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

2015 ГОДИНА

СОФИЯ

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

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

Научната дейност на Института през 2015 г. продължи в съответствие с неговата мисията в областта на физика на кондензираната материя, оптиката, спектроскопията и лазерната физика. Изследванията са пряко свързани с развитието на съвременните високи технологии и са концентрирани в следните научни области (утвърдени през 2014 г. в съгласие с националните и европейски приоритети):

1. Израстване и изследване на кристали с оптически, рентгеноструктурни, електронно-микроскопски и други методи; многофункционални магнитни системи и свръхпроводници

2. Физика и технология на тънки и наноразмерни неорганични диелектрични и полупроводникови слоеве, въглеродни наноструктури, биоматериали и наноструктурирани течни кристали; приложения в наноелектроника, опто- и акустоелектроника, сензорни устройства

3 Изследване и моделиране на физико-химически процеси в кондензирани среди; фази и фазови преходи, структурни, електронни, механични и магнитни свойства, динамика на нелинейни системи

4. Фотоника, оптика и спектроскопия на нелинейни и анизотропни среди

5. Лазери, атоми и плазма; приложения (нанотехнологии, лазерни технологии, археометрия, медицина, екология)

Получените научни и научно-приложни резултати са принос в областта на нанотехнологии и нови материали, информационни и комуникационни технологии, околна среда, опазване на културното наследство, медицина.

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

През 2015 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. Закупени бяха и пуснати в действие 6 нови системи за получаване, структуриране и охарактеризиране на тънкослойни магнитни, диелектрични и полупроводникови материали за провеждане на изследвания на високо научно ниво.

Успешно приключи работата по проект „Обновяване на технологичното оборудване и апаратура за иновативни научно приложни разработки на многослойни оптични структури“ по ОП „Развитие на конкурентоспособността на Българската икономика“ 2007-20013 г. Закупена е високовакуумна система за оптични покрития Symphony 9 (Tecport Optics, САЩ), гарантираща реализиране на многослойни оптични структури на съвременно технологично ниво. Със закупените инфрачервен спектрофотометър с Фурие преобразувание Vertex 70 и модул «150 мм интегрираща сфера» към наличния спектрофотометър Perkin Elmer-Lambda 1050 могат 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 оптическото приборостроене, с някои от които Института има сключени рамкови договори.

1.3. Полза / ефект за обществото от извършваните дейности

Съществен принос в дейността на ИФТТ през 2015 г. бе изграждането на Нанотехнологичен център със средства, получени от Европейския съюз за реализирането на проекта ИНЕРА и на проекта „Обновяване на технологичното оборудване и апаратура за иновативни научно приложни разработки на многослойни оптични структури“ по ОП „Развитие на конкурентоспособността на Българската икономика“ 2007-2013 г. Той е снабден с научно оборудване за създаване на нови материали в областта на наномедицината, акусто- и микроелектрониката, слънчевата енергетика, нанофотониката и др. – на иновативни продукти за икономиката и със социално-значими приложения.

На 16 октомври 2015 г. бе открит от кмета на София, г-жа Йорданка Фандъкова Нанотехнологичен център към ИФТТ-БАН. На откриването присъства и зам.-министъра на МОН проф. Костадин Костадинов.

1.4. Взаимоотношения с институции

През настоящата година продължава усвояването съвместно с Иновационния отдел на ИФТТ на технологичния цикъл на свето- и фото-диод на базата на GaSb и InAs като сензорни структури в инфрачервената област 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.

В Института е изградена Бялата 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. Първите резултати бяха показани на Международната конференция "Светлината в нанонауката и нанотехнологията" (Хисаря, 20-22.10.2015).

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

Най-значим проект, финансиран от национални институции и индустрия

Проект: № BG161PO003-1.2.04-0027

„Обновяване на технологично оборудване и апаратура за иновативни научно-приложни разработки на многослойни оптични структури”

Бенефициент: Институт по физика на твърдото тяло «Акад. Г. Наджаков» - БАН

Договор BG161PO003-1.2.04-0027-C0001/09.08.2013 г.

срок – 18 месеца

Оперативна програма „Развитие на конкурентоспособността на българската икономика” 2007-2013, съфинансирана от Европейския съюз чрез Европейски фонд за регионално развитие

Предмет на проекта е: доставка, монтаж и въвеждане в експлоатация и гаранционно обслужване на технологично оборудване измервателна апаратура за многослойни оптични структури, включваща три обособени позиции:

- - Вакуумна технологична система за получаване на многослойни оптични покрития ;
- - Инфрачервен спектрофотометър с Фурие преобразование (FTIR);
- - Модул “150 мм интегрираща сфера” за фотометрични измервания.

Високовакуумна система за оптични покрития Symphony 9

2. РЕЗУЛТАТИ ОТ НАУЧНОИЗСЛЕДОВАТЕЛСКАТА ДЕЙНОСТ НА ИНСТИТУТА ПО ФИЗИКА НА ТВЪРДОТО ТЯЛО ПРЕЗ 2015 Г.

ТЕОРИЯ

С методите на статистическа механика са изучавани комплексни системи - невронни и социални мрежи и са създадени модели, описващи социални явления: фазови преходи, образуване на структури, самоорганизация. Изследвана е синхронизацията и субсинхронизация в хаотични системи с комплексна топология при наличие на забавяне.

Изследвани са динамиката и мрежовите взаимодействия между различни физиологични системи с помощта на методи от статистическа физика и нелинейна динамика. Установени са основни закономерности в структурата на физиологични мрежи и фазови преходи в нелинейните взаимодействия между физиологичните системи в човешкото тяло. Развит е нов метод за извличане на информация относно взаимодействието на тези нелинейни системи. Създадени са първи динамични карти (атлас) на човешкото тяло на базата на компютърен анализ и моделиране на реални физиологични данни.

Проведено е числено DMRG изследване на фазовата диаграма на основен едномерен модел (верижка с алтернативно менящи се спинови променливи (S=3/2 и σ=1/2) с тричастични обменни взаимодействия. Квантовата фазова диаграма съдържа множество магнитни фази от по-общ тип, където магнитният момент не е квантуван и нисколежащите състояния са без енергетичен процеп (т.е. критични феримагнитни фази), една фаза с квантувана стойности на магнитния момент 5/3 (plateau state) и една двойно изродена немагнитна фаза с енергетичен процеп от типа на фазата на Haldane.

Използван е фундаменталният модел в квантовата оптика на Джейнс-Къмингс, за да се иследва взаимодействието на спинова верижка със спин ½ с една мода от квантувано електромагнитно поле. Разгледан е случаят, когато взаимодействието на полето е с един спин от верижката, а взаимодействието между спиновете в спиновата верижка се описва с XY модела. Показани са точните аналитични резултати на енергийния спектър за четири спина и XY модела при взаимодействие между най-близки съседи за отворена и затворена верижка и за отворена верижка с взаимодействие между далечни съседи. Промяната на знака на взаимодействие между спиновете спрямо знака на взаимодействие между спина и светлината позволява изследване както на феромагнитни, така и на антиферомагнитна спинова верижка. Числено са получени също резултати и за 9 спина.

Изследвани са термодинамичните и структурните свойства на някои класически моделни системи, описващи сингулярни (феромагнитно и нематично) взаимодействия между най-близки съседни спинове или течно-кристални молекули в линейна верижка и квадратна решетка. Показано е, че в едномерния случай моделите са в неподредено (парамагнитно или изотропно) състояние при произволна температура. В двумерния случай системите са в неподредено състояние при всякакви температури, но изпитват фазов преход от типа Березинский-Костерлиц-Таулес в квази-подредено състояние при намаляване на температурата на системата.

Построени са представянията на Лакс за уравненията от типа на модифициран Кортевег-де Фриз (мКдВ) свързани с алгебрите $A^{(1)}_r$, $A^{(2)}_r$, $B^{(1)}_r$, което позволява получаването на съответните уравнения в явен вид. Получено е в явен вид мКдВ уравнение за алгебрата $A^{(2)}_5$. Установено е, че Хамилтонианите на уравненията за алгебрите с ниски рангове съвпадат с вече известни такива. Показано е, че тези уравнения допускат Хамилтонови формулировки и са построени техните Хамилтониани.

Показано е, че Лаксовите оператори за мКдВ уравнение могат да се получат от оператори в общо положение с помощта на групата на редукциите на Михайлов. Построени са фундаменталните аналитични решения за съответните Лаксови оператори, като решаването на обратната задача за разсейването за всеки от тях е сведено до задача на Риман-Хилберт. Това позволява да бъдат намерени солитонните им решения с помощта на метода на обличането на Захаров-Шабат.

Показано е, че всяко от уравненията от типа на мКдВ принадлежи към йерархия, която се поражда от рекурсионни оператори. Същите рекурсионни оператори пораждат и йерархия от Хамилтонови структури.

Изследвано е взаимодействието на солитони с точкови дефекти в система от Абловиц-Ладик верижки, която представлява дискретен аналог на две свързани нелинейни уравнения на Шрьодингер. Свързването между верижките е в срещуположни възли и включва както линейно, така и нелинейно взаимодействие между тях. Солитонната динамика в изследваната система зависи от параметрите на солитона (скорост и ширина), от коефициента на свързване между верижките и от стойността на дефекта. Получено е, че солитоните, които са възбудени в една от двете верижки, могат да се прехвърлят от едната в другата и обратно и в същото време в зависимост от стойността на дефекта на привличане да преминават през него, да се отразяват или захващат. Наличието на точков дефект не оказва влияние върху периода на енергиен трансфер и той е близък до периода, характерен за хомогенни Абловиц-Ладик верижки.

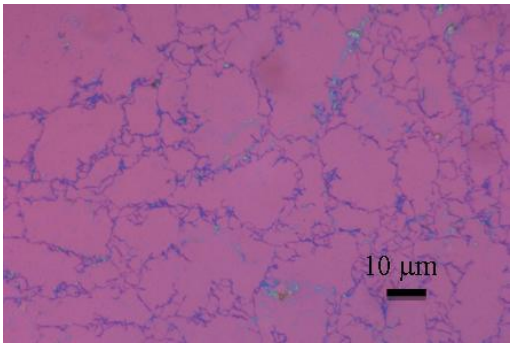
ФИЗИКА НА МАТЕРИАЛИТЕ

През отчетния период бяха задълбочени изследванията върху магнито-калоричния ефект в монокристали от хескагонален $HoMnO_3$. Установено е, че магнитокалоричният ефект силно зависи от ориентацията на кристала спрямо приложеното магнитно поле. Показано е, че такъв ефект може да бъде получен чрез завъртане на кристала $HoMnO_3$ около кристалографската “a” или “b” ос в постоянно магнитно поле. Свързаната с това въртене адиабатна промяна на температурата достига до 5 K при поле от 7 T.

Синтезиран е нов композитен материал, състоящ се от $BiFeO_3$ кристалити вградени в немагнитна стъкловидна матрица и е изследван с рентгенова дифракция, Раманова спектроскопия, микроскопски и магнитни методи. Използваният метод на синтез дава възможност да се получи BFO кристална фаза с магнитни свойства, подобни на тези на монокристални мултифероични наночастици $BiFeO_3$.

Вертикално ориентирани наностълбове от индиев нитрид бяха израстнати върху сапфирни подложки. С рентгенова дифракция е определено, че те се състоят от хексагонален индиев нитрид и са с предпочитана ориентация по кристалографската (0001) ос.

Филми от еднослоен и двуслоен графен са получени чрез химическо отлагане в газова фаза върху подложки от медно фолио и характеризирани с Раманова спектроскопия както са получени и след трансфериране на графеновия филм върху Si/SiO_2. Измерени са електрическите характеристики на еднослойния графен с приложение за прозрачен електрод и са дискутирани режимите за оптимално израстване с минимум дефекти.



Оптична микроснимка на получения графенов филм след трансфериране върху Si/SiO_2 подложка.

С модифицирания метод на най-простото уравнение са получени решения тип "бягаща вълна" за клас диференциални уравнения с полиномиална нелинейност. За най-просто уравнение е използвано уравнение за специални функции, съдържащи в частност тригонометрични функции, хиперболични или елиптични функции. Методът е илюстриран с получаване на решения на обобщеното уравнение на Кортевег – де Фриз или по-висок порядък уравнения описващи вълни в плитка вода.

Числено е изследван модел за описание движението на стената на големи артерии при пулсиращо кръвно течение.

През годината е работено по проект COUNTERFOG - европейски проект по програма „Сигурност". В сборника *В. И. Пустовойт-Избранные труды* издаден от издателство *Наука,* Москва са публикувани 6 глави. В тях са разгледани различни аспекти на повърхностния фото-зарядов ефект. През 2015 година са проведени изследвания на взаимодействието на твърдотелна повърхност с двуфазен флуид. На базата на резултатите са разработени сензори за параметри на двуфазни флуиди.

Изучавани са осцилациите на електронната плътност и на налягането в точката на прокапване на неутрони за различни магнитни полета в студен неакреатиращ магнетар. Анализирано е влиянието на релативистките поправки в енергията на основното състояние на електрон – ядрени и на мюон – ядрени изоелектронни/ изомюонни системи.

Работено е по намиране на вероятността за разпад на Хигс-бозон на *Z*-бозон и *γ*-квант през примка от заредени *W*-бозони: с прилагането на правилата на *Cutkosky* е получена е аналитична формула за имагинерната част на Файнмановата амплитуда; с използването на дисперсионното съотношение (без изваждане) от имагинерната част на Фейнмановата амплитуда е получена Фейнмановата амплитуда.

Изследван е ефектът на облъчване с електрони с енергия 23 MeV върху структури $p\text{-}Si\text{-}SiO_2$. Окисният слой е получен чрез магнетронно разпрашване и е с дебелина 10, 20 и 100 nm. Използвана е SEM за представяне на повърхностната морфология на слоевете. Ефектът от облъчването е значителен за механичните напрежения в слоевете с дебелина 10 и 20 nm, докато слоевете от 100 nm се оказват нечувствителни към електронната радиация. Показано е, че слоевете са с нано-размерна зърниста микроструктура. Средният размер на зърната расте с нарастване и на дозата и на дебелината на окисния слой. В заключение, електронното облъчване има отгряващ ефект, който зависи от дозата и дебелината на слоя.

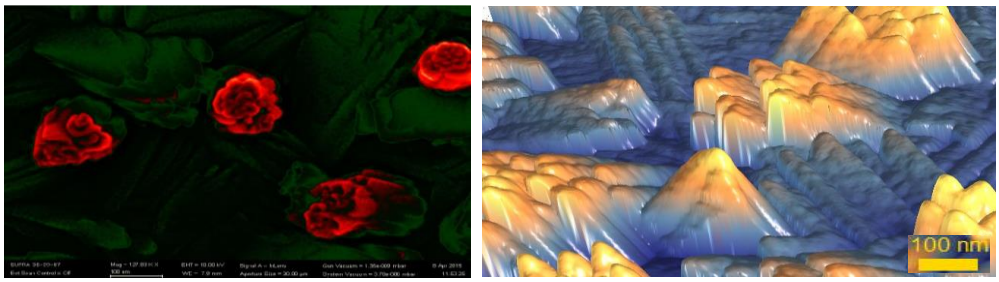
Изследвани са биологична активност и цитотоксичност на полимерните композити и отделно на нанодиамантените частици с остеобластни и стволови клетки и е наблюдавано, че материалите не са токсични, а клетките адхезират и спредират добре както върху композитните слоеве, така и в присъствието на нанодиамантените частици. Дейността е в сътрудничество с ИБФБМИ–БАН и САН-Словения.

Изследвано е взаимодействието на нанодиамантените частици с ракови клетки с цел използването им за носители на лекарства или за локално въздействие върху туморни клетки. Дейността е в сътрудничество със САН-Словения.

Изследвана е възможността за използване на ефекта на кавитация, възникваща около зъболекарски инструменти за почистване на зъбна плака и зъбен камък и е наблюдавано, че кавитацията подпомага почистването на зъбната плака и камък без да се използва механичен контакт със зъбите. Дейността е в сътрудничество с Университета в Бирмингам, Великобритания.

НАНОФИЗИКА

Изследвано е влиянието на дебелината върху повърхностната морфология на тънки слоеве от телур, отложени с ниска скорост чрез стандартно термично изпарение във вакуум. Установено е формирането на нанонишки при слоевете с номинални дебелини 30 nm и 90 nm. Нарастването на дебелината до 300 nm води до окрупняване на образуванията и формиране на клъстери с колонна структура, наподобяваща по вид тази на обемен телур. Разработването на новата технология за отлагане на тънки слоеве с различна морфология чрез прилагане на честотна модулация на подложката по време на термично изпарение във вакуум продължи с отлагане на слоеве от телур при работни честоти 0, 50, 150, 300 и 4000 Hz. Морфологичните изследвания със сканираща електронна микроскопия (SEM) и атомно силова микроскопия (AFM) показват, че подобно на селена, в интервала 0-300 Hz се получават грапави слоеве, с максимална повърхностна грапавост при 50 Hz, а при 4 kHz слоевете са изключително гладки. Изследвани са електричните и сензорните свойства в пари на вода, етанол, ацетон и амоняк на честотно моделирани структури Si/Te/аквадаг с различни дебелини на активния телуров слой. Не е установена систематична промяна в тока на тъмно при промяна на честотата. Значителна промяна в тока на тъмно е наблюдавана само в присъствие на амоняк и тя е най-голяма при най-тънките слоеве (дебелина 30 nm), отложени при 50 и 150 Hz. Изследваните структури са обещаващи за резистивни сензори за амоняк.

