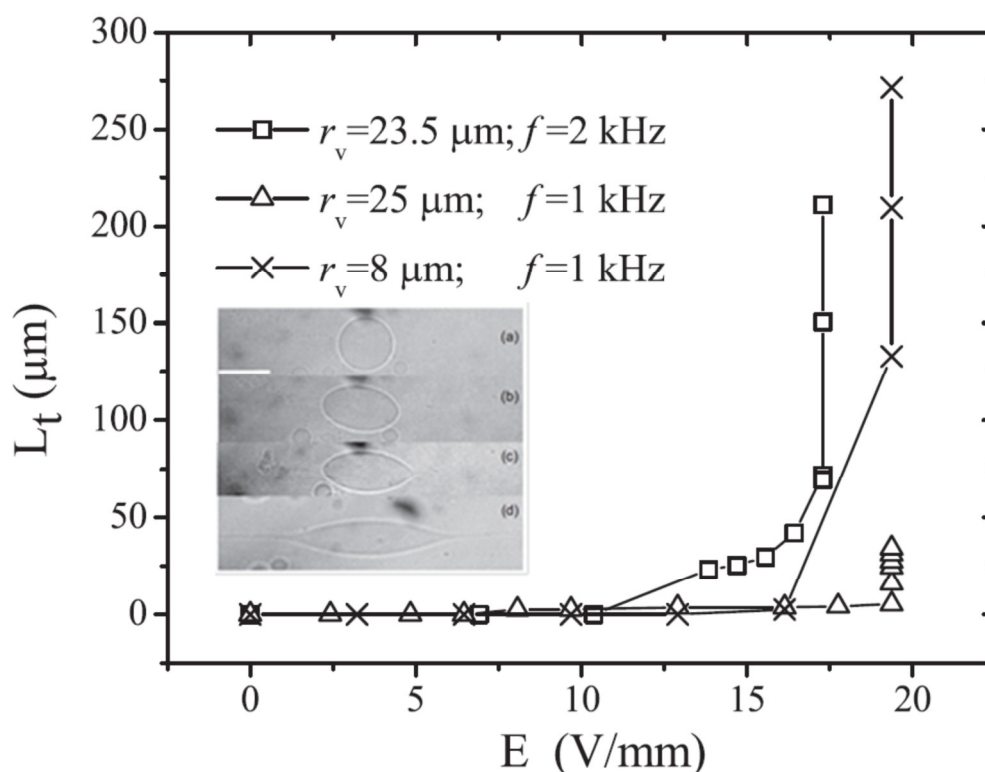
2. РЕЗУЛТАТИ ОТ НАУЧНОИЗСЛЕДОВАТЕЛСКАТА ДЕЙНОСТ НА ИНСТИТУТА ПО ФИЗИКА НА ТВЪРДОТО ТЯЛО ПРЕЗ 2016 Г.

2.1. Най-значимо научно постижение

ЕЛАСТИЧНОСТ НА ЛИПИДНИ МЕМБРАНИ: ИЗСЛЕДВАНИЯ ВЪРХУ МОДЕЛНИ СИСТЕМИ

Ръководител на темата: доц. д-р Виктория В. Виткова

Биомембраните ограничават пространствено различните клетъчни органели и участват в клетъчни процеси, при които еластичните свойства на мембраната имат определяща роля. В настоящия цикъл от изследвания са постигнати методологичен и фундаментални приноси, както следва. За първи път е използвана **цифрова холографска микроскопия** за изследването на термичните флуктуации на формата на квазисферични липидни везикули с цел, определяне на модула на еластичност на липидната мембрана. За първи път е наблюдавано **формирането на тубуларни мембранни структури** от гигантски липидни везикули в променливо електрично поле я голям интензитет (ампл. ~kV/cm) и относително ниска честота (~kHz).



