

Новый Фон 2013

1 - 12 августа



11-й Российский симпозиум

Проблемы физики ультракоротких процессов в сильнонеравновесных средах

Тезисы докладов

ОТДЕЛЕНИЕ ЭНЕРГЕТИКИ, МАШИНОСТРОЕНИЯ, МЕХАНИКИ
И ПРОЦЕССОВ УПРАВЛЕНИЯ РАН
ОБЪЕДИНЕННЫЙ ИНСТИТУТ ВЫСОКИХ ТЕМПЕРАТУР РАН
КАБАРДИНО-БАЛКАРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

ТЕЗИСЫ ДОКЛАДОВ
11-го РОССИЙСКОГО СИМПОЗИУМА

**«ПРОБЛЕМЫ ФИЗИКИ УЛЬТРАКОРОТКИХ ПРОЦЕССОВ В
СИЛЬНОНЕРАВНОВЕСНЫХ СРЕДАХ»**

В сборнике представлены тезисы докладов 11-го Российского симпозиума «Проблемы физики ультракоротких процессов в сильнонеравновесных средах» (Новый Афон, 1 августа - 12 августа 2013 г.) Доклады отражают современное состояние исследований в следующих областях: прочность и пластичность твёрдых тел при высокоскоростной деформации, метастабильные состояния и их распад, ударные и детонационные волны, релаксация, химические реакции за фронтом ударной волны, пылевая плазма, взаимодействие мощных ионных, электронных и лазерных пучков с веществом, биофизика и биохимия ультракоротких процессов, ультракороткие процессы на поверхности, научные основы нанотехнологий. Рассмотрены экспериментальные исследования, теория и атомистическое моделирование релаксации и динамических процессов.

Специфика Симпозиума предполагает рассмотрение, в первую очередь, экспериментальных и теоретических работ, которые анализируют динамику процессов в конденсированном веществе на молекулярном уровне и/или связывают мезо- и макроскопические подходы с молекулярными процессами.

Под редакцией

Нормана Г. Э., Савинцева А. П., Стегайлова В. В., Тимофеева А. В.

ОРГАНИЗАЦИОННЫЙ КОМИТЕТ

Фортов В.Е., сопредседатель, Президиум РАН, ОИВТ РАН, Москва
Норман Г.Э., сопредседатель, ОИВТ РАН, Москва
Карамурзов Б.С., сопредседатель, КБГУ, Нальчик
Стегайлов В.В., зам. председателя, ОИВТ РАН, Москва
Савинцев А.П., зам. председателя, КБГУ, Нальчик
Тимофеев А.В., учёный секретарь, ОИВТ РАН, Москва

Веб-сайт Симпозиума
<http://jiht.ru/newathos13>

ОГЛАВЛЕНИЕ

СЕКЦИЯ 1. ПРОЧНОСТЬ И ПЛАСТИЧНОСТЬ ТВЁРДЫХ ТЕЛ ПРИ ВЫСОКОСКОРОСТНОЙ ДЕФОРМАЦИИ

<i>Леонов В.М.</i> Моделирование магнитно-импульсной обработки сред с нелинейным распределением характеристик	5
<i>Груздков А.А., Утжин А.А.</i> Скоростная и временная зависимость прочности при отколе	5
<i>Болеста А.В., Фомин В.М.</i> Моделирование поведения поликристаллической меди в условиях квазистатического и динамического нагружения	6
<i>Утжин А.А., Груздков А.А.</i> Исследование откольной прочности при помощи структурно-временного подхода	6

СЕКЦИЯ 2. МЕТАСТАБИЛЬНЫЕ СОСТОЯНИЯ И ИХ РАСПАД

<i>Орешкин В.И., Жигалин А.С., Русских А.Г., Кузнецов В.В.</i> Распад метастабильной жидкости при электрическом взрыве алюминиевой фольги	8
<i>Смирнов Л.А., Миронов В.А., Смирнов А.И.</i> Динамика двумерных тёмных квазисолитонов в неоднородном потоке бозе-эйнштейновского конденсата	8
<i>Романова В.М., Иваненков Г.В., Мингалеев А.Р., Тер-Оганесян А.Е., Шелковенко Т.А., Пикуз С.А.</i> Три сценария электрического взрыва тонких проводников	8