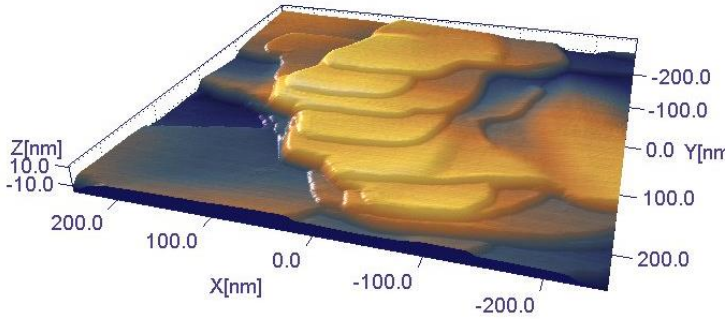


(а) (б)

Термично изпарени слоеве от Te: а) Типични наноразмерни слоести образувания на слой с дебелина 300 nm - SEM изображение; б) триизмерно AFM изображение на клъстери от наножици, получени при трептене на подложката с честота 50 Hz. Цветовата скала е с максимум 150 nm (жълто) и съвпада с дебелината на слоя.

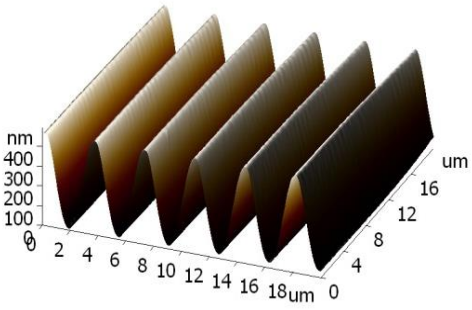
С AFM и XRD са изследвани дългосрочните промени в структурата и морфологията на тънки слоеве от $Zn_xCd_{1-x}Se$ с различен състав (x = 0.4, 0.6, и 0.8), получени чрез термично изпарение. Рентгенограмите са типични за твърд разтвор, без наличие на декомпозиция. Наблюдавана е релаксация на решетката през годините, с тенденция към достигане на термодинамично равновесие. За състави 0.4 и 0.8 е наблюдавано неравномерено напрежение на решетката, което, подкрепено от AFM

резултатите, се дължи на структурни дефекти. Използван е алгоритъм за двуизмерна Фурие трансформация (2DFFT) за наблюдаване на периодичност на повърхността на слоевете. Наблюдавана е прогресивна рекристализация с формиране на слоести структури за състави x=0.8 и 0.4, докато за слоеве със съдържание x=0.6, процесът е много по-бавен. Поради най-голямата си структурна стабилност, съставът с x=0.6 е най-перспективен за продължителни приложения. При тънки слоеве от ZnSe и CdSe, отложени с химични техники е потвърден нанокристалния характер на слоевете. Определени и сравнени са повърхностната грапавост, средният размер на нанокристалите и размерното им разпределение. Изследван е механизмът на транспорт на зарядовите носители през квантовите точки (QD) ZnSe и CdSe с кубична структура в режим на слаба локализация. При ансамблите от ZnSe QD е установено, че механизмът на транспорт в температурния обхват 380 - 650 K е термийонна емисия. Намерени са уловки с енергетично ниво, разположено на 0,37 eV над средата на забранената зона. Проводимостта на CdSe QD се определя от термично активирани зона-зона преходи с енергия на термичната забранена зона 1.85 eV в интервала 480 - 540 K и от термийонна емисия в интервала 300 - 480 K.



Триизмерно AFM изображение на тънък слой от $Zn_{0.8}Cd_{0.2}Se$, съхраняван при нормални условия в продължение на 5 години. На снимката се вижда типичен пример за слоиста структура с винтова дислокация.

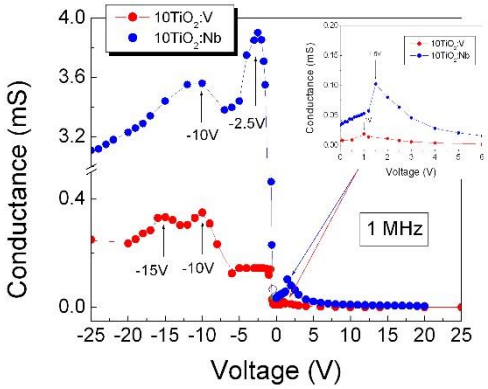
Чрез AFM е изследван ефектът на директно формиране на повърхностен релеф (дифракционна решетка) чрез фото-индуциран масов транспорт в аморфни тънки слоеве от $As_{40}S_{60-x}Se_x$ ($0 \le x \le 60$ at%). Дифракционните решетки са формирани при различни дължини на вълната (λ=473-650 nm) и е изучено влиянието на λ върху дифракционната ефективност (η) и периода на решетката (Λ) в зависимост от съотношението между S и Se в състава на стъклата. Установени са максимални стойности на η при състави $As_{40}S_{30}Se_{30}$ и $As_{40}S_{20}Se_{40}$ (съответно 63 и 66 %) и Λ=3.59 μm.



Дифракционна решетка на състав $As_{40}S_{30}Se_{30}$, формирана чрез облъчване с λ= 594 nm, доза на облъчване E = 13,5 kJ/cm^2 и период Λ=3.59 μm.

Изучени са оптични свойства на легирани с Er Ge-S-In стъкла чрез спектри на оптично пропускане и ниско-температурна фотолуминесценция (НТФЛ) при облъчване с He-Ne лазер (λ=628.2 nm). Установено е, че добавката на цезиеви халиди CsX (X=Cl, Br и I) води до силно изявен ефект на едновременно присъствие на собствена емисия от матрицата и на 4f-4f радиационните преходи на Er^{3+} йони. Ефектът се усилва при понижаване на температурата до T=4 K. Сравнението със Ge-S-Ga системата показва, че тази особеност е най-силно изразена при халкохалидни GeGaS-CsBr стъкла чрез максимално разцепване на основната НТФЛ ивица. Този ефект е обяснен на основа на енергиен трансфер между матрицата и легиращия йон. Изследвани са микроструктурни особености на флуорофосфатни $(x)MnF_2–(x–80)NaPO_3–(20)ZnF_2$ ($0\leq x\leq 50$ mol%) стъкла чрез определяне на основни структурно-чувствителни параметри като температура на разстъкляване и микротвърдост. Пресметнати са енергията на образуване, обема на микропразнините и модула на еластичност на стъклата. Наблюдаваните промени в локалната структура при увеличаване концентрацията MnF_2 в състава на стъклата са изяснени чрез Раманова и инфрачервена спекроскопия.

Изследвано е влиянието на типа на подложката върху структурата и свойства на тънки слоеве от ZnO, легирани с In и N. За изготвяне на образците е използвана комбинация на зол-гел метод и хидротермално отлагане, последвано от термообработка при 500°C за 1 час. Чрез SEM са наблюдавани взаимосвързани, произволно ориентирани, наножички с дължина от няколко стотин нанометра. Рентгенограмите показват, че наножичките кристализират в хексагонална фаза. От измерените волт-амперни и волт-капацитивни характеристики е установено присъствие на донорен тип дефекти, които са уловки на зарядовите носители. Чрез зол-гел метод върху стъклени и Si подложки са отложени многослойни TiO_2 структури, легирани с 1.2 ат. % Nb или V, които са с анатаз кристална структура. Пропускането на слоевете в спекталната област от 400 - до 1000 нм е около 80 %. Характерът на I-V зависимостите и наблюдаваното намаляване на специфичното съпротивление ($\rho\sim10^4$-10^5 Ohm.cm) при увеличаване на електричното поле показаха, че токът през слоевете се ограничава от обемния заряд, заловен на дълбоки енергетични нива в забранената зона на TiO_2.



Волт-проводимостни характеристики на 10-слойни TiO_2:Nb(V)/Si структури. Наблюдаваните максимуми при различни напрежения свидетелстват за наличие на уловки с концентрация $N_t\sim10^{16}$ cm^{-3} и с различни енергетични нива в забранената зона на TiO_2:Nb(V).

Продължени са изследванията на слоеве от AlN, получени чрез импулсно-лазерно отлагане (PLD). От AFM данни е установена зависимост на повърхностната морфология и амплитудните параметри от температурата на подложката по време на отлагането на слоя. Стойностите на показателя на пречупване на слоевете в UV-VIS спектралната област са по-високи от тези за аморфен AlN, което предполага образуването на нанокристали в обема на многослойната структура. Това е в съответствие с наблюденията от GIXRD и TEM показващи, че в слоевете присъстват както кристална хексагонална, така и аморфна фаза. Резултатите от IR елипсометрия и FTIR спектрофотометрия показват вибрационни зони, положението на максимума на които е характерно за фононни модове в кристален h-AlN. Изследвани са и електричните свойства на PLD AlN слоеве, легирани със Si, отложени при 800°C в азот при ниски налягания. Установено е, че тока през слоя се контролира от област на пространствен заряд, захванат на дълбоки акцепторни нива, разположени на границата на съседните кристални зърна. Честотната зависимост на съпротивлението на тези AlN:Si структури показва, че зарядовият транспорт се определя от скокова проводимост по дълбоките нива или от тунелиране на електрони.

В Дубна на Microtron MT-25 са облъчени с 20 MeV високоенергетични електрони и дози 7.2×10^{14} el/cm^2 и $1.44\text{x}10^{15}$ el/cm^2 хомогенни слоеве от SiO_x (x = 1.3) и композитни образци a-Si-SiO_y (y = 1.3), съдържащи аморфни силициеви наночастици. Върху свежи и облъчени слоеве са проведени изследвания с AFM, Раманово разсейване и електрични измервания. Установено е, че електронното облъчване води до съществено намаление на повърхностната грапавост на хомогенните образци, което се дължи на ефект на отгряване и причинява формиране на аморфна силициева нанофаза. При композитните слоеве облъчването води до подобряване на качеството на интерфейса между аморфните наночастици и оксидната матрица и до поява на нови електрически активни дефекти в оксидната матрица. Този тип изследвания са важни, защото облъчването с високоенергетични електрони се използва в медицината за лечение на пациенти и за дезинфекция на различни обекти.

МИКРО- И АКУСТОЕЛЕКТРОНИКА

Изследвани са диелектричните и електрични свойства на легирани с Al, HfO_2 слоеве, отложени чрез плазмено подпомогнато отлагане на атомни слоеве (PE-ALD), в зависимост от дебелината и количеството на легиращия елемент. Показано е, че легирането с Al има два ефекта върху плътността на електрически активните уловки в слоевете – 1) то намалява плътността на кислородните ваканции в HfO_2 и 2) въвежда дълбоки уловки, които могат да захващат и освобождават електрони обратимо, т.е. те могат да бъдат използвани за съхранение на заряд. Тези резултатите са от изключителна важност, тъй като показват, че чрез внимателно оптимизиране количеството на легиращия елемент е възможно да се модифицират електрическите и диелектрични свойства на слоевете с цел удовлетворяване изискванията на дадено наноелектронно приложение (напр., high-k диелектрични слоеве с много ниска плътност на уловките за приложение в CPU, или high-k диелектрични слоеве с висока плътност на дълбоки уловки за приложение в енерго-независими памети).

Изследвани са електрическите характеристики на MOS структури с многослоен активен диелектрик от типа $HfO_2/Al_2O_3/HfO_2/SiO_2$ и $ZrO_2/Al_2O_3/ZrO_2/SiO_2$ получени с реактивно магнетронно разпрашване с цел оценка на възможността за тяхното използване в енерго-независими памети на основата на захват на заряд. Получени са високи плътности на захванатия заряд и времена на неговото задържане в активната среда. Анализирани са механизмите на проводимост и са идентифицирани дефектите участващи в проводимостта и захвата на заряд в структурите.

Изследвани са ефектите на резистивно превключване в метал-изолатор-метал (MIM) структури с диелектричен слой TaO_x в зависимост от параметрите на процеса на отлагане и долният електрод. Получените резултати показват, че ефектът на резистивно превключване е силно чувствителен към концентрацията на кислорода в работната газова среда, използвана в процеса на отлагане. Слоевете с градиент на концентрацията на кислорода демонстрират най-голямо изменение на плътността на тока между състоянието с високо и ниско съпротивление – отношението между двете устойчиви резистивни състояния достига 120. Получено е също, че ефектът на резистивно превключване зависи не само от вида на електрода, но и от технологията на получаването му.

Изследвана е възможността за използване като сензори за светлина на Метал-Оксид-Силиций (MOS) структури, съдържащи силициеви наночастици (SiNPs) в три различни гейтови диелектрика: единичен SiO_x слой (c-Si/SiNPs-SiO_x), двуслойни (c-Si/thermal SiO_2/SiNPs-SiO_x) и трислойни (c-Si/thermal SiO_2/SiNPs-SiO_x/SiO_2) оксиди. Доказано е съществуването на аморфни или кристални силициеви наночастици в SiO_x (x=1.15) слоеве, отгрети съответно при 700 или 1000 °C. Отгрети и контролни MOS структури с полупрозрачни Al горни електроди са характеризирани електрически чрез измервания ток/капацитет-напрежение на тъмно и при облъчване със светлина. Наблюдава се силно изменение на тока в зависимост от интензитета на светлината при отрицателни напрежения на контролните и отгрети при 700 °C c-Si/SiNPs-SiO_x/Al структури. Получените резултати показват, че MOS структури с гейтов диелектрик $SiO_{1.15}$ имат потенциал за приложение като сензори в обхвата Близка инфрачервена-Видима-Ултравиолетова светлина.

Изследвани са електрическите и структурните свойства на слоеве TiO_2 легирани с Nb и V, получени чрез sol-gel метод. Използваният метод позволява получаване на високи нива на легиране, като слоевете имат отлична прозрачност във видимата и близката инфрачервена област. Процесът на отлагане обаче е съпроводен с генериране на значително количество дълбоки уловки, компенсиращи легиращия елемент и оказващи съществено влияние върху проводимостта. Установено е, че легирането с Nb води до по-висока плътност на генерираните дефекти.

Изследвани са електричните и структурните свойства на слоеве ZnO легиран с донорно-акцепоторна двойка In-N, получени чрез комбиниране не sol-gel и хидротермален метод върху различни подложки. Показано е, че използването на стъклени и Si подложки осигурява хомогенни слоеве ZnO, докато подложките от Al_2O_3 водят до нехомогенни слоеве с по-малка дебелина и по-голямо съпротивление. Установено е наличие на дефекти от донорен тип в слоевете отговорни за захвата на инжектираните носители.

Характеризирани са електрическите свойства на йонноимплантиран полиметилметакрилат (PMMA) с ултратънки планарни гейтов наноструктуриран диелектрик и нанокомпозитен n-канален проводящ слой и двата с дебелина около 80 nm. Йонната имплантация е извършена със силициеви йони (Si^+) при енергия 50 keV и доза 3.2×10^{16} cm^{-2}. В изследваната структура е установен полеви ефект, който има потенциал за приложение в електрониката. Определени са важни параметри за експлоатационни качества на структурата с полеви ефект, като подвижност на носителите и усилване.

Изследвана е сорбционната способност на тънки слоеве от калаено –индиев оксид (ITO) по метода на кварцовата микровезна (QCM).Слоевете са отложени в среда на кислород чрез RF на In:Sn мишена с тегловно отношение 90:5. Филмите са характеризирани чрез елипсометричен и XPS методи. Определени са коефициента на отражение, дебелината, морфологията и повърхностно състояние и състава им.

Резултатите показаха, че слоевете са с дебелина 150нм имат аморфна структура, а повърхностният им атомен състав е съответно In-40.6%, Sn-4.3% и O-55%. Газочувствителните свойства на ITO слоевете към NO_2 са оценени чрез реализирани QCM-ITO структури в динамичен режим. Установен е праг на чувствителност 500ppm, който може да бъде подобрен чрез промяна на съотношението на атомния състав на слоевете. Характеризирани са сорбциono/десорбционите процеси при всички експериментирани NO_2 концентрации до 5000 ppm. Показано е, че създадените структури са обещаващи за детектиране на NO_2 в среда на въздух. Изследванията е необходимо да се продължат с цел понижаване прага на чувствителност.

Изследвани са и наноструктурирани (NS) слоеве от ZnO като чувствителни покрития за регистрация на NO_2 във газова среда, както и влиянието на повърхностната морфология на кварцовата пластина върху този процес. За целта са използвани резонатори формирани на кварцови подложки с полирана и награпена повърхност. NS-ZnO слоеве са отложени в триелектродна електрохимична клетка. Използван е разтвор на $ZnCl_2$ (5. 10^{-3} M) and KCl (0.5 M) с pH 4.0 и t - 80ºC. Структурата на ZnO върху двата вида повърхности на QCM е изследвана по методите на SEM, AFM и оптична спектроскопия на пряко и дифузионно отражение. Резултатите са сравнени с данните на съответните QCM преди отлагане на NS-ZnO. Чувствителността на слоевете към NO_2 в концентрационен интервал 50 - 5000 ppm е изучена по метода на QCM. Установена е корелация между сорбционната способност на NS-ZnO слоеве и различните състояния на кварцовата повърхност. Установено е, че тя рефлектира основно на ориентацията, структурата и размера на израсналите нанопръчици.

Изследвани са сензорните свойства към NO_2 на тънки слоеве TiO_2 получени по метода на ALD. Като прекурсори са използвани тетраизопропоксид и водни пари с носещ газ азот при температурата на отлагане 200C. Слоевете са отложени за 150 цикли. Морфологията на ALD - TiO_2 са изучени с SEM, а съставът чрез рентгенов анализ. Получените слоевете са равномерни и хомогенни без наличие на пукнатини или други дефекти. Установен е и елементния атомен състав, но поради малката дебелина - 8 нм, анализът има само качествен характер. Сорбционните изследвания по метода на кварцовата везна показаха начален праг на ALD - TiO_2 чувствителност 50 ppm NO_2. Резултатите от тези изследвания доказват, че много тънки ALD - TiO_2 могат да намерят приложение като чувствителни слоеве в сензорни елементи.