Зависимост на дължината на изтеглената от мембраната на везикулата нишка от интензитета на електричното поле за три стойности на радиуса на везикулата. На снимката: Морфология на липидни везикули в променливо електрично поле с честота $f = 2 \text{ kHz}$ и различни напрежения: (a) $U = 0 \text{ V}$; (b) $U = 300 \text{ V}$; (c) $U = 350 \text{ V}$; (d) $U = 500 \text{ V}$. Маркерът съответства на $50 \mu\text{m}$. (Physical Review E 93, 012413, 2016).

Наблюдаваните тубуларни образувания се характеризират с микрометрични размери, независещи от радиуса на везикулата. Тяхното формиране има прагов характер, като оценките показват, че амплитудата на електричното поле, над която се

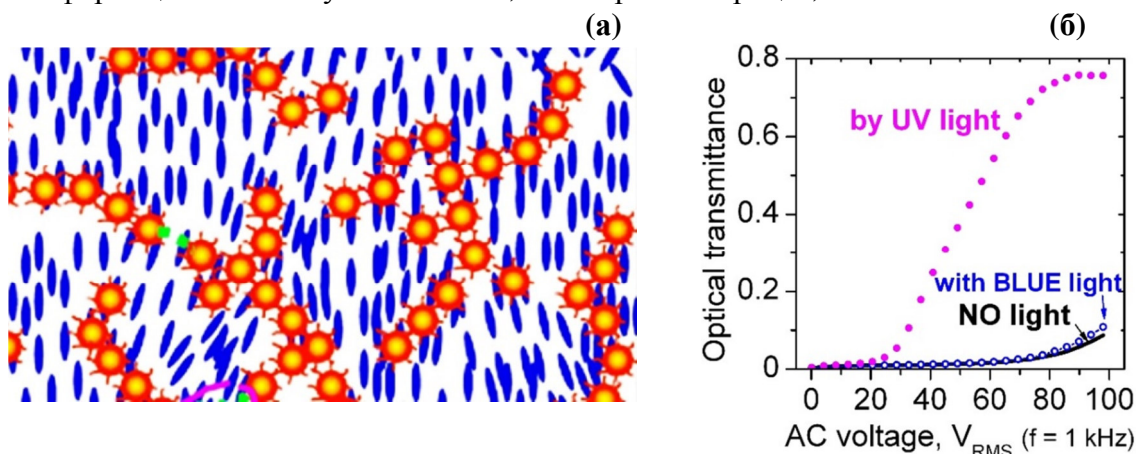
регистрира появата на тубуларните мембранни структури е под стойностите на интензитета на полетата, предизвикващи мембранна електропорация. Получено е качествено ново знание за електроиндуцираната морфология на липидни везикули. Изследвани са **механичните свойства на липидни мембрани с включени в състава им лизолипи и/или липиди, съдържащи полиненаситени мастни киселини**, които допринасят за изясняването на механизмите при процесите на стареене на мозъка и появата и развитието на невродегенеративни заболявания. Получени са нови резултати за **влиянието на физикохимичните свойства на водното обкръжение** върху материалните константи на липидните мембрани, които са от значение за различни приложения на липозомите в биофизиката, фармакологията и биомедицинските изследвания.

2.2. Най-значимо научно-приложно постижение

НАНОКОМПОЗИТИ С НЕМАТИЧЕН ТЕЧЕН КРИСТАЛ 7CB И SiO_2 НАНОСФЕРИ ЗА ФОТО-КОНТРОЛИРУЕМА ЕЛЕКТРО-ОПТИКА

Ръководител на темата: доц. д-р Георги Б. Хаджихристов

Предложен е стабилен фотоактивен нанокompatитен материал, базиран на нано-напълнен нематик, дотиран с 3 wt.% фотоактивен течен кристал 4-(4'-ethoxyphenylazo)phenyl hexanoate (EPH). Базовият материал (нано-напълненият нематик) не е фоточувствителен и предствлява гел, формиран от нематик 4-*n*-heptyl cyanobiphenyl (7CB) и 3 wt.% наносфери SiO_2 (Aerosil 300) с размери около 7 nm. Добавката на фотоактивния агент EPH дава възможност за ефикасен контрол на електро-оптичните (ЕО) характеристики на така получената фоточувствителна трикомпонентна нематична система. Това става посредством облъчване със светлина в ултравиолетовата (УВ) или в синята области на спектъра, което предизвиква *trans-cis* конформация на молекулите на EPH, или обратния процес, съответно.