СЕКЦИЯ 3. УДАРНЫЕ И ДЕТОНАЦИОННЫЕ ВОЛНЫ, РЕЛАКСАЦИЯ, ХИМИЧЕСКИЕ РЕАКЦИИ ЗА ФРОНТОМ УДАРНОЙ ВОЛНЫ

<i>Губин С.А., Шаргатов В.А., Губина Т.В.</i> Приближенный метод решения задачи об установлении химического равновесия в продуктах взрыва газовых смесей	10
<i>Тен К.А., Прууэл Э.Р., Лукьянчиков Л.А., Кашикар А.О., Толочко Б.П.</i> Измерение малоуглового рассеяния синхротронного излучения при детонации конденсированных ВВ	10
<i>Толочко Б.П., Тен К.А., Прууэл Э.Р., Ляхов Н.З., Аульченко В.М.</i> Новые возможности рентген-дифракционного эксперимента на пучках синхротронного излучения генерируемого многополюсными вигглерами для исследования ударноволновых процессов	11
<i>Зиборов В.С., Галмуллин Р.А., Ефремов В.П.</i> Экспериментальное исследование распространения ударной волны в смеси гелия и ксенона	11
<i>Хищенко К.В., Чарахчян А.А.</i> Моделирование двух симметрично сходящихся плоских волн термоядерного горения	11

СЕКЦИЯ 4. НЕРАВНОВЕСНАЯ ПЛАЗМА, ВОЛНЫ ИОНИЗАЦИИ, ПРОБОЙ В ГАЗАХ

<i>Тимофеев А.В.</i> К-энтропия в модели пылевой плазмы	12
<i>Поляков Д.Н., Василяк Л.М., Шумова В.В.</i> Электрофизические характеристики плазмы, самоорганизация и фазовые переходы в плазменно-пылевых структурах при изменении температуры газа	12
<i>Шумова В.В., Поляков Д.Н., Василяк Л.М.</i> Влияние метастабильных состояний на взаимодействии плазмы неона с микрочастицами	13
<i>Печеркин В.Я., Василяк Л.М., Ветчинин С.П., Панов В.А., Куликов Ю.М.</i> Формирование дугового канала при импульсном электрическом пробое двухфазных сред	13
<i>Малов А.Н., Оришич А.М.</i> Исследование структуры сверхзвукового потока воздуха с оптическим пульсирующим разрядом	13
<i>Ланкин А.В., Норман Г.Э.</i> Рекомбинация в плотной ионной плазме гексафторида серы и фтора	14
<i>Куриленков Ю.К., Тараканов В.П., Гусков С.Ю.</i> Oscillating plasmas of vacuum discharge: from strong nonideality to fusion temperatures within nanoseconds	14
<i>Быстрый Р.Г., Лавериненко Я.С., Морозов И.В.</i> Молекулярно динамическое моделирование систем заряженных частиц на графических ускорителях	15

СЕКЦИЯ 5. ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ МОЩНЫХ ИОННЫХ, ЭЛЕКТРОННЫХ И ЛАЗЕРНЫХ ПУЧКОВ С ВЕЩЕСТВОМ

<i>Князев Д.В., Левашов П.Р.</i> Первопринципный расчет электро- и теплопроводности серебра	16
<i>Савиццев А.П., Гавашели Ю.О.</i> Изучение характера разрушения хлорида натрия для коротких лазерных импульсов	16
<i>Агранат М.Б., Овчинников А.В., Петровский В.П., Ромашевский С.А., Чефонов О.В.</i> Экспериментальное исследование характеристического рентгеновского излучения и температуры горячих электронов при взаимодействии фемтосекундных лазерных импульсов умеренной интенсивности с наноструктурированными мишенями	17
<i>Абросимов С.А., Бажулин А.П., Конов В.И., Красюк И.К., Пашинин П.П., Ральченко В.Г., Семенов А.Ю., Совеж Д.Н., Стучебрюхов И.А., Хищенко К.В., Хомич А.А.</i> Экспериментальное исследование физических свойств поли- и кристаллических CVD алмазов в области отрицательных давлений, создаваемых действием лазерного импульса длительностью 70 пс	17
<i>Оришич А.М., Шулятьев В.Б., Маликов А.Г.</i> Законы подобия кислородно-лазерной резки низкоуглеродистой стали СО2 и волоконным лазером	17
<i>Мизайленко М.А., Анчарова У.В., Коробейников М.В., Штарклев Е.А., Власов А.Ю., Елисеев В.С., Шафутдинов М.Р., Брызгин А.А., Толочко Б.П., Ляхов Н.З.</i> Исследование радиационно-термического синтеза никель-цинковых ферритов	18