Проведени са начални експерименти за установяване на газочувствителността на различни чисти и легирани ALD слоеве, както и на такива получени по sol-gel метод.

Изследвана е газочувствителността на 16 MHz QCM, покрита със слой от въглеродни сажди, спрямо различни концентрации на NO_2. Резултатите показват преимуществото на QCM, покрита с въглеродни сажди, изразяващо се в това, че тя може да бъде използвана за постоянен контрол на съдържанието на NO_2 във въздуха, при пренебрежимо малка чувствителност на резонансната ѝ честота към промени във влажността на околната среда.

Изследвана е газочувствителността на QCM с нанесен двукомпонентен слой от епоксидна смола и въглеродни наночастици спрямо парите на различни органични разтворители. Получените резултати потвърждават хипотезата, че свръх-хидрофобността подобрява газосорбционната способност на QCM, за сметка на сорбцията на водни пари, позволявайки разработването на газови сензори, които да функционират ефективно в среда с неконтролирана влажност на въздуха.

В сбита форма е направен литературен обзор на основните видове пиезорезонансни сензорни устройства. На кратко са представени и разгледани

принципът на действие, предимствата и недостатъците, както и селективността на най-често използваните пиезорезонансни химически сензори.

Подробно е изучено влиянието на тънки масочувствителни полимерни слоеве, получени от хексаметилдисилоксан (ХМДСО) в плазма, върху температурната чувствителност на QCM за сензорни приложения. Изведена е еднозначна зависимост на температурната стабилност на такива устройства като функция от дебелината на масочувствителния слой. Тази зависимост позволява да се предскаже и минимизира температурната зависимост на сензора в диапазон от дебелини, в които сензорът постига максималната си масочувствителност.

Разработен е нов високоефективен метод за стабилизация на свръх-хидрофобни слоеве от въглеродни наночастици за приложения в сензори за течна фаза, използващи акустични вълни. За целта се използва допълнително третиране на въглеродния слой с полимер, получен от ХМДСО във високочестотна плазма. Поради високата си енергия, плазмените ХМДСО частици проникват дълбоко в рехавия въглероден слой и се залавят за подложката. По този начин се формира маска, която задържа въглеродните наночастици и не им позволява да се отмиват при съприкосновение с изследваните течности. Стабилизираните по този начин слоеве притежават висока стабилност и механична устойчивост при работа в течности на водна основа.

Експериментално е изследван сензорния отклик на 5 MHz кварцови микровезни със златни електроди спрямо различни биологични среди за синтез на човешки ендометриални стромални и мезенхимни стволови клетки. Получените експериментални данни отварят нови възможности за осъществяване на широк диапазон ин-витро изследвания чрез миниатюрни лабораторни устройства.

Чрез полимеризация в плазма от суспензия – ХМДСО и наночастици от диамант (НД), както и модифицирани със силиций и сребро форми на нанодиамантените частици - са синтезирани композитни материали с цел приложение в биоинженерството. Проведени са морфологични и структурни изследвания както на НД, така и на композитния полимер. С цел създаване на оптимална повърхност на биосъвместими материали е постигната контролируема модификация на композитните слоеве. Изследвани са еластичността и токсичността на получените материали. Експериментално е установена първоначалната адхезия, израстването и функционирането на остеобластни, ендотермални и стволови клетки върху получените хидрофилни повърхности. Резултатите показват, че диамантените наночастици под различна форма, не са токсични и могат да се използват като пълнители за увеличаване хидрофилността на получения композит и съответно модулиране на биологичната активност на изследваните клетки.

НИСКОТЕМПЕРАТУРНА ФИЗИКА

Разработен е аналитичен метод за пресмятане на монотонните Риманови метрики върху множеството на смесените квантови състояния. Получените изрази са резултат от еднозначното взаимното съответствието между монотонните Риманови метрики и монотонните операторни функции. Използваната математична техника осигурява резултат във вид на ред, чийто членове са термодинамичните средни стойности на многократните комутатори на даден хамилтон T с оператора S свързан с контролен параметър h. Използвайки правила за сумите на честотните моменти на динамичния структурен фактор, са получени нови изрази за монотонните Риманови метрики. В частност, релациите между монотонните Риманови метрики и термодинамичната възприемчивост или вариацията на оператора S са специален обект на иследването. При условие, че симетричните свойства на хамилтонияна T са зададени в термините на произволна алгебра на Ли, то получените изрази могат да

бъдат пресметнати и в затворена форма. Този подход е тестван върху клас от моделни системи изучавани във физиката на кондензираната материя.

Чрез облъчване с фемптосекундни лазерни импулси на повърхността на Nb се постига увеличаване на сигнала на Рамановото разсейване. Физико-химичният анализ на Nb показва, че третирането с лазерното лъчение предизвиква оксидиране и формиране на Nb хидриди. Установено е, че увеличението на сигнала на Рамановото разсейване достига $1.3.10^3$ пъти за родамин 6G разтвор. За първи път е показано, че повърхност Nb/ Nb оксид притежава способността да увеличава сигнала на Рамановото разсейване, което се очаква да има приложение при детекция на опасни биологични/биохимични субстанции в околната среда.

Изследвани са кристали и поликристални образци от FeSe (чисти и с добавка на сребро). Установено е, че среброто присъства в 3 различни форми: между границите на зърната, в елементарната клетка на кристалната решетка и като примесна фаза Ag_2Se. Добавката на сребро подобрява редица параметри на материала (критичната температура, магнитосъпротивлението, енергията на пининг и второто критично магнитно поле) като прави някои от тях сравними с тези на монокристалите. То подтиска формирането на не свръхпроводимата хексагонална фаза, предизвиква намаляване на ширината на свръхпроводимия преход и премества линията на необратимост към по-високи стойности на температури и магнитни полета. Установено е, че добавката на сребро нарушава баланса на носителите (електрони и дупки) в този многозонен свръхпроводник и това е вероятната причина за нарастване на магнитосъпротивлението.

Получени са плочковидни $Fe_{1.02}Se$ кристали (~6-8 mm^2) по флукс метода. Те имат доменна структура обусловена от едновременното израстване на две фази: тетрагонална (~82%) свръхпроводима и хексагонална, феромагнитна, което рефлектира много силно върху свойствата им. Със серия променливотокови (AC) и постояннотокови (DC) магнитни и електрични измервания са определени основните свръхпроводими параметри на кристалите – второ критично магнитно поле, линия на необратимост, анизотропия. AC магнитният отклик е анализиран, като е използвана фундаменталната и третата хармоника на AC магнитната възприемчивост. Последната е по-чувствителна към промените на флуксоидната динамика: критично състояние, прехода флуксоидно “стъкло/течност”, както и при регистриране на геометричен бариер. Чрез DC магнитни измервания е определен критичния ток и силата на пининг и тяхната зависимост от температурата и магнитното поле. Доменната структура на кристалите обуславя формирането на S-N-S (свръхпроводник-нормален метал-свръхпроводник) Джозефсонови преходи, през които преминава свръхпроводимия ток. Идентифицирани са и вихрови лавини, което е индикация, че сложната морфология на кристалите променя и топологията на пининга. Високите стойности на енергията на пининг, второто критично магнитно поле и високата степен на изотропност определят желязо-базираните свръхпроводници като материали, които могат да бъдат реални конкуренти на купратите за приложения при силни магнитни полета.

Разработена е многовариационна статистическа експертиза за класифициране на растителни източници за биодизел. Постигнато е моделиране на класове от познати източници и класифициране на образци с неизвестен произход към дефинираните класове.

Интерпретирани са данни от четири категории аерозолни проби от градска пробовземателна станция в град Солун. Чрез кластерен анализ са идентифицирани възможните източници на атмосферно замърсяване – минерален (почвен) прах, морски аерозоли, вторични емисии, горивни източници и индустриално влияние.

Осъществена е екометрична експертиза на качеството на източници на питейна вода от района на град Кавала, Гърция. Посочени са възможните източници на замърсяване и пространствено-времеви характеристики на водоизточниците.

Изследвано е качеството на водите в градския сектор на река Банщица (Кюстендил), като е показано антропогенното влияние върху водите в градски условия.

Предложена е методика за оценка на вероятността за наводнение или засушаване по басейните на реките Струма и Места на българска територия на база данни от водния дебит за продължителен период от време.

Осъществен е екологичен мониторинг на река Драговищица и влиянието на замърсяването на водите върху рибната популация.

Изследвани са качествата на никел-титанови ортодонтски дъги чрез съвременни методи като: сканираща електронна микроскопия (SEM), рентгеноструктурен анализ (XDR), енергийно-дисперсионен анализ (EDS) и лазерно-индуцирана плазмена спектроскопия (LIPS), даващи възможност да се определи структурата и химичният им състав с цел установяване на оптималния период на престой в устата на пациента.

Направени са изследвания на химичния състав на топлоактивиращи ортодонтски дъги със и без съдържание на мед. При топлоактивиращите дъги без съдържание на мед резултатите, получени от XRD анализ, показват постепенно аморфизиране на материала с увеличаване периода на лечение.

Изследван е елементният състав и структурата на термоактивиращи ортодонтски дъги (TMA) с три зони на еластичност. Резултатите от направената сканираща микроскопия на повърхността на TMA ортодонтска дъга показва еднородна структура по цялата дължина на дъгата.

Изследвано е приложението на мултифункционални материали като свръхпроводима купратна керамика от вида BISCCO (2223, 2212, 2201) като добавка към цинков електрод за увеличаване живота на никел-цинкови батерии.

Направени са изследвания на магнитните свойства на монокристали от чист магнезиев сулфит – хексахидрат ($MgSO_3.6H_2O$) , както и на такива с добавка от 0,17 ат % никел.

Извършено е катоднолуминисцентно изследване на нанопрахообразни $EuAlO_3$ $GdAlO_3$.

Работено е по стандарт ISO 717-1, стандарт ISO 10140-1 и стандарт ISO 10140-2 във връзка със съвместни изследователски задачи.

ФИЗИЧЕСКА ОПТИКА И ОПТИЧЕСКИ МЕТОДИ

Нанокомпозити на димерни течни кристали: Изследвахме набор от нанокомпозити, смеси от водородо-свързани димерни течни кристали (ТК) alkyloxybenzoic acids (nOBA), служещи като матрица и немезогенни (едностенни въглеродни нанотръбички (SWCNT), hydroxypyridine (HOPY), perfluorooctanoic acid (PFOA)) или мезогенни (холестерил бензоат (ChB), bent-core ТК смес D14F3) добавки. Изучихме фазовите преходи и електрооптичните ефекти на получените нанокомпозити. При взаимодействието със структурните единици на добавката, димерните пръстени на ТК матрицата се огъват. Като резултат се получават преходи от ахирални към хирални състояния, включително и фероелектричния смектик C_G, характеризиращ се с възможно най-ниската симетрия C_1. В изследваните нанокомпозити идентифицирахме два вида фероелектричност: развиваща се фероелектричност, характерна за смесите 9OBA/HOPY, 7,8,9OBA/PFOA и развита фероелектричност характерна за 8OBA/SWCNT, 8OBA/ChB. Представихме модел за

взаимодействието между ТК матрица и едностенни въглеродни нанотръбички, описващ индуцирането на фероелектричната смектична C_G фаза.

Показахме, че използването на функционализирани едностенни въглеродни нанотръбички при изготвяне на нанокомпозитите води до усилване на спонтанната обемна фероелектричност на смектична C_G фаза.

Изследван е плазмонният резонанс и вълноводността на системата анизотропен хирален диелектрик (холестеричен течен кристал) - метал (50μm златен слой) едновременно при s и p поляризация на пробния лазерен лъч. Чрез анализ на температурната зависимост на големината на хиралната стъпка и големината на ъгъла на хиралната ос спрямо равнината на образеца, както и на зависимостта на тези материални параметри от концентрацията на хирализиращата течния кристал добавка е показано, че при холестерична стъпка от порядъка на 500nm двете иницииращи плазмонен резонанс поляризации са еднакво ефективни.

Молекулна динамика, оптика и електрооптика на мезоморфни среди. Експериментално е изследвана електрически и пространствено контролируема: (i) дифракция на кохерентна светлина; (ii) електро-оптическа (ЕО) фазова модулация; и (iii) амлитудно-честотна ЕО модулация, посредством еднослойни фазови решетки от полимерно-диспергиран течен кристал (ПДТК ЕФР), представляващи интерес за приложни фотонни устройства. По-конкретно, изучавани са клинообразни тънки филми от микроразмерен ПДТК, формирани от нематичен течен кристал (ТК) E7 и твърда прозрачна матрица от фотополимер NOA65. Дебелината на еднослойните ПДТК може да е от 2 до 25 микрометра. Филмите съдържат сферични ТК капки с размер два пъти по-голям от дебелината на ПДТК (т.е., от 4 до 50 микрометра) с линеен градиент по дължината на клина.

Както показаха нашите изследвания, еднослойното подреждане и компактната опаковка на структурата на ПДТК ЕФР осигуряват електрически управляема дифракция на кохерентна светлина, дължаща се на формирания ТК/полимер интерфейс. Дифракционното разцепване на лъча, а именно поява на дифракционни пикове с хексагонална симетрия, бяха наблюдавани в експериментите с ПДТК ЕФР при осветяването им с лазерно лъчение във видимата област на спектъра. С прилагане на електрично поле може да се постигне пространствено преразпределение на интензитета на дифрактиралата светлина. Това, допълнено с възможността за пространствен контрол чрез просто придвижване на клиновидните градиентни ПДТК ЕФР напречно на падащия лазерен лъч и използващо по този начин добре контролирания и плавно настройваем размер на ТК капки, може да бъде практически използвано. Наблюдаваните ефекти се обуславят от морфологията на ПДТК ЕФР и подреждането на ТК капки, и са свързани с електрически индуцираната оптическа фазова разлика.

Показахме, че градиентните ПДТК ЕФР могат да служат и за ефективна оптическа фазова модулация (електрически и пространствено контролируема) на лазерни снопове, преминаващи през тях. Установихме, че с ПДТК ЕФР с големи ТК капки може да се достигне оптическо фазово отместване $\pi/2$. Посредством промяна на геометрията на взаимодействие с лазерния сноп, градиентните ПДТК ЕФР може да се прилагат за високо ефективни пренастройваеми амплитудни и фазови пространствени модулатори, а също и в други фотонни устройства за активен контрол на лазерна светлина.

Изследване на нови нано-структурирани оптични материали. С оглед на практическото им приложение са изледвани (експериментално) електро-оптическите свойства на тънки (25 μm) филми от нанокомпозитен гел, формиран от нематичен течен кристал (НТК) heptylcyanobiphenyl (7CB) и 3 wt.% силициеви наночастици с

размер около 7 nm. Установено е, че при прилагане на променливо електрическо поле, филми на такъв нано-структуриран материал имат обратими електро-оптични характеристики и тяхното оптично пропускане се увеличава с увеличаване на интензитета на полето. Оптическите и електро-оптическите характеристики (вкл. честотни и времеви) на наноструктурирани филми от 7CB са изследвани в зависимост от интензитета и поляризацията на светлината, с която взаимодействат филмите, както и от честотота и интензитета на подаденото им електрическо поле. В частност, наблюдаван е интересен специфичен ефект (плато в честотната област до 1 kHz, и повече) на амплитудно-честотна електро-оптична модулация на двойната честота на приложеното електрическо поле. Този ефект може лесно да бъде контролиран посредством интензитета на полето. Интерпретацията на експерименталните данни за оптичния и електро-оптическия отклик на изследваните филми е на базата на наноструктурата на материала в тях (формираната пространствена структурна мрежа вследствие наличието на наночастици в НТК). Получените резултати са от принципно значение за електро-оптиката на нанокомпозитни НТК материали. Те показват, че изследваният наноструктуриран гел е интересен като материал за електро-оптична модулация и за съответни приложения в НТК устройства, работещи при стайни температури и удобно контролируеми с динамически електрични полета.

Експериментално е изледвана електро-оптично управляема дифракция на лазерно лъчение (във видимата област на спектъра, дължина на вълната 633 nm) посредством тънки (25 μm) филми от НТК pentylcyanobiphenyl (5CB), базирана на електрически-контролируеми пространствено-периодични текстури (във вид на стационарни надлъжни паралелни ивици), индуцирани в такива филми под въздействие на постоянно електрическо поле. Получените текстури с ясно изразен праг от приложеното електрическо поле имат флексо-диелектричен произход и се различават от известните електро-конвективни домейни в НТК 5CB. Демонстрирано е ефикасно дифракционно разцепване на лазерен лъч, преминаващ през 5CB филми, както и управление на преразпределянето на интензитета на дифрактиралия лъч посредством електрически контрол на контраста на формираната във филмите пространствено-периодична текстура, функционираща като оптическа фазова решетка.

Изследването е с фундаментален и научно-приложен характер, и е пряко ориентирано към дифракционната и адаптивна оптика с помощта на ефективни НТК устройства, работещи при стайни температури и лесно контролируеми със слаби постоянни електрически полета (в случая е достатъчно напрежение ~ 5 V).

Инфрачервени спектри и апаратури: Измерване на ИЧ спектри на образци за Фирма Оптикс-Панагюрище – антиотразяващи покрития върху Ge и Si подложки за специални приложения 20 бр.; Измерване на ИЧ спектри на пигменти от фрески от Рилския манастир за съставяне на Каталог от спектри за нуждите на Археологическия и-т с музей към БАН – 90 бр.; Измерване на ИЧ спектри на тънки слоеве от AlN върху Si-подложки, нанесени чрез импулсен лазер в National Institute for Lasers, Plasma, and Radiation Physics, Румъния – 6 бр.