(а) Структура на нано-напълнен нематик: молекулите на нематичния течен кристал (оцветени в синьо) декорират мрежата/веригите от SiO_2 наночастици (в оранжево); (б) Електро-оптика на фото-контролируем нано-напълнен нематик, композиран от нематичен течен кристал 7CB, наносфери SiO_2 с размер ~ 7 nm и фотоактивен течен кристал EPH, съдържащ азобензолни групи.

С оглед на практическото им приложение, оптичните и ЕО характеристики на тънки филми на EPH/Aerosil/7CB нанокомпозити са изследвани в зависимост от интензитета и поляризацията на светлината, с която те взаимодействат, както и от честотата и интензитета на подаденото им променливо електрично поле. Показано е, че УВ осветяване може силно да стимулира техния ЕО отклик, както и значително да понижи праговото им напрежение, което е полезно от практическа гледна точка. Получените резултати са от принципно значение за електро-оптиката на нано-напълнени нематични течено-кристални среди. Те показват и че композираният наноматериал и докладваните специфични ефекти представляват интерес за фото-контролируеми ЕО приложения (напр., ефективни оптични ключове, амплитудно-честотни ЕО модулатори, ЕО атенюатори и други устройства за активен контрол на светлина, както и сензори, функциониращи на ЕО принцип).

3. МЕЖДУНАРОДНО НАУЧНО СЪТРУДНИЧЕСТВО НА ИНСТИТУТА ПО ФИЗИКА НА ТВЪРДОТО ТЯЛО ПРЕЗ 2016 Г.

Институтът по физика на твърдото тяло продължи да развива и през 2016 г. сътрудничества на ниво Академия и двустранните сътрудничества между ИФТТ и университети, лаборатории и организации от цял свят.

От изключително важно значение за дейността на Института е участието в 7РП, включващо работата по договора ИНЕРА „Повишаване на капацитета на ИФТТ - БАН в областта на многофункционалните наноструктури” (INERA – „Research and Innovation Capacity Strengthening of ISSP-BAS in Multifunctional Nanostructures” по Европейски конкурс REGPOT-2012-2013-1, който стартира на 01.10.2013 г. и е с продължителност 42 месеца. Общият бюджет на проекта е 4 541 368 евро. През отчетната година по проекта бяха организирани множество научни семинари, конференции и дни на отворените врати. Сред тях най-важни бяха международните конференции Vapor Phase Technologies for Metal Oxide and Carbon Nanostructures, Велиград и Membrane and Liquid Crystals Nanostructures – MELINA 2016, Варна. През годината бяха проведени серия от обучителни семинари, в които служителите на звеното бяха запознати с възможностите, принципите на действие и ограниченията на закупените по проекта модерни експериментални установки. Семинарите завършваха с демонстрации и практически упражнения в лабораториите на ИФТТ. В края на 2016г. проектът премина във финалната си отчетна фаза. През 2016 по проекта ИНЕРА бяха осъществени 33 командировки на учени от Института в страните партньори по проекта, както и 13 изтъкнати учени от партньорските организации посетиха Института. При посещенията си в чужбина учените от ИФТТ можеха да се запознаят с най-новите постижения в областта на физиката на кондензираната материя, да представят и обсъдят с чуждестранните си колеги свои резултати и постижения и да проведат съвместни експерименти на съвременна скъпоструваща научна апаратура, липсваща в България. 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.

97 публикации от общо 169 излезли от печат публикации през 2016 г. са в съавторство с чуждестранни учени.

През 2016г. бе проведена традиционната за Института 19^{та} школа по Физика на Кондензираната материя "Advances in Nanostructured Condensed Matter: Research and Innovations", Варна. В нея взеха участие 78 учени от 13 страни, между които Белгия, България, Канада, Франция, Унгария, Полша, Румъния, Русия, Сърбия, Словения, Тайван, Великобритания и САЩ. Бяха изнесени 29 поканени лекции, 10 устни

съобщения и 42 постерни презентации. Материалите от проведената конференция ще бъдат публикувани в списанието със свободен достъп Journal of Physics, Conference Series през 2017г.