<i>Писарев В.В., Стариков С.В.</i> Атомистическое моделирование ионных треков в диоксиде урана	18
<i>Быстрый Р.Г., Морозов И.В.</i> Молекулярно-динамическое моделирование неидеальной кластерной плазмы	18
СЕКЦИЯ 6. УЛЬТРАКОРОТКИЕ ПРОЦЕССЫ НА ПОВЕРХНОСТИ	
<i>Крымшюкалова Д.А., Ашхотов О.Г., Ашхотова И.Б.</i> Электронно-стимулированное окисление свинца	20
СЕКЦИЯ 7. НАУЧНЫЕ ОСНОВЫ НАНОТЕХНОЛОГИЙ	
<i>Norman G.E., Skobelev I.Yu., Starikov S.V., Stegailov V.V.</i> Crystal-like and plasma-like properties of the two-temperature WDM	21
<i>Гельчинский Б.Р., Воронцов А.Г., Коренченко А.Е., Дюльдина Э.В.</i> Компьютерное моделирование процессов формирования металлических наночастиц, получаемых методом газофазной конденсации	21
<i>Рудяк В.Я., Белкин А.А.</i> Статистическая теория процессов переноса стесненных поверхностями течений	22
<i>Смирнов А.И.</i> Нелинейное резонансное взаимодействие лазерного излучения с металлическими наночастицами и металлодиэлектрическими наноструктурами	22
<i>Вервикишко Д.Е., Янцлжин И.В., Саметов А.А., Григоренко А.В., Атаманюк И.Н., Школьников Е.И.</i> Оптимизация нанопористой структуры активированных углей на основе древесины для повышения удельных характеристик двойнослойных электрохимических суперконденсаторов	23
<i>Рудяк В.Я.</i> Почему процессы переноса в наножидкостях не описываются классическими теориями?	23
<i>Калажкоков Х.Х., Калажкоков З.Х., Карамурзов Б.С.</i> Рентгеновский фотоэлектронный спектрометр системы К-alpha. Технические параметры, функциональные возможности и использование установки отдаленными исследователями	24
ПРИНЯТЫЕ СОКРАЩЕНИЯ	25
ЗАРЕГИСТРИРОВАВШИЕСЯ УЧАСТНИКИ КОНФЕРЕНЦИИ	26

**МОДЕЛИРОВАНИЕ МАГНИТНО-ИМПУЛЬСНОЙ ОБРАБОТКИ СРЕД С НЕЛИНЕЙНЫМ
РАСПРЕДЕЛЕНИЕМ ХАРАКТЕРИСТИК**

Леонов В.М.