Електрооптични експерименти с колоидни суспензии (3 броя) на биологични обекти с примеси на метални (Fe, Pb) соли, приготвени в Биологическия ф-т на СУ. Експериментите са допълнени с измерване на UV-VIS-NIR спектри на изсушени тънки слоеве от същия материал-12 бр. Целта на изследванията е възможността за използването на тези нови материали като биосензори на тежки метали. Обсъдени са първите резултати и е предложено приготвянето на друг тип образци за по-коректни измервания.

Полупроводникови лазери с вертикално излъчване (ВИКСЕЛ-и). Изследвани са поляризационите бистабилни характеристики (от тип 1 и 2) на ВИКСЕЛи с дължина на

вълната на излъчване 1550нм. Измерени са прагов ток, нелинеен дихроизъм, диференциално усилване и ток на превключване в зависимост от температурата. Изследванията са проведени в сътрудничество със Университета в Кантабрия, Сантандер, Испания.

Експериментално е наблюдавано несиметрично статистическо разпределение на времето на пребиваване в ВИКСЕЛ на квантови точки. Теоретичното обяснение е базирано на несъвпадение на осите на поглъщане и двойно лъчепречупване.

Течни кристали. В сътрудничество с Университета в Гент, Белгия са продължени теоретичните и експериментални изследвания на система от течен кристал (нематичен или холестеричен), оптически свързан с ВИКСЕЛ. Конструкцията на лазерната система е оптимизирана за максимална пренастройка на дължината на излъчване чрез елктро-оптичен ефект.

Солитони. В сътрудничество със Свободния Университет на Брюксел и Университета на Глазгоу, Шотландия са продължени експерименталните и теоретични изследвания на пространствени солитони във ВИКСЕЛ-и с 80 мкм апертура.

Тънкослойна и многослойна оптика. Изпълнение на Заповед РД-09-93/08.10.2013 г. относно Договор BG161PO003-1.2.04-0027-C0001 по Проект "Обновяване на технологичното оборудване и апаратура за иновативни научно-приложни разработки на многослойни оптични структури" по Оперативна програма "Развитие на конкурентноспособността на българската икономика" 2007-2013 г.

Окончателно приет (след проведени тестове и изпитания) с Финален приемо-предавателен протокол за доставки е FT-IR спектрофотометър Vertex 70 (Bruker Optics) сер. № 1612. Апаратурата е доставена по Договор BG161PO003-1.2.04-0027-C0001/Su-02, Ообособена позиция 2 на Обществена поръчка с предмет "Доставка, монтаж, въвеждане в експлоатация и гаранционно обслужване на технологично оборудване и измерителна апаратура за многослойни оптични структури".

Доставена е Високовакуумна система за оптични покрития - Симфония 9 (вакуумна камера с помпена система, модул за управление, устройства, принадлежности, криогенна помпа за водни пари, апарат за анализ на остатъчни газове, комплектация, и др.). В периода февруари – март съвместно с доставчика Текпорт Оптикс Инк, САЩ, оборудването е инсталирано, пуснато в действие, проведени са проби, проверки, тестове и изпитания. Проведено е обучение на 6-ма специалисти от ИФТТ за работа с технологичната система. При получаването, съхранението, инсталирането, монтажа и пускането в действие на апаратурата, модулите, агрегатите и системите е оказано пълно съдействие и контрол на изпълнението, включително при процедурите по освобождаване от митница.

Проведена е подготовка за закупуване на материали и консумативи: направени са проучвания и са отправени запитвания за оферти за закупуване на материали и консумативи, необходими за въвеждане на оборудването в експлоатация. Комисия, назначена със Заповед РД-09-53/19.03.2015 г., направи избор на доставчик. Предвидените за закупуване материали и консумативи, необходими за въвеждане в екплоатация на доставеното оборудване са заявени и доставени.

Проведени са тестове и изпитания на закупеното оборудване и апаратура, потвърждаващи тяхната работоспособност и съответствие на техническите и функционалните възможности и характеристики с тези от офертите. Проведена е пробна експлоатация с цел откриване на дефекти и несъответствия, които своевременно бяха отстранени. Направени са тестове на технологията на отлагане на слоеве с йонно асистиране.

Извършени са всички дейности за информираност, визуализация и публичност на проекта – поставени са постоянни информационни табели и информационни

стикери на закупените основни средства. Изготвен е Финален технически и финансов отчет. Дадени са поисканите от Управляващия орган пояснения и допълнителни документи. Изготвено е предложение (съдържащо набор документи) за правила и организация за предоставяне на услуги с Инфрачервен спектрофотометър с Фурие преобразование Vertex 70, BRUKER. През месец октомври е получено писмо вх. № 1449/12.10.2015 г., подписано от Зам. министъра на икономиката, от което следва, че Договорът BG161PO003-1.2.04-0027-C0001 по Проект "Обновяване на технологично оборудване и апаратура за иновативни научно-приложни разработки на многослойни оптични структури" е успешно приключен. С Отчетен доклад с вх. № 1712 / 03.12.2015 г. дейностите по изпълнение на посочената заповед са приключени.

Изследвани са спектрофотометричните характеристики на различни образци в спектралните области UV, VIS, NIR и IR за нуждите на колеги от Института, както и на външни потребители срещу заплащане по фактури на външните институции.

Физика и археология. Анализирани са археологични обекти, които стоят извън вниманието на професионалната археологическа гилдия и все още не са изследвани докрай, макар че имат неизползван потенциал в сферата на т.н. културен туризъм у нас. Разяснява се нуждата и полезността от луминесцентно датиране за мегалитни и други антични културни обекти в България. Предлага се нов ракурс при изследването на мегалитите в България, а именно: приемствеността между праисторическите мегалити и други езически светилища от една страна и обекти, почитани в християнската епоха, от друга страна. И по двете теми са положени усилия за широка популяризация чрез лекции, телевизионни предавания и две фотоизложби.

Раманова спектроскопия: Извършено е библиографско описание и анализ на публикуваните до момента резултати по използване на вибрационна спектроскопия за изследване на протонно-обменени вълноводи в литиев ниобат и литиев танталат. Коментирани са най-важните приложения и изводите от съответните изследвания по материали и по групи.

Изследвани са възможностите на инфрачервената и Рамановата спектроскопия за охарактеризиране (фазов състав, качество и свойства) на оптични вълноводи получени с протонен обмен в литиев ниобат и литиев танталат.

Анализирани са различни методи за характеризиране на флуиди с помощта на повърхнинен фотозаряден ефект и са обсъдени възможностите и предимствата на датчиците, основаващи се на този ефект за разпознаване на течности, определяне на октановото число, измерване на ниво, качествен контрол на мляко и др.

Пресмятане на вибрационната структура на многоатомни молекули: Разработеният от нас в последните години теоретичен апарат за пресмятане на вибрационната структура на многоатомни молекули, е приложен за провеждане на изчисления и изследвания върху вибрационната структура и вибрационната релаксация на молекулата на тиофозгена Cl_2CS, при много високи енергии на вибрационно възбуждане, в областта на дисоциация. За тази цел потенциалната повърхност на основното електронно състояние е модифицирана и усъвършенствана. Приложени са редица статистически методи при изследванията. Теоретичните резултати са сравнени с експериментални измервания.

Жироскопи и квантови ефекти: През изминалата година работихме по темата Влакнесто-оптичен лазерен жироскоп. Изследвани, реализирани и сравнени са два различни метода на модулация на влакнестооптичен лазерен жироскоп, с цел да се подобри неговата чувствителност. Предложен е нов метод на модулация, а именно модулация на тока на лазерния диод. Този метод доведе до повече от два пъти по-добра чувствителност. Двата метода са сравнени в теоретичен и експериментален аспект. За новия случай бе изведена нова формула за интензитета на лазерното

лъчение в адиабатично приближение.

Влакнеста оптика: Изпълнен е и успешно отчетен договор по вътрешно институтски конкурс ВК-02-14 – „Ремонт и доокомплектоване на монохроматор МДР-14“. Повреденият механичен брояч беше поправен от фирмата производител (ОКБ „Спектър“ – Санкт Петербург, РФ) и монтиран отново в монохроматор. Неработещият стъпков двигател е заменен с нов. Закупената от фирмата „Alphalas“ (Германия) CCD линия „Toshiba TCD1304AP“, поставена с драйвера си в защитен корпус, беше монтирана на мястото на изходящия процеп на монохроматора. Беше създаден и приложен допълнителен софтуерен продукт, позволяващ да се прави запис серия единични измервания с избираем интервал от време между тях. Интервалът от време между единичните отчитания може да се променя от 0,1s до 5000s, а броят на отчитанията в серията – от 1 до 100 000.

Започната е съвместна работа с лаборатория „Композитни и наноструктурирани оптични материали“, Институт по оптични материали и технологии – БАН за създаване и изследване на оптични газови сензори, основаващи се на използването на тънки наноразмерни слоеве от зеолит в качеството на газово чувствителна среда. Зеолитните слоеве са нанесени върху повърхността на планарни вълноводи, оптически свързани със странично полирани влакна. Принципът на действие на изработваните сензорни елементи е основан на промяната на показателя на пречупване на зеолитния слой в резултат от захващане на молекулите на измервания газ в порите на слоя. Тази промяна води до изместване на спектралната позиция на резонансните минимуми на съответните пленарни модове, свързани с мода на оптичното влакно. Измерванията са извършени с монохроматор МДР-41 с монтираната си CCD линия като изходящ приемник. Проведени са начални експерименти за регистрация на пари на ацетон. Резултатите показват успешна приложимост на изследваната оптически схема като газовочувствителен елемент.

Решени са уравненията на Максуел в случай на четирислоен планарен вълновод, състоящ се от два слоя с крайна дебелина от Ta_2O_5 и zeolite и две полубезкрайни среди от SiO_2 и въздух, за получаване на характеристичното уравнение и изразите, описващи разпределенията на полетата на разпространяващите се в планарния вълновод модове. Създадени по-рано компютърни кодове са модофицирани, за да пресмятат характеристичното уравнение и разпределенията на полетата. Направена е верификация на резултатите, получени с компютърните кодове за четирислоен планарен вълновод с тези, получени с кодовете за трислоен планарен вълновод, в които слоят от zeolite се разглежда като полубезкрайна среда. Задачата е част от тази за намиране на условия за осъществяване на вълноводен резонанс на основния мод на оптично влакно с фиксиран мод на четирислойния планарен вълновод със слой от zeolite за получаване на газови сензори на сегашния етап от работата за регистрация на пари на ацетон.

Йонна имплантация: Продължи работата по започнатата нова тематика, свързана с изследването на нов материал – диамантено-подобен въглерод – и приложението му за целите на нано-размерен електрически (I) и оптически (II) запис на информация.

По първата тема продължи работата по утвърден и стартирал в началото на 2013 г. проект по 7РП, в който направлението ни и Иститута като цяло е партньор: CareRAMM (“Carbon resistive random access memory materials” – “Материали за резистивна памет на базата на въглерод”) по тематичен приоритет NMP.2012.2.2-2 ’Materials for data storage’, финансиран по схема SP1-Cooperation: Collaborative project (Small or medium scale focused research project).

Дифракционни решетки. През 2015 година продължи работата по разработване

на начини за контрол на лазерната генерация с помощта на резонансни дифракционни решетки. След демонстриране на селективните свойства на резонансните дифракционни решетки за определяне на поляризацията на лазерната емисия и на дължината на вълната (надлъжен мод), беше показано и използването на такива решетки в резонатор за селектиране на основния напречен мод на лазера и филтриране по-високите модове. Бяха проектирани, оптимизирани и изготвени две различни резонансни структути: една за с ербий-дотиран микрочип лазер, генериращ в C-band (1530-1565 nm) и втора за Yb:YAG диск-лазер на 1030 nm дължина на вълната и висока мощност. Експерименталните резултати потвърждават успешния дизайн и технологични решения.

ФИЗИКА НА МЕКАТА МАТЕРИЯ

Обобщено е израстването на смектик А или смектик С от нематична или развита дългостъпкова холестерична фаза, ориентирана в средната част на течно-кристалната клетка и силно деформирани части в граничните области. На базата на тези експерименти е предложено развитие на лазерно-адресираните дисплеи и са предложени начини за оценка на граничната енергия. Разгледани са и нови електрооптични ефекти в дългостъпкови холестерици и в смеси от нематик и фероелектричен смектичен С течен кристал. Наблюдавани са и нови електрооптични ефекти от еднопосочно ориентирани спирали и е предложен възможен флексоелектричен модел. Наблюдавани са и са обяснени нови флексоелектрични осцилации на течно-кристален слой в едновременно подадени постоянни и нискочестотни електрични полета и е получено тяхното значително усилване. Наблюдавани са и нови флексоелектрични деформации в градиентно електрично поле и са предложени нови и подобрени методи за измерване на някои материални константи на термотропни течни кристали.

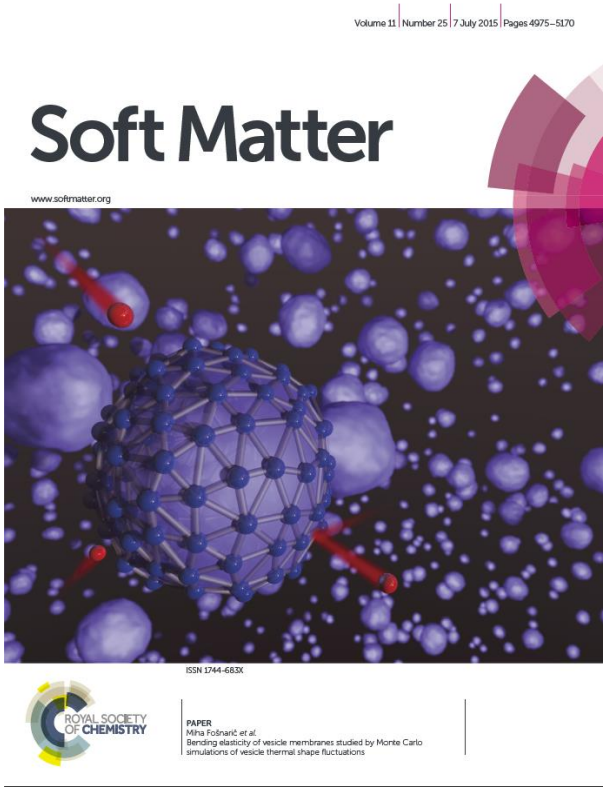
Разработен е метод за определяне на модула на еластичност на огъване на липидни мембрани на базата на цифрова холографска микроскопия и класическия подход за измерване на модула на огъване чрез анализ на флуктуациите на формата на квазисферични липидни везикули. Изследвани са мембрани от стеарил-олеил фосфатидилхолин във воден разтвор на моно- и дизахариди. Осъществени са количествени фазови измервания върху разредени суспензии от „гигантски” (с диаметри от няколко десетки микрометра) липидни везикули и анализ на флуктуациите на диаметъра на везикулите по оптичната ос на цифрово-холографската микроскопска система. Получената от нас стойност на модула на еластичност на огъване на изследваните мембрани, $23k_BT$, е в съгласие със стойностите, получени чрез микромеханична манипулация, електродеформация и спектроскопия на флуктуациите на „гигантски” липидни везикули. Предимство на разработения метод е напълно автоматизираната обработка на записаните данни за фазата, както и възможността за получаване на информация за флуктуациите на мембраната при различни полярни ъгли спрямо оптичната ос на системата и възстановяване на тримерната форма на всяка от изследваните везикули.

Успешно е реализирана модификация на осветлението за фазово контрастна микроскопия като лампата с волфрамова нажежаема жичка е заменена със светодиодна лампа LED Synchro, с мощност 10 W, интегрална осветеност 850 lm и цветна температура 4000 K. Светодиодното осветление предлага множество предимства пред класическите реализации за микроскопско осветление, а именно високо кпд, много добър контрол върху фокуса, дълъг живот (~50 000 ч.), отлично качество на цвета, излъчване с еднакъв интензитет през целия период на работа, мигновен старт, липса на UV и IR излъчване, ниско захранващо напрежение, липса на

живак, пълна рециклируемост, по-голяма електробезопасност, устойчивост на вибрации, устойчивост при ниски температури, малки размери, екологично производство и други.

Посредством микрофлуидната система CellASIC ONIX на Millipore е изследвана морфологията на липидни везикули при асиметрично добавяне на антибиотика амфотерицин Б в близост до липидната мембрана. Фабричната експериментална система бе модифицирана, като по този начин предлага нови възможни експериментални реализации. Резултатите от проведеното изследване показаха силен и необратим ефект върху формата на липидна везикула при добавяне на амфотерицин Б в концентрация 10^{-5} g/l в околната за мембраната среда. При концентрация 10^{-3} g/l AmB наблюдаваният ефект е по-слаб и везикулата възвръща началната си квазисферична форма.

Стойността на модула на еластичност на огъване на мембраната на квазисферична липидна везикула може да бъде получена от анализа на флуктуациите на формата на везикулата. Теоретичното описание на този анализ е направено от Милнер и Сафран [Phys. Rev. A:, 1987, 36, 4371–4379]. В развитата от тях теория е използвано приближението на средното поле. За оценка на дължащите се на използваните приближения грешки при определяне на модула на еластичност на огъване на мембраната бяха използвани Монте Карло симулации на флуктуациите на формата на везикулата. Получените резултати показват, че грешките са по-малки от 10 %. Развитият метод за оценка на грешките може да се използва и за мембрани с химични и структурни модификации.



Корицата на списанието “Soft Matter” на Royal Society of Chemistry (IF = 4.029) от 07.07.2015 г. е с илюстрация от статията „Bending elasticity of vesicle membranes studied by Monte Carlo simulations of vesicle thermal shape fluctuations”
на Samo Penič, Aleš Iglič, **Isak Bivas** and Miha Fošnarič.