През 2016 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 7 проекта на млади учени от института бяха финансирани по Програмата за подпомагане на младите учени в БАН.

През 2016 г. в ИФТТ беше работено общо по 19 проекта в рамките на традиционното вече междуакадемично сътрудничество между БАН и съответните научни организации в: Румъния (6), Полша (4), Сърбия (2), Белгия (1), Словения (1), Чехия (1), Словакия (1), Франция (1), Латвия (1), Естония (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). 2 от тези договори са финансирани от ФНИ: договор с Германия (рък.: проф. Недко Иванов, 15 000 лв.) и програмата COST (рък. Димитър Димитров, 40 000 лв.) а други 2 – от МОН: 2 договора с Македония (рък.: доц. А. Паскалева, 3150 лв.; рък.: доц. И. Бинева, 5000 лв.). По договора с Индия с ФНИ (рък.: доц. Й. Маринов) и договора по програмата РИЛА за българо-френско сътрудничество (рък.: доц. Е. Димова) с МОН през 2016г. няма постъпило финансиране.

Продължена бе работата по 8 договора, финансирани от ЕС и други международни организации и програми. Те включват 3 договора по 7РП: споменатия по-горе проект INERA (р-л акад. А. Петров), договор 312804 „Device For Large Scale Fog Decontamination“ COUNTERFOG по програма „Security“ (р-л доц. О. Иванов) и договор 309980 “Carbon resistive random access memory materials” CareRAMM (р-л доц. Т. Цветкова), който приключи успешно през 2016 г. Учени от ИФТТ работят по договор с ОИЯИ-Дубна (рък.: проф. Д. Нешева) и участват в три Европейски мрежи по програмата Cost (с ръководители акад. А. Г. Петров, доц. Димитър Димитров и доц. Златинка Димитрова). В ИФТТ през 2016г. бе спечелен реинтеграционен грант по европейската програма MCSA към Хоризонт 2020 - проект COPQE (Composite Pulses for Quantum Engineering). Основната цел на проекта е въвеждането на композитните импулси в практическото квантово инженерство чрез разглеждане на нежелани взаимодействия с околната среда и времево-променлив шум в областта на контрола. По този проект в ИФТТ е назначен на постдокторска квалификация един перспективен млад учен. Има 1 осъществена командировка, финансирана от програмата „Еразъм“.

През 2016 година сътрудници на Института са участвали в множество конференции и школи в чужбина, където са представили своите постижения в 50 доклада и 55 постера. В рамките на международните договори, изпълнявани през отчетната година, Институтът е бил посетен от 22 чуждестранни учени от 10 страни.

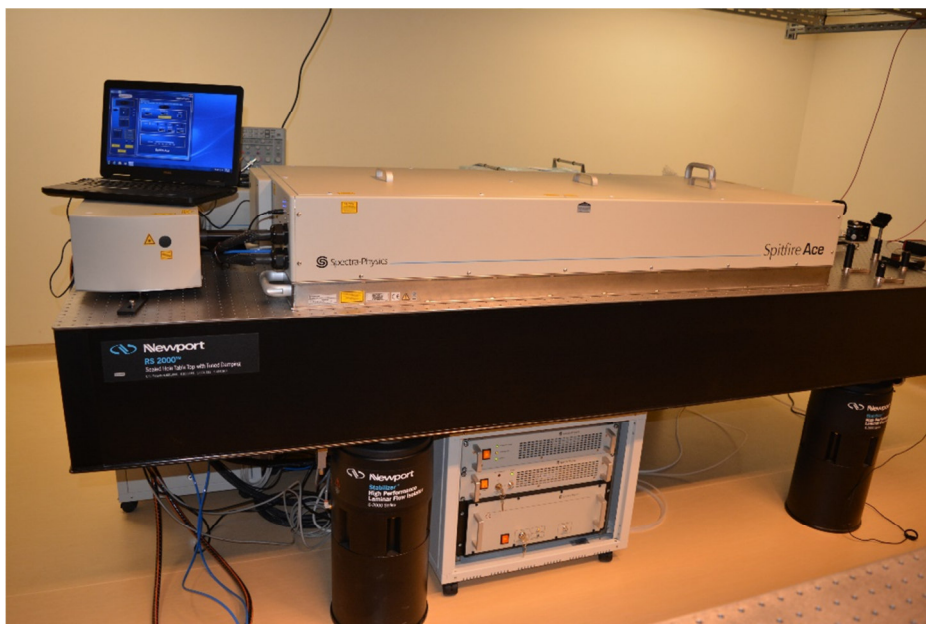
Най-значим международно финансирани проект на ИФТТ