ФГБОУ ВПО ТУЛГУ, Тула,
vrealm@mail.ru

Предлагаемые в современной литературе подходы к решению задач упруго-пластического формоизменения предполагают ряд допущений, касающихся обработки сред, формы возможных включений, массовой доли и характера их расположения в материале, а также нередко дополняются предположениями относительно бесконечности рассматриваемых сред и несжимаемости отдельных ее фрагментов. Возможное решение заключается в формулировке пространственно-временного составного интегрального критерия, оценивающего истощение ресурса пластичности с применением уравнений теории профессора Трещева А.А. для полноценной трехмерной реализации операций формоизменения тела. Рассматриваемая операция - это отбортовка бокового отверстия цилиндрической заготовки. В числе составляющих критерия необходимо указать следующие: пространственно-временные характеристики распределения в объеме материала знакопеременных циклов нагружения, соотнесенных с общей длительностью процесса обработки и температурным режимом, приведение характеристик к эквивалентной величине в рассматриваемом сегменте; работа по деформированию единичного объема материала, нормированная по отношению к общей работе, необходимой для достижения предельного состояния (энергетический критерий); взаимноотносительный расчет зон структурных концентраторов для выявления очагов истощения ресурса пластичности; выявление зон первоочередного истощения ресурса пластичности с установлением и формализацией граничных условий. Цикличность пространственно-временного изменения характеристик в данном случае будет являться не менее значимым фактором, как и интенсивность внешнего воздействия при истощении ресурса пластичности. Стоит отметить определенную взаимосвязь данного изменения и относительного радиуса отверстия заготовки, а также толщины материала. Одновременно с этим, основные характеристики НДС для различных элементов на крае отверстия могут находиться в противофазе, что непосредственно оказывает влияние на процесс итерационного приближения. Поворот единичных элементов относительно исходного положения является значительным, что учитывается применением формул Коши - Грина. Полученные соотношения взаимосвязи компонент тензора напряжений и деформаций имеют вид функционала, устанавливающего взаимосвязь констант материала и величин напряжений на предшествующем шаге последовательного нагружения (для изделия любой геометрии, с учетом осевой компоненты). Особую сложность представляет исследование микротрещин и связанных с этим структурных изменений в материале. В разработанной модели (реализующая программа Tetra Comround v.1.1, свидетельство № 2013610558) расчет напряженно-деформированного состояния производится посредством последовательного приближения в ходе двухшаговой процедуры и последующего поиска уточненного решения на j -ом шаге нагружения для внутреннего цикла в пределах единичного элемента и уточнения на внешнем вычислительном цикле в пределах заготовки в целом. Результирующее формоизменение каждого из элементов предопределено всей предшествующей траекторией нагружения, и откликом близлежащих элементов на импульс внешнего воздействия. Наибольшая интенсивность деформаций отмечается не вблизи края бокового отверстия (в ходе операции отбортовки), а при некотором смещении от края (для первых 15 мкс деформирования при магнитно-импульсной обработке). Это, в свою очередь, обусловлено поворотом относительно исходного состояния материальных волокон, их деформацией и воздействием со стороны окружающих слоев. При более детальном изучении групп элементов можно отметить некоторое взаимное пространственно-временное смещение экстремальных точек соответствующих характеристик напряженно-деформированного состояния для различных элементов. Программная реализация (Tetra Comround v.1.1) позволяет установить взаимосвязь упомянутых характеристик НДС в объеме материала и соотношения параметров заготовки при воздействии внешнего электромагнитного импульса, что в контексте перечисленных критериев дает возможность сделать шаг от констатирующего характера проводимых исследований к предикативному, и расширить применение модели.

СКОРОСТНАЯ И ВРЕМЕННАЯ ЗАВИСИМОСТЬ ПРОЧНОСТИ ПРИ ОТКОЛЕ

*Груздков А.А.^{*1}, Уткин А.А.²*

¹СПбГТИ(ТУ), ²ИПМАШ РАН, Санкт-Петербург

**gruzdkov@mail.ru*

Откольное разрушение при воздействии кратковременных импульсов высокой интенсивности является удобным методом изучения закономерностей динамического разрушения материалов. Одномерная картина откольного разрушения обладает достаточной простотой и поэтому предоставляет широкие возможности для анализа результатов эксперимента и для теоретических расчетов. Традиционно динамическую прочность связывают со скоростью приложения нагрузки, не принимая во внимание длительность действия нагрузки. Однако результаты экспериментов (см., например, [1,2]) показывают, что критические характеристики разрушения в равной мере определяются продолжительностью воздействия, формой и амплитуда приложенного импульса (в том числе и скоростью приложения нагрузки).

Применение критерия инкубационного времени для анализа разрушения позволяет получать многие наблюдаемые при экспериментах эффекты в рамках единого подхода. Критерий инкубационного времени в случае откола имеет вид:

$$\int_{t-\tau}^t \sigma(s, x) ds < \tau \sigma_c \quad (1)$$

где $\sigma(s, x)$ — напряжение в точке с координатой x в момент времени s , τ — структурное (инкубационное) время — независимая характеристика материала, σ_c — прочность материала в статике. При помощи критерия инкубаци-

онного времени было изучено откольное разрушение материала для случаев, когда нагружающий импульс имеет треугольную форму. При этом предполагалось, что момент разрушения t и место разрушения x соответствуют наиболее раннему нарушению условия (1).

Было обнаружено, что напряжение в сечении откола может возрастать вплоть до момента разрушения, однако в ряде случаев разрушению может предшествовать временной интервал, на котором напряжение не меняется или даже слабо падает. Причем это явление может наблюдаться на импульсах, имеющих одинаковые участки роста нагрузки и отличающиеся только продолжительностью участка спада нагрузки. Установлено, что если продолжительность участка роста нагрузки превышает время ее спада, то к моменту разрушения напряжение в сечении откола увеличивается. В этом случае динамическую прочность можно связать со скоростью деформирования в сечении откола. Если продолжительность участка спада нагрузки превышает время ее роста, то моменту разрушения в сечении откола предшествует интервал, на котором напряжение либо постоянно, либо уменьшается. В этом случае динамическую прочность уже нельзя связывать со скоростью деформирования.