На базата на литературни и оригинални авторски резултати се подготвя обзор върху различни оптични методи, които се прилагат за изследване на наноструктурирани течни кристали. Описаните методи включват: поляризационна микроскопия, конфокална микроскопия, микроскопия на темновото поле; разсейване на кохерентна светлина и флексо-диелектро-оптична спектроскопия. Методите са адаптирани за изследване на случаите на помътняване на течните кристали в резултат на внасянето на дезориентация в молекулното подреждане.

Проведено е електрично и диелектрично характеризиране на нематичния течен кристал 5CB, дотиран със сребърни наночастици. Изследвани са тънки филми (25 μm) от 5CB с добавка на сребърни наночастици имащи размер ~ 10 nm, при концентрация 0.5% wt. Измерванията са проведени в диапазона 1 mHz до 100 kHz. Измерванията са проведени при две конфигурации на прилаганите електрични потенциали: в плоскостта на слоя и перпендикулярно на него. Получените резултати показват, че присъствието на наночастиците съществено влияние върху формата на спектралните криви.

Изследвани са електро-оптичните свойства на фотоактивната наноструктурирана течнокристална системата Aerosil / 7CB / азо-багрило. Фотоактивния мезоген е прибавен в концентрация 3 wt.% към композит представляващ мек гел състоящ се от l 4’-heptyl-4-biphenylcarbonitrile (7CB) и 3 wt.% hydrophilic silica (SiO_2) наносфери (Aerosil 300) с размери 7 nm. Три-компонентната смес е изследвана под формата на тънки филми, които са осветявани с УВ светлина излъчвана от LED диод. Изследван е ефектът от УВ-то въздействие върху статичните и динамичните криви на оптично пропускане на образците. Полученият ефект е обратим при облъчване със синя светлина и може допълнително да се контролира посредством амплитудата на прилаганото напрежение. Изследването показа, че тези фото-чувствителни нематични нанокомпозитни структури биха могли да бъдат атрактивни за фото-контролируеми електро-оптични приложения.

Проведено е сравнително изследване на пространствено-ограничени нематици: полимерно-диспергирани течни кристали (PDLC) и нано-напълнени нематици по метода на флексо-диелектро-оптичната спектроскопия. Изследвани са PDLC (E7 в NOA65) и нано-напълнени нематични клетки (7CB с наночастици от Aerosil 300) в нискочестотния диапазон (0.1 to 10 000 Hz). Двете системи разсейват светлината, когато са в изключено състояние, което ги прави подходящи за приложения в сферата на дисплеите без да са необходими поляризатори. Извършено сравнение на честотните спектри на интензитета на преминалата светлина, получени за първата и втората хармонична на възбуждащото външно електрично поле. Докато PDLC спектрите се характеризират със специфични дълбоки минимуми за определени честоти, нано-напълнените нематици показват плавен спад на модулирания сигнал с честотата. Двата ефекта са обяснени съответно с пространствено филтриране на модулираните компоненти и с характерен поликристален-монокристален текстурен преход, който е по-бърз. PDLC могат да бъдат използвани като нискочестотни ивични филтри, докато нано-напълнените нематици дават възможност за създаване на плавни оптични модулатори до по-високи честоти.

Проведени са дифрактивни електро-оптични изследвания с пространствени периодични текстурни структури под формата на успоредни надлъжни домени с цел на тяхното практическо приложение. Домените са получени в течния кристал 4-*n*-pentyl-4'-cyanobiphenyl (5CB) под въздействието на статични електрични полета. Получените надлъжни домени имат флексоелектрична природа, но се различават от познатите досега подобни домени. Формираните фазови решетки от тези домени могат да бъдат полезни за дифрактивната оптика.

ЛАЗЕРНА ФИЗИКА И ФИЗИКА НА АТОМИТЕ, МОЛЕКУЛИТЕ И ПЛАЗМАТА

Обработени, систематизирани и подготвени за печат са резултати, свързани с измерването на радиационни времена живот на високо лежащи енергетични нива в йона на титан. Радиационните времена на живот и вероятностите за преход на титана имат приложение в астрофизиката за изучаване еволюцията на галактиката. Титанът е един от елементите, открити в слънчевата фотосфера и метеоритите, както и в спектрите на звезди червени гиганти. Измерени са времената на живот на 10 състояния по метода на времевата лазерно-индуцирана флуоресценция (TRLIF), като 5 от тях са измерени за първи път. Определени са и вероятностите за преход от тези състояния.

Обработени и систематизирани са резултати свързани с измерването на радиационни времена живот на високо лежащи енергетични нива в йона на никел. Радиационните времена на живот, както и вероятностите за преход на никела имат приложение в астрофизиката за моделиране на еволюцията на звездите и експлозията на суперновите звезди. Измерени са времената на живот на 7 състояния по метода на времевата лазерно-индуцирана флуоресценция (TRLIF), като всички са измерени за първи път. Определени са вероятностите за преход от тези състояния.

Продължава работата по разработването на нови методи за квантов контрол, базирани на композитни импулси. Разработени са нови методи за квантов контрол, базирани на композитни импулси, по-конкретно - нови композитни импулси, които позволяват още по-широк (съответно по-тесен) профил на възбуждане, за сметка на предварително зададена допустима грешка. Разработен е нов метод за стабилна реализация на Хаусхолдеровата трансформация, отново чрез използването на композитни импулси.

Представено е точно аналитично решение за квантова система с две нива в експоненциално променящо се във времето външно поле при наличие на дефазиране. При липса на дефазиране моделът се свежда до добре познатия модел на Демков, използван първоначално за удари с бавни частици. Решението се представя като обобщена хипергеометрична функция $1F2(a;b1,b2;x)$. Изследвани са различни гранични случаи при слабо и силно дефазиране, силно външно поле и точен резонанс.

Реализирани са експерименти по създаване и тестване на два вида поляризационни ротатори изградени въз основа на теоретични модели базирани на теорията на композитните импулси и адиабатни преходи.

Доразвит е създадения 2D (r, t) числен модел за определяне на времезависещата електронната температура, решавайки нестационарното уравнение на топлопроводността за електроните в наносекунден импулсен надлъжен разряд в Ne-CuBr, He-CuBr и He-$SrBr_2$ газови смеси. Чрез вариране на отблъскващия параметър на стандартния 12-6 Ленард-Джоунс е разработен нов потенциал за взаимодействие на два хелиеви атома (7.5-6 модифициран Ленард-Джоунс) за теоретично определяне на термофизичните свойства на един от основните буферни газове при лазерите с пари на метали и метални халогениди. Предложен е нов опростен метод за определяне коефициента на топлопроводност на n-компонентна газова смес. Методът е използван за определяне коефициента на топлопроводност на Ne-Br-Br_2, He-Br-Br_2, Ne-Br-Br_2-H_2, Ne-He-Br-Br_2 газови смеси.

Измерени и сравнени са волт-амперните характеристики в лампа на Грим при използване на два типа катоди: от чист метал Al и от Al, покрит с диелектричен порест слой Al_2O_3. Установено е, че по-големи UI-стойности са достигнати с Al катод. Разрядът с него е по-светъл и хомогенен, докато с Al_2O_3, е дифузен с непрекъснато променящи се светли точки върху повърхността на катода. Регистриран е профилът на Hα линията и за двата катода – с чист Al и с Al+Al_2O_3.Установено е, че в случая с

катод от Al в профила на H_α линията ясно се наблюдават крила с аномално доплерово разширение (АДР) и напълно отсъстват, когато катодът е от $Al+Al_2O_3$. Отсъствието на крила АДР при наличие на Al_2O_3 слой върху катодната повърхност може да бъде обяснено с отсъствието на катодна област. В разряд с Al катод наличието на катодна област се доказва с наблюдаваните характерни крила на АДР на H_α линията. Всички параметри на профила на H_α се променят според катода (с/без диелектричен порест слой). Следователно, покриването на Al повърхност с оксиден слой променя изцяло електричните и емисионни характеристики на лампата на Грим.

Продължени са изследванията върху създаването на миниатюрен аналитичен детектор за определяне на примеси в газове. Осъществена е регистрация и идентификация на атомни и молекулни примеси от Kr, O2 и CO2 в основен газ Ne. Определени са температурата и концентрацията на електроните при налягания от 14 Тор и 200 Тор в основен газ He. Резултатите от проведените експерименти разкриват потенциалните възможности на метода за Ударна Електронна Спектроскопия (УЕС) за анализ на газови замърсявания при използването на различни благородни газове като основен газ. Те представляват важен етап от създаването на иновационен портативен газов детектор, намиращ приложение при екологичен мониторинг и контрол на газовата среда.

Извършени са измервания на излъчването на лазерно-индуцирана плазма при условия на импулсно лазерно отлагане на железен сулфид върху ненагрети метални подложки по метода на оптичната емисионна спектроскопия. Целта на изследването е намиране на корелация между характеристиките на излъчването на плазмата и получените отлагания. Плазмата е характеризирана с измерване на два от параметрите ѝ – електронна температура по метода на Boltzmann plot и електронна плътност по Щарковото уширение на излъчватените линиите.

Изследвано е излъчването на плазма, получена при лазерна аблация в разряд в кух катод, с времево разрешение в интервала 1μs ÷ 100μs след лазерния импулс. При комбинираната техника, са регистрирани повишение от два пъти в продължителността на излъчването и в интензитета на емисионните линии на сребърната проба в сравнение със самостоятелна лазерна аблация.

Изградена е лабораторна сканираща система за управление на лазерния лъч на лазера с пари на CuBr или на втората хармонична на YAG лазер. Тя се състои от сканираща глава, система от огледала за отвеждане на лъча до скенера, светоделител, диафрагма и измерител на мощност. Тази система позволява прецизно управление на движението на лазерния лъч и може да се използва както за микрообработка на различни материали, така и за лазерно почистване на повърхности.

Направени са първоначални експерименти за създаване на графен чрез лазерна аблация на проба от чист графит, поставена в кювета с течен азот, с наносекундни лазерни импулси. Този метод е нов и има редица предимства. За първи път за аблация се използва CuBr лазер. Изследвани са праговите условия за аблация при различни параметри на лазерното лъчение, геометрия и време за експозиция. Получените при аблацията проби са изследвани чрез Раман спектроскопия и на сканиращ електронен микроскоп. Получените проби потвърждават, че по този метод могат да се получат различни въглеродни наноструктури, включително графен.

Изградена и оборудвана е нова лаборатория с фемтосекундна лазерна система, закупена в рамките на проект ИНЕРА. Системата включва Spectra Physics фемтосекунден лазер с усилвател, излъчваща 35 fs импулси с енергия до 6 mJ, честота на повторение 1 kHz, в спектралния диапазон 240-2600 nm. С новата лазерна система започнаха експерименти, свързани с лазерна микро- и нанообработка на материали и наноструктуриране на повърхности.

Изследвано е взаимодействието на фемтосекундни лазерни импулси с две групи материали: метали (неръждаема стомана, бронз, алуминий, мед, титан, цинк, никел) и полимери. Експериментите са направени за λ = 520 nm и 800 nm, при честота на повторение на лазерните импулси 1 kHZ и различна енергия - от 50 μJ до 650 μJ. Установено е, че размерът на кратера, образуван в резултат на лазерната аблация нараства при увеличаване на енергията на импулсите и намалява при по-голямата дължина на вълната. Ефектът от дължината на вълната на лазера зависи силно от вида на материала поради различното поглъщане. При по-голяма скорост на обработка получените кратери в материала са по-малки. Изследвани са размерите на зоната на топлинно въздействие, отнемането на материал, структурните промени на повърхността, както и промените на химическите и физическите свойства на материала.

Изследван е потенциала за формиране на микроструктури върху повърхността на различни материали с фемтосекундната лазерна система. Демонстрирано е модифициране на повърхността на желатинова подложка и на 3D биополимер PCL с фемтосекундни лазерни импулси.

Демонстрирана е нова техника за измерване на прага на аблация, използвайки повърхностния фото-заряден ефект. Проведени са експериментални наблюдения на времевото поведението на повърхностната потенциална разлика, дължаща се на фото-зарядния ефект при облъчване на Si пластина с лазерно излъчване. Установено е рязко повишаване на големината на сигнала и промяна на формата му при увеличаване на плътността на енергията на лазерното лъчение над прага на аблация.

Съвместно с колеги от лаборатория "Физика на околната среда" е изследван елементния състав в различните участъци на ортодонтски дъги през интервал от 5 мм, чрез метода LIBS. Получените резултати от анализа на неизползвана дъга са необходими като основа за бъдещи изследвания на промените в дъгите при използването им в лечебния процес.

Чрез LIBS анализ е направена съпоставка на състава на материала, от който са изработени два антични нагръдника – сребърен, от античността и сребърен с позлата, от средновековието. Получените резултати за състава и примесите в среброто дават информация за технологията на изработка на артефактите и развитието на техниките за позлатяване.

Музей "История на физическите науки в България" при ИФТТ

През 2015 година в Музея са направени 4 справки от външни лица и са изпълнени 3 административни поръчки. Посетителите са правили справки за Николай Киров, Георги Наджаков, Стефан Маринов. Изложбата на Георги Наджаков е посрещнала няколко групи и множество индивидуални посещения и е участвала в деня на отворените врати на Института.

За Музея през 2015 г. са дарени материали в един нов фонд за покойния чл.-кор. Стефан Кънев. Нови дарения са направени от акад. Ангел Попов, проф. Александър Драйшу, проф. Николай Тончев, проф. Симеон Ангелов и проф. Минко Балкански. Допълнителни материали са получени от съпругата на Васил Стефанов, проф. Богомил Ковачев и Искрен Азманов.

През 2015 година **научният семинар на ИФТТ** проведе 5 заседания. Лекции изнесоха гостите на Института: Dr. Gwennou Coupier (France), чл.-кор. дфмн Леонид И. Пономарев и др. Според изискванията на ЗРАС **академична лекция** изнесе Елка Караколева по повод избора й за „доцент“.

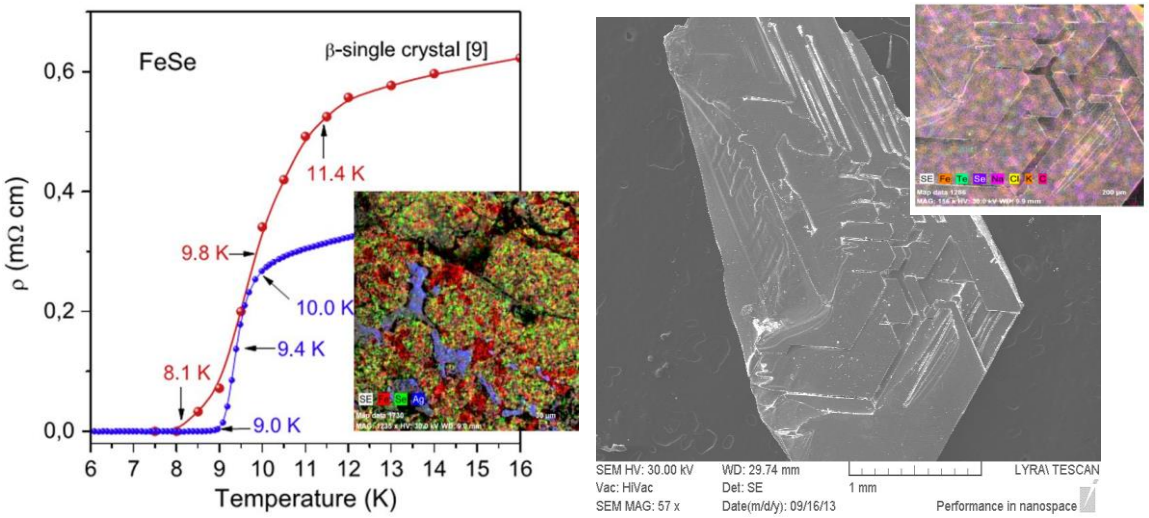
През 2015 г. учени работещи в ИФТТ бяха отличени за своите научни постижения със следните награди:

- **Почетен член на ИФТТ** – академик Александър Г. Петров
- **Почетен знак на БАН „Марин Дринов“ –** Веселин Ковачев
- **Награда на Фондация W. M. Keck (1 млн. долара) за изследвания в областта на мрежовата физиология** - Пламен Иванов
- **Почетен знак на ИФТТ – на лента:** - Дориана Димова-Малиновска
- **Почетен знак на ИФТТ – нагръден:** - Катя Христова и Екатерина Радева

2. РЕЗУЛТАТИ ОТ НАУЧНОИЗСЛЕДОВАТЕЛСКАТА ДЕЙНОСТ НА ИНСТИТУТА ПО ФИЗИКА НА ТВЪРДОТО ТЯЛО ПРЕЗ 2015 Г.