INERA – „Research and Innovation Capacity Strengthening of ISSP-BAS in Multifunctional Nanostructures” - координатор: акад. А.Г. Петров

Европейски конкурс REGPOT-2012-2013-1,

01.10.2013 г. – 31.03.2017 г.

Общ бюджет на проекта е 4 541 368 евро



Фемтосекундна лазерна система на фирмата Spectra Physics, закупена в рамките на проекта.

4. УЧАСТИЕ НА ИНСТИТУТА ПО ФИЗИКА НА ТВЪРДОТО ТЯЛО В ПОДГОТОВКАТА НА СПЕЦИАЛИСТИ ПРЕЗ 2016 Г.

Учени от ИФТТ са лектори на 13 специализирани курса към Докторантското училище на ЦО-БАН.

Служители от Института четат лекции и водят упражнения по основни и специализирани курсове, например обща физика към Университет по архитектура, строителство и геодезия, свръхпроводимост в Химикотехнологичен и Металургичен Университет и други. Учени от ИФТТ участват в двустранни договори между ИФТТ и ХТМУ за подготовка на специалисти. Редица учени от ИФТТ изнасят лекции по теоретична физика, физика на твърдото тяло, математични методи, в престижни университети в чужбина (Естония, Испания, Германия, Белгия и т.н.).

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.

През 2016 г. успешно е защитени 1 бакалавърска дипломна работа към ХТМУ.

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 2016 г. в Института са се обучавали 6 редовни и 3 на самостоятелна подготовка. Успешно е защитила дисертация Елена Назърова за научна степен “доктор на науките”.

От 2 до 4 декември 2016 г. в творческия дом на БАН в гр. Копривщица се проведе XIX-ят Зимен семинар „Интердисциплинарна физика“ на докторантите и младите учени от институтите на комплекс 2 на БАН с председател С. Върбев и научен секретар В. Стефлекова. В семинара участваха 27 души – лектори, докторанти, студенти и млади учени от институтите на БАН – ИФТТ, ИЯИЯЕ, ИЕ, ЦЛСЕНЕИ, НИМХ и ИА. Бяха изнесени 7 лекции от поканени лектори и 20 доклада от докторанти. 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 2016 Г.

5.1 Осъществяване на съвместна иновационна дейност с външни

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 свето- и фотодиоди с приложение като оптични газови сензори. На базата на тази технология периодично се произвеждат пилотни серии от тези структури.

Изнесен е доклад от акад. Никола Съботинов, озаглавен "Лазер с пари на меден бромид - от изобретението през изследването до производството", пред Общонаучния семинар на БАН на тема "Актуални проблеми на българската наука", 2016г. Този доклад отразява една много успешна иновация -лазера с пари на меден бромид, реализирана в ИФТТ, България. Докладът е публикуван в Списание на Българската академия на науките, кн.6, стр.9-18, 2016г. ;

<http://www.baspress.com/pic/bookpdf/bSadarjanie-2016%20-%20all.pdf> '

Специалисти от отдел "Иновации" взеха участие в изпълнението на проект на международен консорциум с участието на фирми и изследователски организации от Германия, Франция, Швейцария и България. Проектът с наименование IAQSense и с предмет на дейност - разработка на иновативни сензори за контрол на качеството на въздуха бе финансиран от Европейската Комисия и завърши успешно към м. септември 2017г.