При помощи критерия инкубационного времени была проведена обработка экспериментов, описанных в [1,2]. Предлагаемый подход позволяет объяснить эффекты, обнаруженные в этих работах.

Работа выполнена при поддержке грантов РФФИ 11-01-00491-а, № 13-01-00598-а и федеральных целевых программ.

1. Батани Д., Вовченко В. И., Канель Г. И., Кильпио А. В., Красюк И. К., Ломоносов И. В., Пашинин П. П., Семенов А. Ю., Фортон В. Е., Шашков Е. В. // Докл. РАН. 2003. Т. 389. № 3. С. 328–331.
2. Красюк И. К., Пашинин П. П., Семенов А. Ю., Фортон В. Е. // Квантовая электроника. 2003. Т. 33, № 7. С. 593-608.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПОВЕДЕНИЯ ПОЛИКРИСТАЛЛИЧЕСКОЙ МЕДИ В УСЛОВИЯХ КВАЗИСТАТИЧЕСКОГО И ДИНАМИЧЕСКОГО НАГРУЖЕНИЯ

Боле́ста А.В. , Фо́мин В.М.*

ИТПМ СО РАН, Новосибирск,

**bolesta@itam.nsc.ru*

Молекулярно-динамическое моделирование по своим временным и пространственным масштабам в настоящее время позволяет детально исследовать физические процессы, проходящие в мелкодисперсных поликристаллических веществах, нагруженных до давлений в несколько сотен гигапаскаль и температур в несколько тысяч градусов. При этом на атомарном уровне моделируется пластическая деформация и плавление материала, а рассчитанные упругие и прочностные характеристики могут сопоставляться с имеющимися уравнениями состояния и экспериментальными данными, и дополнять их в области недоступной или ограниченной для экспериментального наблюдения. В настоящей работе исследовалось механическое поведение монокристаллической и ультрамелкодисперсной меди, подверженной квазистатическому и динамическому нагружению. Межатомное взаимодействие в меди рассчитывалось в рамках метода внедренного атома. Формирование поликристаллической структуры в материале осуществлялось путем охлаждения из расплава в различных температурных режимах, что приводило к образованию образцов со средним размером зерна от 1 до 15 нм. Квазистатическая деформация осуществлялась путем одноосного растяжения и сжатия образца со скоростью деформации 10^8 с^{-1} . В результате расчетов показано убывание модуля Юнга и предела текучести меди с уменьшением среднего диаметра зерна в нанокристаллической меди при $d < 10 \text{ нм}$. С увеличением размера зерна при $d > 10 \text{ нм}$ модуль Юнга выходит на константу около 110 ГПа, что соответствует наблюдаемой величине в экспериментах с чистой поликристаллической медью, а предел текучести, образуя максимум около 10 нм, в дальнейшем убывает с ростом зерна в соответствии с законом Холла-Петча. Моделирование динамического деформирования выполнялось путем возбуждения в материале ударной волны ударником, движущимся со скоростью от 500 до 4000 м/с. Плавление за фронтом ударной волны происходит при скорости ударника около 2300 м/с, что соответствует давлению около 150 ГПа и температуре 3500 К. Состояние вещества за фронтом ударной волны удовлетворяет соотношениям ударной адиабаты Гюгонио. При этом, в зависимости от размера зерна в поликристаллической меди, степень сжатия материала и скорость ударной волны варьируются в пределах нескольких процентов при фиксированной скорости ударника, а зависимость скорости фронта от скорости ударника совпадает с экспериментом. Исследование механизма распределения внутренней энергии в сжатом состоянии на кинетическую и потенциальную составляющие показало, что диссипация энергии межзеренных границ приводит к повышению температуры за фронтом для материала с самым малым размером зерна ($d < 3 \text{ нм}$) на величину около 10 процентов по сравнению с монокристаллическими и крупнокристаллическими образцами.