2.1. Най-значимо научно постижение

Получен и изследван е нов материал FeSe - Ag - представител на откритите през 2008 г. нов клас високотемпературни желязобазирани свръхпроводници перспективни за практическо приложение. Определени са фундаментални характеристики на новия материал: критична температура, първо и второ критично магнитно поле, дълбочина на проникване, дължина на кохерентност, параметър на Гинсбург-Ландау, енергия на пининг, линия на необратимост. Установено е, че добавката на сребро подобрява редица от тези характеристики. Изследвана е еволюцията на флуксоидната материя в FeSe кристали и са наблюдавани феномени като флуксоидни лавини и геометричен бариер. (Ръководител: доц. д-р Елена Назърова)



2.2. Най-значимо научно-приложно постижение

Разработени са метал-силициев оксид-силиций (МОС) структури с трислоен оксид и Si нанокристали в средния слой. Показано е, че тези структури са подходящи за дозиметри на йонизиращи (гама, рентгеново) лъчения и за пръв път е предложено те да се използват като дозиметри за ултравиолетова светлина. Технологията на изготвяне на структурите е опростена - най-горният оксиден слой е формиран в процеса на термично израстване на нанокристалите, а не чрез използване на вакуумни техники. Дозиметричното измерване включва предварително зареждане на нанокристалите с електрони и постепеното им разреждане при облъчване без прилагане на външно електрично поле. Структурите са с висока надеждност, с повишена радиационна устойчивост и възможност за многократна употреба, нечувствителни са към видима и инфрачервена светлина, съвместими са със съвременните микроелектронни технологии. Тези дозиметри могат да намерят приложение при лечение на тумори, в атомните централи, в космоса, както и за актуалната дозиметрия на вредното за хората ултравиолетово лъчение, проникващо през изтъняващия озонов слой. (Ръководител: проф. дфн Диана Нешева)

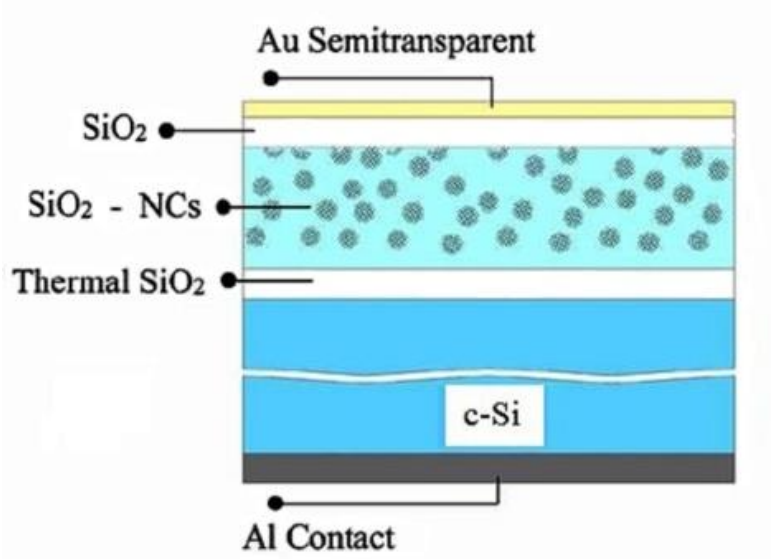


Схема на МОС структура с трислоен оксиден слой, съдържащ силициеви нанокристали, подходяща за дозиметри на ултравиолетово и йонизиращи лъчения.

3. МЕЖДУНАРОДНО НАУЧНО СЪТРУДНИЧЕСТВО НА ИНСТИТУТА ПО ФИЗИКА НА ТВЪРДОТО ТЯЛО ПРЕЗ 2015 Г.

Институтът по физика на твърдото тяло продължи да развива и през 2015 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. Целта на проекта е да се създадат условия за повишаване и консолидиране на натрупаните знания и опит в Института по физика на твърдото тяло, както и в други институти на БАН и във Физическия факултет на СУ "Св. Кл. Охридски" в областта на мултифункционалните структури и прибори.

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.

71 публикации от общо 112 излезли от печат публикации през 2015 г. са в съавторство с чуждестранни учени.

През 2015 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 2015 г. в ИФТТ беше работено общо по 21 проекта в рамките на традиционното вече междуакадемично сътрудничество между БАН и съответните научни организации в: Русия (1), Румъния (5), Полша (4), Сърбия (3), Белгия (2), 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). 3 от тези договори са финансирани от ФНИ: договор с Румъния (рък.: доц. М. Грозева), договор по програмата РИЛА за българо-френско сътрудничество (рък.: доц. Е. Димова) и договор с Германия (рък.: проф. Недко Иванов), а други 4 – от МОН: договор с Индия (рък.: доц. Й. Маринов), договор с Италия (рък.: доц. Е. Назърова, 3 912 лв.) и 2 договора с Македония (рък.: доц. А. Паскалева, 3150 лв.; рък.: доц. И. Бинева, 5000 лв.).

Продължена бе работата по 6 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). Учени от ИФТТ работят по договор от програмата Euratom (рък. доц. Е. Назърова, 29 463 лв.), договор с ОИЯИ-Дубна (рък.: проф. Д. Нешева) и в Европейска

мрежа по програмата Cost (рък.: акад. А. Г. Петров). Има 1 осъществена командировка, финансирана от програмата „Еразъм“.

През 2015 година сътрудници на Института са участвали в множество конференции и школи в чужбина, където са представили своите постижения в доклада и постера. В рамките на 38-те международни договора изпълнявани през отчетната година Институтът е бил посетен от 43 чуждестранни учени от 11 страни.

Най-значим международно финансирани проект на ИФТТ

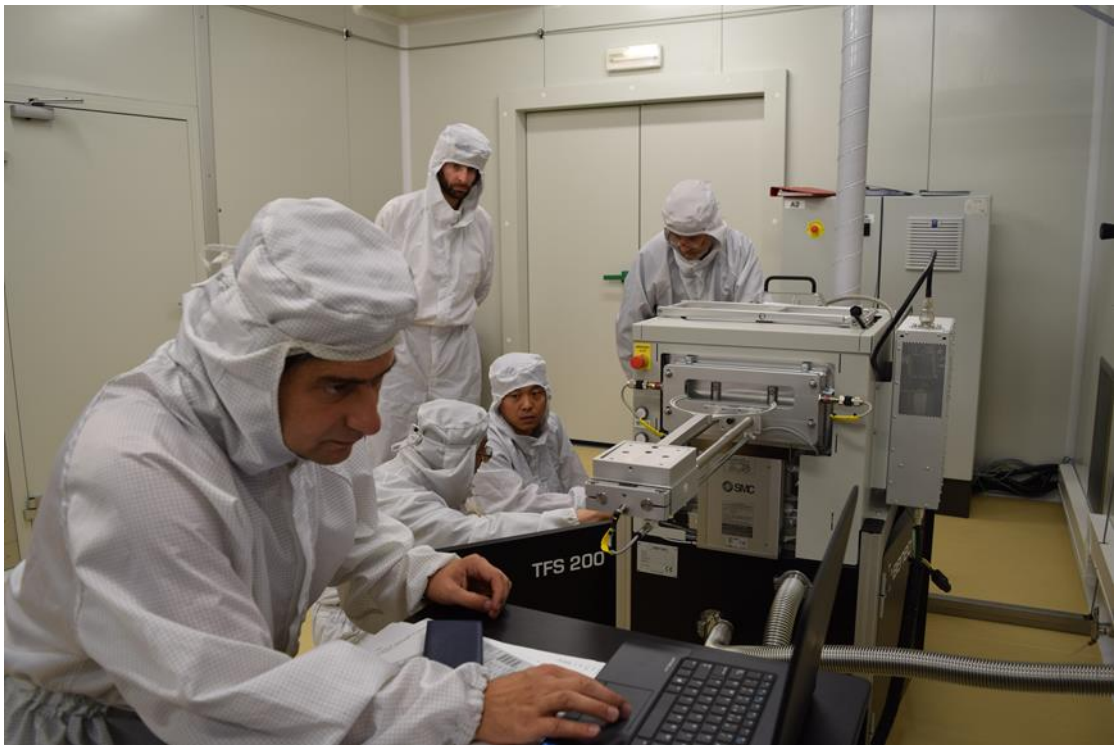
INERA – „Research and Innovation Capacity Strengthening of ISSP-BAS in Multifunctional Nanostructures” - координатор: акад. А.Г. Петров

Европейски конкурс REGPOT-2012-2013-1,

01.10.2013 г. – 31.03.2017 г.

Общт бюджет на проекта е 4 541 368 евро

В рамките на европейския проект INERA в Института по физика на твърдото тяло е доставено и инсталирано свръхмодерно оборудване: апаратура за отлагане на тънки слоеве (Beneq TFS 200), автоматичен спектрален елипсометър (M2000D, Woollam), компактен цитометър (Scepter 2,0), автоматизирана микрофлуидна система (CellASIC™ ONIX, Merck Millipore), електрохимична апаратура (SP-200, Bio-Logic), мембранна филтрираща система (MaxiMem, Prozesstechnik GmbH), апаратура за химическо отлага от газова фаза (Oxford Nanofab Plasmalab System 100) и фемтосекундна лазерна система (Spectra Physics).



4. УЧАСТИЕ НА ИНСТИТУТА ПО ФИЗИКА НА ТВЪРДОТО ТЯЛО В ПОДГОТОВКАТА НА СПЕЦИАЛИСТИ ПРЕЗ 2015 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 курсове, като обща физика в УАСГ, ВСУ "Л. Каравелов" и др., както и специализирани курсове, например по свръхпроводимост в ХТМУ. Редица учени от ИФТТ изнасят лекции по теоретична физика, физика на твърдото тяло, математични методи, биофизика в престижни университети в чужбина (Словения, Испания, Германия, Белгия и т.н.). Някои от тях са ръководители или консултанти на докторанти.

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. ИФТТ участва в Проект "Студентски практики", финансиран по ОП "Развитие на човешките ресурси", съфинансирана от Европейския социален фонд.

В изпълнение на Рамков договор за дългосрочно сътрудничество между Департамента по приложна физика на ТУ-София и ИФТТ е проведен шестдневен студентски стаж. Бяха изнесени лекции по Разработка на оптични покрития и технология за изработването им, Сканиращ сондов микроскоп, Наноразмерни полупроводници: нови свойства и приложения, Лазерите в нанотехнологиите, Лазерни методи за диагностика и реставрация на паметници на културното наследство. Студентите посетиха лаборатория по спектрална елипсометрия, лаборатория за изследване и обработка на материали, снабдена с фемтосекунден лазер, две лаборатории с технологична апаратура за вакуумно термично изпарение, лаборатория за изследване на електрични свойства на материали. Демонстрирана им е портативната система за LIBS анализ - за изследване на археологични артефакти.

През 2015 г. успешно са защитени 1 бакалавърска работа към СУ и 1 магистърска дипломна работа към ХТМУ. Служители от различни звена участват активно и при организиране на посещения на ученици и студенти в Института.

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. очакваме подновяване на акредитацията по програмата „Биофизика".

През 2015 г. в Института са се обучавали 9 редовни и 1 задочни докторанти и 5 на самостоятелна подготовка. Зачислени са 2 нови докторанти. Успешно са защитили дисертации: Албена Паскалева за научна степен "доктор на науките", Нина Колева, Ганка Камишева и Радостина Камбурова за образователната и научна степен "доктор".

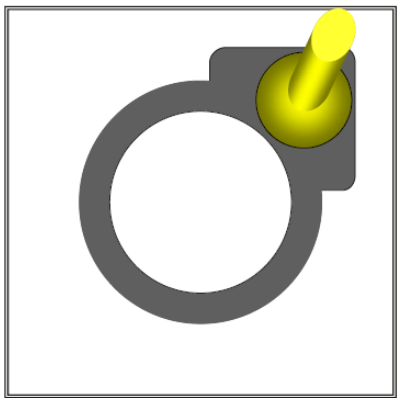
Огнян Съботинов провежда курс за обучение на лекари за работа с лазерни системи.

От 4 до 6 декември 2015 г. в творческия дом на БАН „Златни мостове" – Витоша се проведе XVIII-ят Зимен семинар „Интердисциплинарна физика" на докторантите и младите учени от институтите на комплекс 2 на БАН с председател А. Донков и научен секретар В. Стефлекова. В семинара участваха 26 души – лектори, докторанти, студенти и млади учени от институтите на БАН – ИФТТ, ИЯИЯЕ, ИБФБМИ, ИФХ и НИМХ. Бяха изнесени 9 лекции от поканени лектори и 11 доклада от докторанти. Отпечатана е книжка с програмата и абстрактите на лекциите и докладите.

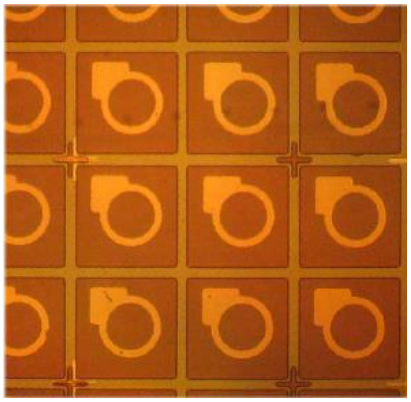
5. ИНОВАЦИОННА ДЕЙНОСТ НА ИНСТИТУТА ПО ФИЗИКА НА ТВЪРДОТО ТЯЛО И АНАЛИЗ НА НЕЙНАТА ЕФЕКТИВНОСТ ПРЕЗ 2015 Г.

5.1 Осъществяване на съвместна иновационна дейност с външни организации и партньори

През настоящата година продължава усвояването съвместно с Иновационния отдел на ИФТТ на технологичния цикъл на свето- и фото-диод на базата на GaSb и InAs като сензорни структури в инфрачервената област по договор SMT – 1/2015 с фирма Microsensor Technology LLC, Русия. Установени и оптимизирани са структурата и технологичните операции на сензорите и е изготвен комплект фотомаски. Усвоени и оптимизирани са процесите: шлайфане и полиране на пластините; отлагане на слоеве Cr, Au и Ni и установяване на необходимата им дебелина; процеса lift-off при структуриране на слоевете; отгряване във H_2 за получаване на добър контакт към полупроводника; покриване със злато на отражателните елементи, към които се монтират чиповете. При всяка технологична стъпка е провеждан контрол на повърхността и дебелината на слоевете със снимки и профиломер.



Единичен чип с монтиран към контакта проводник



Част от пластина с метални контакти и пътечки за отделяне на чип

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 11, като за два патента заявките са подадени през 2015 г.

Огнян Съботинов участва в международна научна мрежа съвместно с южнокорейската фирма Bison Medical Co за разработване на урологичен лазер за изпарение на простата.

6. СТОПАНСКА ДЕЙНОСТ НА ИНСТИТУТА ПО ФИЗИКА НА ТВЪРДОТО ТЯЛО ПРЕЗ 2015 Г.

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

- Приходи от продажба на течен азот на външни потребители, реализирани от дейността на Лаборатория НТФ за 2015 г. – **5 836.40 лв.**

- Приходи от експертна дейност на Центъра за изследване на физични свойства на материали, повърхности и структури: - **19 500 лв.**

6.2. Отдаване под наем на помещения и материална база

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

1. “Акс Каффа” ЕООД
2. “АПЛАЙ” ЕООД
3. “АРМЕКС - Ко” ООД
4. “БУЛРЕНТАЛ” ЕООД
5. “БУЛПОД” ООД
6. “ГИТАВА” ООД
7. “ДЕКОРПЛАСТ” ООД
8. Деян Пламенов
9. “ДИНО АРТ” ЕТ
10. “ДЖИ БИ ЕЛЕКТРИК” ООД
11. “ИВЕМ” ЕТ
12. ЕТ “Илиян Антов 777”
13. “Михаил Янков” ЕТ
14. Никола Байнов
15. “НИК ТРЕЙД 12” ЕООД
16. Преслав Валентинов Панчев
17. “ПУЛСЛАЙТ” ООД
18. “ПиСихаос” ЕООД
19. Радослав Сашев Иванов
20. “СКАЙ ПРИНТ” ООД
21. Стоян Нешев
22. “ЧЕНТИ СПОРТ” ООД

Сключени бяха нови договори, както следва:

23. ЗОРНИЦА Б.Т.-94 ЕООД
24. Теодор Станоев
25. БФМ ЕООД
26. ЕПО ЛУКС ООД
27. МИКРОТЕХ БГ ЕООД
28. АПЛАЙ ЕООД
29. МИЛЕВИ КЪМПАНИ ЕООД. (01.10.2015 – 31.10.2015г.)

- **2 118 лв. – републикански бюджет**
- **2 118 лв. - резерв**
- **28 245 лв. - ДДС**
- **68 494 лв. - ЦУ - БАН**
- **68 494 лв. - ИФТТ**

В бъдеще възможностите за отдаване под наем са свързани с оптимизация на помещенията, както и с терени за рекламни табла.

6.3. Друга стопанска дейност

няма

7. КРАТЪК АНАЛИЗ НА ФИНАНСОВОТО СЪСТОЯНИЕ НА ИНСТИТУТА ПО ФИЗИКА НА ТВЪРДОТО ТЯЛО ЗА 2015 Г.

Институтът се финансира от бюджета и със собствени средства. **Приходите са 5 552 104** лв., в т.ч. бюджетната субсидия е **1 958 986 лв. собствени средства 174 196лв. дог.7РП Counterfog INERA CareRAMM трансфери БАН ЦУ и ИЯИЯЕ 64 625 лв. трансфери МОН - съфинансиране 643 098 лв. МОН други трансфери - 14 302 лв. МИЕ-1 093 352лв.**

Разходите са 6 907 858 лв. както следва:

01 Заплати	**- 1 843 302 лв.**
02 Други възнаграждения	**- 1 182 068 лв.**
10 Издръжка /НИР охрана,командировки, раб.облекло, м-ли, външни у-ги, тек. ремонти, вода, парно, телефони, ел. е-я/	**- 1 065 501 лв.**
40 Стипендии	**- 34 650 лв.**
51 Основен ремонт	**- 225 581 лв.**
52 Придобиване на ДМА	**- 2 556 756 лв.**

Списъчният състав на Института е от **183 щатни бройки и шест редовни докторанти към 31 декември 2015 г.**

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 **68 945лв.**

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 2015 Г.

През 2015 г., за пореден път ИФТТ издаде във вид на книжка годишния отчет на Института на английски език (Annual Research Report 2014), което е много полезно при запознаване на чужди институции и колеги с дейността на Института.