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 10 патента. В процедура са 8, като за пет патента заявките са подадени през 2016 г.

Учени от Института участват в подадени международни патенти (Карекин Есмерян – 3 патента към САЩ, проф. Иван Аврамов -2 патента, доц. Димитър Димитров -4 патента).

6. СТОПАНСКА ДЕЙНОСТ НА ИНСТИТУТА ПО ФИЗИКА НА ТВЪРДОТО ТЯЛО ПРЕЗ 2016 Г.

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. “АРМЕКС - Ко” ООД
 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 Антоу 777"
 13. “Михаил Янков”ЕТ.
 14. Никола Байнов
 15. “НИК ТРЕЙД 12” ЕООД
 16. Преслав Валентинов Панчев
 17. “ПУЛСЛАЙТ”ООД
 18. “Пи Си хаос” ЕООД
 19. Радослав Сашев Иванов
 20. “СКАЙ ПРИНТ ООД
 21. Стоян Нешев
 - 22.. “ЧЕНТИ СПОРТ”ООД
 23. ЗОРНИЦА Б.Т.-94 ЕООД
 24. Теодор Станоев
 25. БФМ ЕООД
 26. ЕПО ЛУКС ООД
 27. МИКРОТЕХ БГ ЕООД
- Сключени бяха нови договори, както следва:
28. „Чили Дев“ООД
 29. Семра Дургут

- 2 328,81 лв. – републикански бюджет
- 2 328,80 лв. - резерв
- 31 050,70 лв. ДДС.
- 75 298,08 лв - ЦУ - БАН

- 75 298,08 лв – ИФТТ
-общо събрани приходи от наеми-186 304,46лв.

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 със 7 хил.лв.

6.3. Друга стопанска дейност

няма

7. КРАТЪК АНАЛИЗ НА ФИНАНСОВОТО СЪСТОЯНИЕ НА ИНСТИТУТА ПО ФИЗИКА НА ТВЪРДОТО ТЯЛО ЗА 2016 Г.

Институтът се финансира от бюджета и със собствени средства. Приходите са както следва: от бюджетната субсидия - 1 962 788 лв, собствени средства 231 525лв., договори по 7РП Counterfog , CareRAMM -300 075лв., трансфери БАН ЦУ и ИОМТ 61 930лв. трансфери МОН- 162 500лв. и трансфер към БАН за отчисления от наеми - 52 448лв.

Разходите са 4 062 768 лв. както следва:

01 Заплати	1 412 010 лв.
02 Други възнаграждения	1 133 084 лв.
05 Осиг.вноски работодател	375 992лв.
10 Издръжка	1 027 290лв.
/НИР охрана,командировки,раб.облекло, м-ли,външни у-ги,тек.ремонти,вода, парно,телефони,ел.е-я/	
40 Стипендии	27 900 лв.
51 Основен ремонт	11 388лв.
52 Придобиване на ДМА	75 104 лв.

Списъчният състав на Института от **183 щатни бройки и шест редовни докторанти към 31 декември2015г.**

Договорите за отдаване под наем са тристранни - наемател, ИФТТ и БАН. От тях се превеждат дължимите данъци и остатъкът се разпределя между БАН и ИФТТ.по **75 298лв.**,което е със 7 хил.лв. в повече спрямо 2015г.

Транспортните средства са 3 на брой.
Дълготрайните активи са закупени със средства по договори.

8. ИЗДАТЕЛСКА И ИНФОРМАЦИОННА ДЕЙНОСТ НА ИНСТИТУТА ПО ФИЗИКА НА ТВЪРДОТО ТЯЛО В ПРЕЗ 2016 Г.