ИССЛЕДОВАНИЕ ОТКОЛЬНОЙ ПРОЧНОСТИ ПРИ ПОМОЩИ СТРУКТУРНО-ВРЕМЕННОГО ПОДХОДА

Уткин А.А. , Груздков А.А.*

ИПМАШ РАН, Санкт-Петербург,

**a.utkin51@gmail.com*

В условиях динамических испытаний прочностные характеристики материалов могут существенным образом отличаться от значений, определённых в стандартных квазистатических испытаниях. Это обусловлено тем, что длительность внешнего воздействия становится соизмерима с длительностью переходных процессов в структуре материала. Данные эффекты хорошо моделируются в рамках структурно-временного подхода.

Одним из распространённых методов изучения прочностных свойств материалов в условиях динамического нагружения является испытание на откол. В последние годы появились экспериментальные результаты, не укладывающиеся представления о наличии скоростной зависимости прочности. Так, например, испытания по откольному разрушению алюминиевого сплава в наносекундном диапазоне длительностей нагружения выявили несколько эффектов, не укладывающихся в рамки традиционных представлений. Обнаружено явление «стабилизации» прочности. Авторы этих экспериментов объясняют это явление достижением материалом теоретической прочности.

Также было обнаружено, что в сечении откола к моменту разрушения напряжение может расти или разрушению может предшествовать временной интервал, на котором напряжение не меняется или даже слабо падает. В этом случае авторы экспериментов вводят в рассмотрение два механизма разрушения – динамический и квазистатический.

Для анализа разрушения в задачах откольного разрушения использовался структурно-временного подход. Рассмотрен конкретный пример получения расчетных пороговых соотношений между параметрами нагрузки и характеристиками разрушения. Построены временная и скоростная зависимости прочности. Показано, что применение для анализа разрушения критерия инкубационного времени позволяет получить наблюдаемые при экспериментах эффекты в широком диапазоне длительностей воздействия.

Работа выполнена при поддержке грантов 11-01-00491-а и 13-01-00598-а

РАСПАД МЕТАСТАБИЛЬНОЙ ЖИДКОСТИ ПРИ ЭЛЕКТРИЧЕСКОМ ВЗРЫВЕ
АЛЮМИНИЕВОЙ ФОЛЬГИ

Орешкин В.И.^{*1}, Жигалин А.С.¹, Русских А.Г.¹, Кузнецов В.В.²

¹ ИСЭ СО РАН, Томск, ² ИТ СО РАН, Новосибирск-90,

*oreshkin@ovpe.hcei.tsc.ru

В работе проведены экспериментальные и теоретические исследования механизмов распада метастабильной жидкости (перегретого металла), образующегося при электрическом взрыве алюминиевых фольг. Эксперименты проводились на экспериментальном комплексе, состоящем из двух генераторов тока, один из которых обеспечивал взрыв микропроводников, второй – радиограф на основе X-пинча – использовался в диагностических целях. В ходе экспериментов был определен верхний предел времени распада метастабильного состояния вещества взрывающейся алюминиевой фольги. Для метастабильного состояния алюминия при значениях внутренней энергии 3.5-4.5 кДж/г определены: частота нуклеации, величина которой превышает значение 10^{14} см⁻³с⁻¹ и энергия образования критического зародыша, около 9 эВ.

ДИНАМИКА ДВУМЕРНЫХ ТЁМНЫХ КВАЗИСОЛИТОНОВ В НЕОДНОРОДНОМ ПОТОКЕ
БОЗЕ-ЭЙНШТЕЙНОВСКОГО КОНДЕНСАТА

Смирнов Л.А.^{*}, Миронов В.А., Смирнов А.И.

ИПФ РАН, Нижний Новгород,

*smirnov_lev@appl.sci-nnov.ru

Динамика вихревых структур и их взаимодействие друг с другом во многом определяют ключевые аспекты эволюции облака ультрахолодного бозе-газа. С квантовыми вихрями (топологическими дефектами или фазовыми сингулярностями) справедливо связывают нарушение режима сверхтекучести и переход бозе-эйнштейновского конденсата (БЭК) в турбулентное состояние. Поэтому важно максимально продвинуться в решении задачи описания движения различного рода взаимодействующих вихревых образований.