През 2015 г. продължи осъвременяването на WEB сайта на Института. Събрани бяха данни за да се създадат профили на всички научни групи. Бяха предоставени пространства на институтския WEB-сървър за техните страници. Започнато бе изграждането с помощта на външен изпълнител на интерфейс за администрацията на ИФТТ за осъвременяване и добавяне на информация на сайта на ИФТТ.

За структурата на локалната мрежа, продължи изграждане на кабелни трасета и отстраняване на повреди по вече съществуващи такива. Започнато бе обособяване на самостоятелно звено към ЦУ на БАН, което да отговаря и да стопанисва общата комуникационна инфраструктура на научен комплекс 2, за което бе оказано пълно съдействие от страна на ИФТТ. Започна възстановяването на оптичната връзка към сградата „Азотна“ чиято оптика преминава през ИЕ. Във връзка с назначаването на нови сътрудници по проекта ИНЕРА се наложи закупуване и подготовка на нови компютри за тях и за закупената техника, както и присъединяването им към мрежата на ИФТТ, в това число е и изграждане на връзка и присъединяване на новоизградената бяла стая по проект ИНЕРА към интернет.

Както до сега и занапред осигурените мрежови услуги са: електронна поща с ефективни анти-вирусна и анти-спам защита, уеб сървър, споделено дисково пространство, прокси-сървър и връзка с Интернет. Поддържа се необходимата инфраструктура (DHCP сървър, DNS сървър). Осигурена е постоянна наличност на мрежови консумативи – кабел, конектори и др.

ВРЪЗКИ С ОБЩЕСТВЕНОСТТА

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 БАН. Те са качени на сайта на БАН в рубриката Академични новини; като част от тях са препечатани в Информационния бюлетин на Академията.

Голяма част от научната дейност на ИФТТ предизвика медиен интерес и тя бе отразена в **48 материала**, като от тях: **2 са в списания** („Обекти“ и „Знание“); **8 са в национални вестници** (4 статии във в-к „Аз буки“ и 4 съобщения, съответно във в-к „Стандарт“ „24 часа“, „Труд“ и „Строител“), **2** в БНР и **1** в местна тел. „Дартс“; останали те са електронните медии, сред които са focus-news; frognews.bg; bgdnes; cross: nauka.

През 2015 г. медийното внимание бе фокусирано върху Нанотехнологичния център към ИФТТ и неговото откриване (21 медийни съобщения) и дейността на Института, посветена на Международната година на светлината и на светлинните технологии, която включва организираните Международна конференция „Светлината в нанонауката и нанотехнологията“ (LNN 2015) и семинар “Взаимодействие на лазерите и плазмата с материалите“ (L&PMI) и интервюта на учени (15 медийни съобщения).

Освен това по проекта ИНЕРА бяха направени 29 платените съобщения.

9. ИНФОРМАЦИЯ ЗА НАУЧНИЯ СЪВЕТ НА ИНСТИТУТА ПО ФИЗИКА НА ТВЪРДОТО ТЯЛО ПРЕЗ 2015 г.

9.1. Списъчен състав на Научния съвет на ИФТТ

№	звание	степен	Име, презиме, фамилия	
1.	Акад.	дфн	Александър Георгиев ПЕТРОВ	ИФТТ
2.	Акад.	дфн	Никола Василев СЪБОТИНОВ	ИФТТ
3.	Проф.	дфн	Кирил Борисов БЛАГОЕВ	ИФТТ
4.	Проф.	дфн	Николай Стойчев ТОНЧЕВ	ИФТТ
5.	Проф.	дфн	Минко Първанов ПЕТРОВ	ИФТТ
6.	Проф.	дфн	Светослав Рашев СЛАВОВ	ИФТТ
7.	Проф.	дфн	Марин Мирчев ГОСПОДИНОВ	ИФТТ
8.	Проф.	дфн	Изак Маир БИВАС	ИФТТ
9.	Проф.	дфн	Хассан ШАМАТИ	ИФТТ
10.	Проф.	дфн	Дианка Димитрова НЕШЕВА-СЛАВОВА	ИФТТ
11.	Доц.	д-р	Марина Тодорова ПРИМАТАРОВА.	ИФТТ
12.	Доц.	д-р	Маргарита Георгиева ГРОЗЕВА	ИФТТ
13.	Доц.	д-р	Теодор Иванов МИЛЕНОВ	ИЕ
14.	Доц.	д-р	Виктория Виткова ВИТКОВА	ИФТТ
15.	Доц.	д-р	Огнян Динев ИВАНОВ	ИФТТ
16.	Доц.	д-р	Петър Методиев РАФАИЛОВ	ИФТТ
17.	Доц.	д-р	Емил Стефанов ВЛАХОВ	ИФТТ
18.	Доц.	дфн	Албена Паскалева ДОНЧЕВА	ИФТТ
19.	Доц.	д-р	Екатерина Иванова РАДЕВА	ИФТТ
20.	Доц.	д-р	Анна Мария СЕКЕРЕШ	ИФТТ
21.	Доц.	д-р	Валентин Иванов МИХАЙЛОВ	ИФТТ
22.	Доц.	д-р	Емилия Стоянова ДИМОВА	ИФТТ
23.	Доц.	д-р	Димо Николов АСТАДЖОВ	ИФТТ
24.	Доц.	д-р	Красимир Ангелов ТЕМЕЛКОВ	ИФТТ
25.	Проф.	д-р	Димитър Атанасов ДИМИТРОВ	ВСУ-София

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 08.02.2012 г. и 14.02.2012 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

Регламент: 5 минути за презентация и 5 минути за дискусия
Начало: 10.30 часа, зала 300
14 януари 2016 г.

КОНКУРС ЗА НАЙ-ВАЖНИ И ЯРКИ НАУЧНИ И НАУЧНО-ПРИЛОЖНИ ПОСТИЖЕНИЯ В ИФТТ за 2015 г.

I. Най-важни и ярки научни постижения

1. *Направление**: НИСКОТЕМПЕРАТУРНА ФИЗИКА***

Е. Назърова, К. Бучков, Н. Балчев, А. Захариев, С. Терзиева, Д. Ковачева

ИЗСЛЕДВАНЕ НА ЖЕЛЯЗО БАЗИРАНИ СВРЪХПРОВОДНИЦИ

---

2. *Направление**: ФИЗИЧЕСКА ОПТИКА И ОПТИЧНИ МЕТОДИ***

Светослав Рашев и Дейвид Моул

ПОЛУЧАВАНЕ НА НОВИ ДАННИ ЗА ВИБРАЦИОННАТА СТРУКТУРА И ВИБРАЦИОННО-РЕЛАКСАЦИОННИТЕ ПРОЦЕСИ НА МНОГОАТОМНИ МОЛЕКУЛИ ПРИ МНОГО ВИСОКИ ЕНЕРГИИ НА ВЪЗБУЖДАНЕ

---

3. *Направление**: ЛАЗЕРНА ФИЗИКА И ФИЗИКА НА АТОМИТЕ, МОЛЕКУЛИТЕ И ПЛАЗМАТА***

B. T. Torosov, E. S. Kyoseva, and N. V. Vitanov

КОРЕКЦИЯ НА СИСТЕМАТИЧНИ ГРЕШКИ ЧРЕЗ КОМПОЗИТНИ ИМПУЛСИ

II. Най-важни и ярки научно-приложни постижения

1. *Направление**: ФИЗИКА НА МАТЕРИАЛИТЕ***

E. Pecheva, R.L. Sammons, A.D. Walmsley

THE PERFORMANCE CHARACTERISTICS OF A PIEZOELECTRIC ULTRASONIC DENTAL SCALER

---

2. *Направление**: НАНОФИЗИКА***

Д. Нешева, Е. Манолов, В. Джурков, И. Бинева
N. Nedev, M. Curiel, A. Arias, D. Mateos, B. Valdez, R. Herrera

ПРИЛОЖЕНИЕ НА МЕТАЛ-ОКСИД-СИЛИЦИЙ СТРУКТУРИ СЪДЪРЖАЩИ СИЛИЦИЕВИ НАНОКРИСТАЛИ ЗА ДЕТЕКЦИЯ И ДОЗИМЕТРИЯ НА ЛЪЧЕНИЯ

---

3. *Направление**: МИКРО– И АКУСТОЕЛЕКТРОНИКА***

А.Паскалева, М. Ромел, А. Хуцлер, Д. Спасов, А. Бауер

МОДЕЛИРАНЕ ЕЛЕКТРИЧЕСКИТЕ СВОЙСТВА НА PE-ALD HFO_2 ЧРЕЗ ЛЕГИРАНЕ С Al ЗА ПРИЛОЖЕНИЕ В НАНОЕЛЕКТРОННИ ПРИБОРИ

---

4. *Направление**: ФИЗИКА НА МЕКАТА МАТЕРИЯ***

Йордан Маринов, Лидия Тодорова, Александър Г. Петров

НОВ МЕТОД ЗА ИЗСЛЕДВАНЕ НА НАНОСТРУКТУРИРАНИ НЕМАТИЧНИ ТЕЧНИ КРИСТАЛИ: ФЛЕКСО-ДИЕЛЕКТРО-ОПТИЧНА СПЕКТРОСКОПИЯ

---

5. *Направление**: ЛАЗЕРНА ФИЗИКА И ФИЗИКА НА АТОМИТЕ, МОЛЕКУЛИТЕ И ПЛАЗМАТА***

А. А. Кудрявцев, М. С. Стефанова и П. М. Праматаров

ИЗПОЛЗВАНЕ НА НЕЛОКАЛНА МИКРОПЛАЗМА ЗА ОТКРИВАНЕ НА АТОМНИ И МОЛЕКУЛНИ ГАЗОВИ ПРИМЕСИ ЧРЕЗ МЕТОДА НА УДАРНА ЕЛЕКТРОННА СПЕКТРОСКОПИЯ

2015_I-1

Изследване на желязо базирани свръхпроводници

Е. Назърова, К. Бучков, Н. Балчев, А. Захариев, С. Терзиева, Д. Ковачева (ИОНХ)
и с участието на колеги от Италия и Германия

1. E. Nazarova, K. Buchkov, S. Terzieva, K. Nenkov, A. Zahariev, D. Kovacheva, N. Balchev and G. Fuchs, "The effect of Ag addition on the superconducting properties of the FeSe system", Journal of Superconductivity and Novel Magnetism, v.28 (**2015**) 1135 (IF=0.930), arXiv:1401.6296

2. E. Nazarova, N. Balchev, K. Nenkov, K. Buchkov, D. Kovacheva, A. Zahariev, G. Fuchs, "Transport and pinning properties of Ag-doped FeSe0.94", Supercond. Sci. Technol. 28 (**2015**) 025013 (IF=2.235), arXiv:1407.8472

3. K. Buchkov, M. Polichetti, K. Nenkov, E. Nazarova, D. Mancusi, N. Balchev, D. Kovacheva, A. Zahariev, S. Pace, "Vortex dynamics of $Fe_{1.02}Se$ crystals by fundamental and 3-rd harmonic AC magnetic susceptibility analysis ", Supercond. Sci. Technol. 28 (**2015**) 035009 (IF=2.235)

4. A Galluzzi, M Polichetti, K Buchkov**,** E Nazarova**,** D Mancusi and S Pace, "Evaluation of the intragrain critical current density in a multidomain FeSe crystal by means of DC magnetic measurements", Supercond. Sci. Technol. 28 (**2015**) 115005 (IF=2.235)

5. A. Leo, G. Grimaldi, A. Guarino, F. Avitabile, A. Nigro, A. Galluzzi, D. Mancusi, M. Polichetti, S. Pace, K. Buchkov, E. Nazarova, S. Kawale, E. Bellingeri, C. Ferdeghini, "Vortex pinning properties in Fe-chalcogenides", Supercond. Sci. Technol. 28 (**2015**) 125001 (IF=2.235)

6. E. Nazarova, N. Balchev, K. Nenkov, K. Buchkov, D. Kovacheva, A. Zahariev, G. Fuchs, "Improvement of the superconducting properties of polycrystalline FeSe by silver addition", Supercond. Sci. Technol. 28 (**2015**) 125013 (IF=2.235) arXiv:1510.02003

Предложен е цикъл от 6 публикации посветени на изследването на откритите през 2008 г желязо базирани свръхпроводници. Изследвани са кристали и поликристални образци от FeSe (чисти и с добавка на сребро). Установено е, че среброто присъства в 3 различни форми: между границите на зърната, в елементарната клетка на кристалната решетка и като примесна фаза Ag_2Se. Добавката на сребро подобрява редица параметри на материала (критичната температура, магнитосъпротивлението, енергията на пининг и второто критично магнитно поле) като прави някои от тях сравними с тези на монокристалите. То подтиска формирането на не свръхпроводимата хексагонална фаза, предизвиква намаляване на ширината на свръхпроводимия преход и премества линията на необратимост към по-високи стойности на температури и магнитни полета. Установено е, че добавката на сребро нарушава баланса на носителите (електрони и дупки) в този многозонен свръхпроводник и това е вероятната причина за нарастване на магнитосъпротивлението.

Получени са плочковидни $Fe_{1.02}Se$ кристали (~6-8 mm^2) по флукс метода. Те имат доменна структура обусловена от едновременното израстване на две фази: тетрагонална (~82%) свръхпроводима и хексагонална, феромагнитна, което рефлектира много силно върху свойствата им. Със серия променливотокови (AC) и постояннотокови (DC) магнитни и електрични измервания са определени основните свръхпроводими параметри на кристалите – второ критично магнитно поле, линия на необратимост, анизотропия. AC

магнитеният отклик е анализиран, като е използвана фундаменталната и третата хармоника на АС магнитната възприемчивост. Последната е по-чувствителна към промените на флуксоидната динамика: критично състояние, прехода флуксоидно "стъкло/течност", както и при регистриране на геометричен бариер. Чрез DC магнитни измервания е определен критичния ток и силата на пининг и тяхната зависимост от температурата и магнитното поле. Доменната структура на кристалите обуславя формирането на S-N-S (свръхпроводник-нормален метал-свръхпроводник) Джозефсонови преходи, през които преминава свръхпроводимия ток. Идентифицирани са и вихрови лавини, което е индикация, че сложната морфология на кристалите променя и топологията на пининга.
Високите стойности на енергията на пининг, второто критично магнитно поле и високата степен на изотропност определят желязо-базираните свръхпроводници като материали, които могат да бъдат реални конкуренти на купратите за приложения при силни магнитни полета.

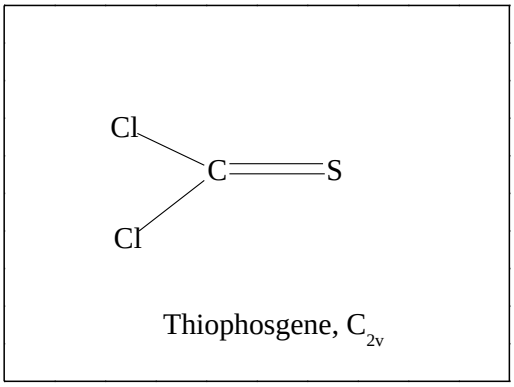
2015_I-2

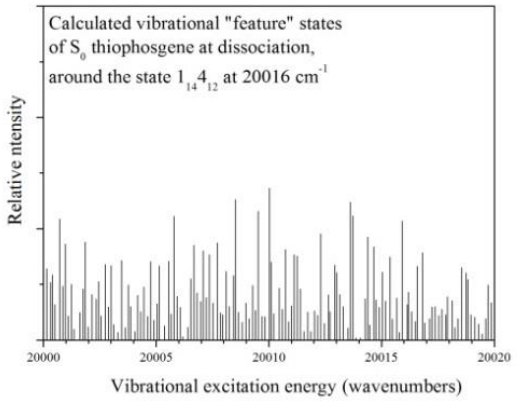
Получаване на нови данни за вибрационната структура и вибрационно-релаксационните процеси на многоатомни молекули при много високи енергии на възбуждане

Автори: Светослав Рашев и Дейвид Моул.

Ръководител на разработката: Светослав Рашев

Разработеният от нас в последните години оригинален теоретичен апарат и компютърен код за пресмятане на вибрационната структура на многоатомни молекули, е допълнително усъвършенстван и приложен за провеждане на изчисления и изследвания върху вибрационната структура и вибрационната релаксация на 4-атомната молекула на тиофозгена Cl_2CS, при много високи енергии на вибрационно възбуждане, в областта на дисоциация. За тази цел потенциалната повърхност на основното електронно състояние беше първоначално пресметната използвайки *ab initio* квантово-химични методи, в последствие оптимизирана за да дава добро описание на вибрационните честоти на молекулата и накрая модифицирана и усъвършенствана за да опише правилно много високо възбудената област, където протича дисоциация. С помощта на нашия теоретичен метод са пресметнати спектри и е изяснена вибрационната структура и характера на вибрационно смесване в тази важна за химията и физиката спектрална област. Приложени са редица статистически методи за извличане на допълнителна информация от получените спектри. Основното заключение се състои в това, че в тази област на много висока вибрационна плътност, съществуват значителен брой изолирани вибрационни състояния, които могат да бъдат възбуждани селективно и да доведат до протичането на селективни вътрешномолекулни процеси. Теоретичните резултати са сравнени и е намерено добро съответствие с експерименталните спектроскопични измервания на други автори.





1. S. Rashev and D. C. Moule, Spectrochim. Acta A: Mol. Biomol. Spectroscopy **140**, p.305-310 (2015), "A Refined Quartic Potential Energy Surface and large scale vibrational calculations for S_0 Thiophosgene." (IF 2.129).

2. S. Rashev and D. C. Moule, J. Theor. & Comput. Chemistry (2016), accepted, "Large scale vibrational calculations on IVR in S_0 thiophosgene." (IF 0.515).