През 2016 г., за пореден път ИФТТ издаде във вид на книжка годишния отчет на Института на английски език (Annual Research Report 2015), което е много полезно при запознаване на чужди институции и колеги с дейността на Института. По проекта ИНЕРА бе издаван регулярно Информационен бюлетин, отчитащ дейността по проекта. Бяха издадени упътвания за използването на придобитата през 2015г. по проекта ИНЕРА модерна апаратура, а също така рекламни книжки с характеристиките и първите получени резултати.

През 2016г. освен текущата поддръжка на мрежата и локални инфраструктурни подобрения, основните усилия бяха насочени към обновяване и осъвременяване на системата, поддържаща и подпомагаща работата на администрацията на ИФТТ. Бе закупена сървърна конфигурация, а в следствие и UPS към нея за нуждите на администрацията на ИФТТ. На него бе инсталиран необходимият софтуер за поддръжка на работата на счетоводството и на личен състав на ИФТТ - продуктите Омекс 2000 и Скипър. Бе изграден и „файл сървър“ за нуждите на администрацията, на който да се съхранява необходимата информация, както и архиви на ползваните програми. Използването на новоизградената инфраструктура от администрацията на ИФТТ значително ще улесни рутинната работа за звеното и обмена на информация между служителите от различните отдели и ще даде възможност за по-сигурно съхранение на наличната информация. Към момента ИФТТ поддържа самостоятелно услуги: DNS, DHCP, MAIL, WEB hosting, file servers и др.. Поставено е началото на виртуализиране на наличните сървърни системи с цел бъдещото им преминаване към по-гъвкав и надежден модел на сървърната инфраструктура.

ВРЪЗКИ С ОБЩЕСТВЕННОСТТА

Редовно е изпращана информация за важните събития, свързани с дейността на Института по физика на твърдото тяло в Група „Протокол и връзки с обществеността“ на Българска академия на науките. Те са качени на сайта на БАН в рубриката Академични новини и повечето от тях са публикувани в Информационния бюлетин на Академията.

През 2016 г. работата с цел популяризирането на дейността на ИФТТ бе ориентирана не само към българската общественост, но и към научната общност и бизнес организации в търсенето на партньори за участие в съвместни проекти по програмите на МОН и Министерството на икономиката. Бяха организирани Информационен ден, Ден на отворените врати, Кръгла маса и изложба във фоайето на административната сграда на БАН, като централно място в организирания събития заемаше представянето на Европейския проект ИНЕРА.

Освен от изброените по-горе събития медийното внимание бе привлечено от организирания Международна конференция на тема „Технологии за получаване на метални оксиди и въглеродни наноструктури от газова фаза“, работна среща „Нанобиотехнологии: Нова апаратура в ИФТТ“ и от изследванията, свързани с културното наследство на България.

Научната дейност на ИФТТ бе отразена от медиите в 27 материала, като от тях: 9 са статии (1 - публикувана в списание „Българска наука“ и 8 - във вестниците „Аз буки“(3), „Дума“, „Стандарт“, „Телеграф“ и „Вяра“ (2); 3 са съобщения (по БНТ2 - Благоевград, радио „Дарик“ и радио Focus“, 1 интервю по БНР - Благоевград; останалите са в електронните медии, сред които са : nauka.offnews; transmedia, focus-

news.

Също така бяха публикувани и 9 платени съобщения в националните печатни и електронни медии, свързани с изпълнението на задачите по проекта ИНЕРА, от които 2 са на английски език. 5 от тях са в националните вестници, от които 2 – в „Сегга“, 1 - в „Новинар“, 1 - в „Телеграф“, 1 – в „Наука и общество“ и 4 - в transmedia (2 на български език и 2 на английски език).

9. ИНФОРМАЦИЯ ЗА НАУЧНИЯ СЪВЕТ НА ИНСТИТУТА ПО ФИЗИКА НА ТВЪРДОТО ТЯЛО ПРЕЗ 2016 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

доц. дфн Албена Дончева Паскалева - 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 Петър Василев Захариев - 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 Георги Стоянов Попкиров - ЦЛСЕНЕЙ

Стефан Каратодоров (млад учен) - 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.

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

http://www.issp.bas.bg/wp-content/uploads/2014/05/pravilnik_2013.pdf