Когда расстояние между вихрем и антивихрем существенно меньше характерного масштаба неоднородности среды, в вихревых парах распределения плотности и поля скоростей близки к тем, что имеют место для однородного беспотокового конденсата в соответствующих уединённых решениях уравнения Гросса – Питаевского. В данном случае можно ввести понятие «двумерных тёмных квазисолитонов». Такие квазисолитоны представляют собой провалы концентрации БЭК, распространяющиеся в неоднородном бозе-газе с дозвуковыми скоростями, ускоренно и, вообще говоря, не по прямым, а по искривлённым траекториям. Нами была разработана асимптотическая теория, описывающая поведение двумерных квазисолитонных структур в плавно неоднородном покоящемся конденсате и учитывающая многие особенности (в первую очередь, сжимаемость) бозе-газа [1-3]. В настоящей работе эта теория существенно модифицирована и обобщена на случай двумерных тёмных квазисолитонов в плавно неоднородных потоках БЭК. Она позволяет детально проанализировать и объяснить особенности рассеяния как вихревых, так и безвихревых квазисолитонных образований на одиночном вихре и потоках конденсата, возникающих при ламинарном обтекании препятствий, движущихся в бозе-газе с постоянной дозвуковой скоростью.

Работа поддержана Фондом некоммерческих программ "Династия" и РФФИ (грант 12-02-31883).

1. L. A. Smirnov and V. A. Mironov, Phys. Rev. A., 2012, 85(5), 053620-1 – 053620-1.
2. V. A. Mironov and L. A. Smirnov, JETP Lett., 2012, 95(11), 549 – 554.
3. V. A. Mironov and L. A. Smirnov, Physics of Wave Phenomena, 2013, 21(1), 62 – 67.

ТРИ СЦЕНАРИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ВЗРЫВА ТОНКИХ ПРОВОДНИКОВ

Романова В.М.^{*}, Иваненков Г.В., Мингалеев А.Р., Тер-Оганесян А.Е., Шелковенко Т.А.,
Пижус С.А.

ФИАН, Москва,

*vmr@inbox.ru

Многообразие и сложность физических процессов, происходящих при быстром нагреве вещества электрическим током, до сих пор не позволяют построить сколько-нибудь полную модель электровзрыва тонких проводников (ЭВП). Исследование физики ЭВП далеко от завершения, несмотря на широкое использование этого явления в различных областях науки и техники: от плазменных размыкателей, литографии и УТС до получения нанопорошков и мощных рентгеновских импульсов.

Ещё в середине прошлого века было экспериментально установлено, что все металлы по характеру взрыва делятся на два класса. Первоначально это было выведено исходя из типичного вида временных зависимостей тока и напряжения и позднее связано с теплофизическими свойствами используемых материалов. Первая группа (Cu, Ag, Al, Au, Sn, Zn, Cd) – металлы с низкой точкой кипения и малой величиной парообразования, а вторая (W, Mo, Pt, Ni, Fe, Ti) – металлы с высокой точкой кипения и большой плотной парообразования. В дальнейшем к этим признакам была добавлена высокая (1 гр.) либо низкая (2 гр.) проводимость, а также установлена важная роль шунтирующего пробоя вдоль поверхности проводника [1]. Последнее характерно прежде всего для металлов второй группы: переключение тока существенно ограничивает или полностью прекращает дальнейший энергоклад в проволочку; в результате она достигает значительно меньшего расширения по сравнению с проволочками из материалов первой группы, у которых шунтирование наступает гораздо позднее. Хотя помещение проводника из любого материала в плотную среду позволяет отдалить момент шунтирующего пробоя и тем самым увеличить достижимый энергоклад в вещество по сравнению со взрывом в вакууме, характер ЭВП у этих двух групп различается качественным образом. Более высокая эмитирующая способность материалов второй группы в сочетании с

их тугоплавкостью — в отличие от способности материалов первой группы к катастрофической потере проводимости в ходе быстро наступающего фазового взрыва позволяет говорить о двух сценариях ЭВП: «вольфрамового» и «медного» типа.

Более внимательный анализ экспериментов по наносекундным электрическим взрывам тонких проводников в различных средах и в вакууме позволяет, однако, сделать вывод о существовании третьей — «никелевой» группы материалов и, соответственно, ещё одного типа ЭВП. Металлы с промежуточными (условно) значениями проводимости и температур плавления и парообразования — такие, как никель, платина, палладий, сталь, которые по типу взрыва до сих пор всегда относились к «вольфрамовой» группе, ведут себя более причудливым образом. При ЭВП в вакууме они, действительно, демонстрируют «вольфрамовое» поведение (раннее сунтирование и, соответственно, малое расширение), тогда как при ЭВП в воздухе для них характерны все признаки «медной» группы (большая пауза тока, импульс перенапряжения, интенсивный разлёт продуктов взрыва в границах фронта ударной волны). Более того, материалы этой группы даже более устойчивы по отношению к сунтированию по сравнению с медью и другими материалами первой группы. Как нам представляется, объяснить подобное поведение вещества можно, приняв во внимание трубчатый характер структуры зерна [2]. При определённых условиях жидкостенный цилиндрический керн возникает в ходе быстрого ЭВП у материалов всех типов, но именно у «промежуточного» никеля это критическим образом влияет на развитие сунтирующего пробоя.