2015_I-3

Корекция на систематични грешки чрез композитни импулси

B. T. Torosov, E. S. Kyoseva, and N. V. Vitanov

Разработени са нови типове композитни импулси (ултра-широкоспектърни и ултра-тясноспектърни), позволяващи още по-добър контрол на профила на възбуждане, в сравнение с досега познатите техники, използващи предимно нулиране на производни. За целта се задава предварително допустимата грешка в профила и се използва числена оптимизация.

Също така е създаден нов теоретичен метод за реализация на Хаусхолдеровата операция, отново използвайки композитни импулси. При този подход, трансформацията на Хаусхолдер не страда от обичайните експериментални неточности и това би позволило тя да се използва за устойчиви квантови гейтове и навигация в Хилбертовото пространство.

- B. T. Torosov, E. S. Kyoseva, and N. V. Vitanov, *Composite pulses for ultrabroad-band and ultranarrow-band excitation,* Phys. Rev. A **92**, 033406 (2015)

  IF: 2.808
- B. T. Torosov, E. S. Kyoseva, and N. V. Vitanov, *Fault-tolerant composite Householder reflection,* J. Phys. B: At. Mol. Opt. Phys. **48**, 135502 (2015)

  IF: 1.975

2015_II-1

The performance characteristics of a piezoelectric ultrasonic dental scaler

E. Pecheva, R.L. Sammons, A.D. Walmsley

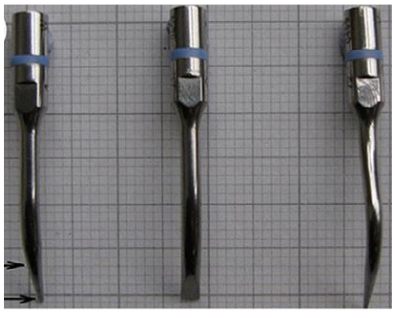
В тази работа е изследван подробно работният режим и по-точно вибрациите на ултразвуков стоматологичен апарат, служещ за почистване на зъбния камък и плака, използвайки методиката сканираща лазерна виброметрия (СЛВ). СЛВ дава информация за амплитудата на отклонение и честотата на вибриращото борче, които са свързани с нормалната работа на апаратът и с почистващия му ефект.

Три стандартни стоматологични борчета (Фиг. 1) бяха изследвани, използвайки различни мощности на апарата и при следните условия: вибриращи във въздух, във воден обем, във водна струя (течаща около борчето за охлаждането му) и натоварени с тегло от 10 до 100 гр. Последните два случая отговарят на клиничните условия, при които работят ултразвуковите стоматологични апарати. Намерено беше, че вибрациите на борчетата зависят предимно от формата и дизайнът им, както и от подаваната мощност. Тънки борчета и висока мощност предизвикват най-големи осцилации. Водната струя, течаща около борчетата и натоварванията намаляват вибрациите им, докато водният обем ги стимулира.

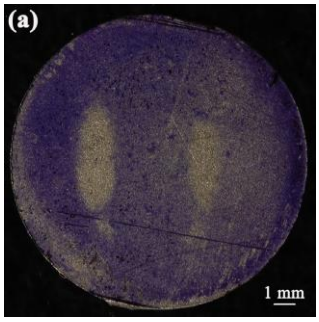
След като поведението на ултразвуковият стоматологичен апарат, работещ с трите борчета беше изучено, той беше използван за почистване на ин-витро модел на зъбната плака, израстнат с оралната бактерия *Streptococcus Mutans*. Специфичното в експеримента ни беше, че механичният контакт със зъба, използван в клиниките за почистване на плаката беше избегнат. Беше използвана ударната вълна, образуваща се при спукването на кавитационни мехурчета, които възникват във водната струя, течаща около борчето докато то вибрира. Ефекта на кавитация е известен с разрушаваща си сила, но досега не е използван за разбиване на зъбна плака. Беше намерено, че и трите борчета, разположени на разстояние 0.5 мм от подложката със зъбната плака имат почистващ ефект, като най-ефективно е тънкото борче (Фиг. 2).

Значение на резултатите, получени в тази работа:

1. Данните от СЛВ са необходими на специалистите по стоматология, за да подобрят своята техника при ежедневното рутинно почистване на зъбната плака и камък. Например, намаляването на вибрациите на борчетата би могло да означава, че те са износени (дължината на металното борче е скъсена) и следователно те не трябва да се използват, защото поведението на износено борче е непредвидимо и може да доведе до нараняване на пациента. Също така пром яната на честотата на осцилации на борчетата означава, че апаратът не работи нормално и не би следвало да се използва.



Фиг. 1. Дизайн на стоматологичните борчета, използвани в експеримента.



Фиг. 2. Титаниев диск с ин-витро плака. Овалните области са почистената с едно от борчетата плака.

2. Възможността да се използва кавитацията за почистване на зъбната плака и камък означава по-голям комфорт за пациента поради липсата на болка, вибрации и звук, възникващи при механичният контакт на вибриращото борче със зъба.

E. Pecheva, R.L. Sammons, A.D. Walmsley, Medical Engineering and Physics, http://dx.doi.org/10.1016/j.medengphy.2015.10.008

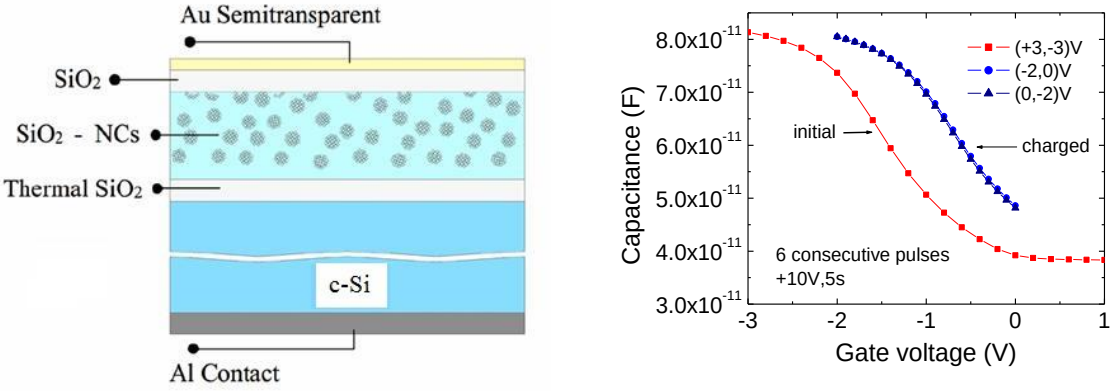
2015_II-2

Приложение на метал-оксид-силиций структури съдържащи силициеви нанокристали за детекция и дозиметрия на лъчения

Колектив: от ИФТТ – Д. Нешева - ръководител, Е. Манолов, В. Джурков, И. Бинева

от Мексико - N. Nedev, M. Curiel, A. Arias, D. Mateos, B. Valdez, R. Herrera

Предложено е използване на метал-силициев оксид-силиций (МОС) структири, съдържащи Si нанокристали, за детектори и дозиметри, които могат да намерят приложение в медицината при лечение на тумори, за персонални дозиметри в атомните централи и в космоса, а също и за все по-актуалната детекция и дозиметрия на вредното за хората ултравиолетово лъчение, проникващо през изтъняващия озонов слой. Изготвени са МОС структури с многослоен оксиден слой, включващ различни по брой и състав слоеве. Един от тези слоеве съдържа силициеви нанокристали, които се израстват с високотемпературно отгряване в инертна среда. *Нов елемент* в изготвянето на структурите е отпадането на вакуумната техника, прилагана от други автори за отлагане на най-горния слой от силициев диоксид; при нас той се формира в процеса на израстване на нанокристалите. За детектиране и дозиметрия на гама лъчение и светлина от близката ултравиолетова област *ние предложихме нов подход* на предварително зареждане на нанокристалите, което създава много бавно намаляващо вътрешно електрично поле и променя позицията на волт-капацитивната (C-V) характеристика на структурата. При облъчване в оксидната матрица на слоя с нанокристали се генерират зарядови носители, нанокристалите постепено се разреждат и C-V характеристиката се връща към положението си преди зареждане.



(а) (б)

Схема на МОС структура с трислоен оксиден слой, съдържащ силициеви нанокристали (а) и промяна в позицията на C-V характеристиката на p-MOS структура при зареждане на нанокристалите с 6 последователни електрически импулса с амплитуда 10 волта и продължителност 5 секунди (б).

При подходяща калибровка степента на разреждане на нанокристалите определя погълнатата доза. Предимство на този подход спрямо сега съществуващите МОС дозиметри е удобството да не се прилага електрично поле по време на облъчване. МОС структурите с нанокристали са с по-висока радиационна устойчивост, надеждни, бързи, съвместими са със съвременните микроелектронни технологии и позволяват по-натъшна миниатюризация.

Публикации:

1. Herrera, R., Curiel, M., Arias, A., Nesheva, D**.**, Nedev, N., Manolov, E**.,** Dzhurkov, V., Perez, O., Valdez, B., Mateos, D., Bineva, I**.,** de la Cruz, W., Contreras, O. Structural, compositional and electrical characterization of Si-rich SiOx layers suitable for application in light sensors, **Materials Science in Semiconductor Processing, 37, 229 – 234 (2015). IF:1.955**
2. Nesheva D**.,** Nedev N., Curiel M., Dzhurkov V., Arias A., Manolov E**.,** Mateos D., Valdez B**.,** Bineva I**.,** Herrera R.. Application of Metal-Oxide-Semiconductor structures containing silicon nanocrystals in radiation dosimetry, **Open Physics, 13, 63 – 71 (2015). IF:1.085**
3. Arias, A., Nedev, N., Nesheva, D**.**, Curiel, M., Manolov, E**.,** Mateos, D., Dzurkov, V., Valdez, B., Contreras, O., Herrera, R., Bineva, I**.,** Siqueiros, J. M.. UV Dosimeters Based on Metal-Oxide-Semiconductor Structures Containing Si Nanocrystals. **Sensor Letters, 13, 561 – 564 (2015). IF:0.55**

2015_II-3

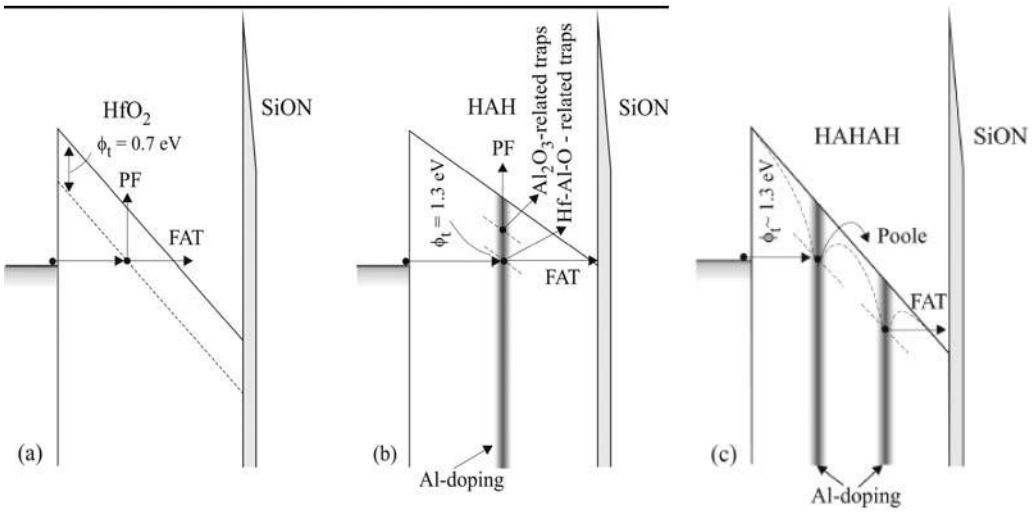
Моделиране електрическите свойства на PE-ALD HfO2 чрез легиране с Al за приложение в наноелектронни прибори

А.Паскалева, М. Ромел, А. Хуцлер, Д. Спасов, А. Бауер

ИФТТ, БАН; Фраунхофер Институт, Ерланген, Германия

Непрекъснатият прогрес и все по-мащабното навлизане на продуктите на микро-(нано-) електрониката (компютри, мобилни телефони, автоматизирани устройства от всякакъв вид, FLASH памети и пр.) във всички сфери на живота доведоха размерите на микроелектронните елементи до техните фундаментални физически граници, което наложи замяна на конвенционално използвания SiO2 с диелектрици с по-голяма диелектрична константа (high-k диелектрици). За да се удовлетворят различните изисквания към функционирането на различните устройства се налага използването на различни high-k диелектрици. В представената работа са изследвани диелектричните и електрични свойства на легирани с Al, HfO2 слоеве, отложени чрез плазмено подпомогнато отлагане на монослоеве (PE-ALD) в зависимост от дебелината и количеството на легиращия елемент. Показано е, че легирането с Al има два ефекта върху плътността на електрически активните уловки в слоевете – 1) то намалява плътността на кислородните ваканции в HfO2 (0.7 eV) (Фиг. 1a); и 2) въвежда дълбоки уловки (1.3 eV), които могат да захващат и освобождават електрони обратимо, т.е. те могат да бъдат използвани за съхранение на заряд (Фиг. 1b,c). Тези резултатите са от изключителна важност, тъй като показват, че чрез внимателно оптимизиране

количеството на легиращия елемент е възможно да се модифицират свойствата на high-k диелектрици с цел удовлетворяване изискванията на дадено наноелектронно приложение (напр., слоеве с много ниска плътност на уловките за приложение в логически схеми (микропроцесори, ИС за мобилни устройства, изискващи ниска консумация), или слоеве с висока плътност на дълбоки уловки за приложение венерго-независими флаш памети.



Резултатите от това изследване са публикувани в: ACS Applied Materials and Interfaces 7 (2015) 17032-17043, IF=6.723

2015_II-4

Нов метод за изследване на наноструктурирани нематични течни кристали: флексо-диелектро-оптична спектроскопия

Йордан Маринов, Лидия Тодорова, Александър Г. Петров

Ръководител на разработката: доц. д-р Йордан Г. Маринов

Методът на флексо-диелектричната-спектроскопия беше разработен първоначално за изследване на спектри получени от линейния и квадратичния електро-оптичен отклик на непрекъснати нематични течнокристални (ТК) филми, като функция на честотата на приложеното електрично поле в нискочестотния обхват от 0.1 до 1000 Hz. Впоследствие той беше приложен за изследване на пространствено ограничени (в микрометричната област) полимернодиспергирани течнокристални системи. В представената работа е изследвана наноструктурирана течнокристална система – тънък филм (25 μm), състоящ се от хидрофилни силициеви наночастици (aerosil nanoparticles A300), диспергирани в течния кристал 4′-heptyl-4-biphenylcarbonitrile (7CB). Методът използва регистрация на 1-ва и 2-ра хармонични на преминала лазерна светлина през течнокристален слой, подложен на променливо електрично поле, посредством фазово-

чувствителен lock-in усилвател. Получени са спектри за различни температури на нематичната фаза. Те съдържат информация за течнокристалния безпорядък, внесен от наночастиците в наноразмерната околност на отделните частици. Резултатите са интерпретирани посредством модел съставен от две подсистеми. Чрез сравнение с динамиката на прехода на Фредерикс е направена оценка на размерите на обемните и наноструираните домени. Охарактеризираните с тази методика ТК нанокомпозити могат да представляват интерес за оптични приложения като разсейващи модулиращи устройства и дисплеи.

Публикация:

Flexo-Dielectro-Optical Spectroscopy as a Method of Studying Nanostructured Nematic Liquid Crystals, M. Vijay Kumar, S. Krishna Prasad, Y. Marinov, L. Todorova, A. G. Petrov, *Mol. Cryst. Liq. Cryst.* **610**, issue 1, 51-62 (2015)

2015_II-5

Използване на нелокална микроплазма за откриване на атомни и молекулни газови примеси чрез метода на ударна електронна спектроскопия

Ръководител: М. С. Стефанова, Лаборатория по Атомна Спектроскопия, ИФТТ

Методът на Ударна Електронна спектроскопия, който полага основите на ново направление в аналитичната детекция на газови замърсявания при високи налягания е експериментално потвърден. Осъществена е детекция и идентификация на атомни и молекулни примеси от 0.2 % Ar, 0.6% Kr, 0.1% N_2, и 0.05% CO_2 в основен газ хелий при налягания 50 -250 Тор и на атоми на метален образец от Pt в основен газ Ar при средни налягания. Идентификацията на анализираните частици е осъществена анализирайки измерената високоенергетична част на Функцията на Разпределение на Електроните по Енергии, където се появяват максимуми в резултат на родените бързи електрони при Пенингова йонизация на примесните частици с метастабилните атоми на основния газ. Резултатите от изследванията представляват важен етап в създаването на нов миниатюрен газов детектор за химичен анализ.

1. Използване на нелокална хелиева микроплазма за откриване на газови примеси чрез метода на ударна електронна спектроскопия, А. А. Кудрявцев, М. С. Стефанова и П. М. Праматаров, **Phys. Plasmas 22,** 103513 (2015), IF 2.142
2. Използване на постояннотоков аргонов микроразряд с нелокална плазма за идентификация на метални образци, А. А. Кудрявцев, М. С. Стефанова и П. М. Праматаров, **J. Appl. Phys. 117**, 133303 (2015). IF 2.183
3. Измерване на електронна температура в микроплазмени детектори в хелий при високи налягания с използване на пристенна сонда, А. И. Сайфутдинов, С. С. Сисоев, А. А. Кудрявцев, П. М. Праматаров и М. С. Стефанова, *Contributed papers, **VIII International Conference Plasma Physics and Plasma Technology (PPPT-8),** Minsk, Belarus, September, 14 – 18, 2015, Vol. 2, p. 613-615.*