Работа частично поддержана грантами РФФИ 12-02-01372 и 11-02-01210.

1. Exploding Wires, edited by W.G. Chace and H.K. Moor. // Plenum, New York, 1959; 1964; 1965; 1968. Vols. 1–4.
2. Pikuz S.A., Shelkovenko T.A., Knapp P.F., Seyler C.E., Hummer D.A., Zhakhovsky V.V. // Abstr. of IEEE Conference. ICOPS Norfolk 20-24 Jun 2010.

**ПРИБЛИЖЕННЫЙ МЕТОД РЕШЕНИЯ ЗАДАЧИ ОБ УСТАНОВЛЕНИИ ХИМИЧЕСКОГО
РАВНОВЕСИЯ В ПРОДУКТАХ ВЗРЫВА ГАЗОВЫХ СМЕСЕЙ**

Губин С.А. , Шаргатов В.А., Губина Т.В.*

НИЯУ МИФИ, Москва

**gubin_sa@mail.ru*

Наиболее общий подход к расчету изменения состава продуктов взрыва связан с решением системы кинетических уравнений, записанных с учетом большого числа элементарных химических реакций, протекающих в продуктах взрыва [1]. Такой подход обеспечивает наиболее точный расчет состава продуктов взрыва в каждый момент времени в каждой точке пространства. Однако, вычисление химического состава расширяющихся продуктов взрыва одновременно с проведением газодинамических вычислений приводит к многократному увеличению времени, необходимого для получения решения [1-4].

Целью работы является разработка модели и эффективного приближенного метода для расчета изменяющегося состава при разлете продуктов взрыва. Изменение состава вычисляется с помощью жесткой системы уравнений химической кинетики. От решения этой жесткой системы дифференциальных уравнений можно отказаться, если использовать двухстадийную модель изменения состава на каждом временном шаге.

Сначала устанавливается частичное химическое равновесие без изменения общего числа молекул в системе. Это происходит за счет того, что наиболее быстрые бимолекулярные реакции, обеспечивающие установление такого равновесия, протекают значительно быстрее реакций диссоциации и рекомбинации, ответственных за установление полного химического равновесия [2, 3].

На первой стадии в подсистеме с бимолекулярными реакциями не происходит изменения молекулярного веса, а реакции протекают очень быстро по сравнению со скоростями реакций диссоциации и рекомбинации. Установление локального химического равновесия в подсистеме бимолекулярных реакций можно описать уравнениями для расчета химического равновесия при постоянном молекулярном весе системы.

На второй стадии в подсистеме с реакциями диссоциации и рекомбинации изменяется общее число молекул в системе. Это изменение можно учесть решением системы кинетических уравнений только для реакций рекомбинации и диссоциации.

Тогда жесткую систему дифференциальных уравнений удастся заменить несколькими дифференциальными уравнениями и системой алгебраических уравнений без существенной потери в точности решения.

Этот способ всегда согласован с детальным кинетическим механизмом и может использоваться как отдельно, так и совместно с решением жесткой системы, заменяя его на стадии, когда бимолекулярные реакции находятся в квазиравновесном состоянии.

Получены необходимые уравнения модели. Написана вычислительная программа. Предложенный приближенный метод решения жесткой системы кинетических уравнений успешно применен к модельной задаче расчета стехиометрической смеси водорода с кислородом.

1. Borisov A.A., Gubin S.A., Shargatov V.A. // Progress in Astronautics and Aeronautics. 1991. V. 134. № 1. P. 138.
2. Брякина У. Ф., Губин С. А., Тереза А. М., Шаргатов В. А. // Хим. Физика. 2010. Т. 29. № 12. С. 24
3. Брякина У. Ф., Шаргатов В. А. // НС МИФИ. Сборник научных трудов. 2009. Т. 2. С. 184.
4. Брякина У. Ф., Губина Т. В., Шаргатов В. А. // Хим. Физика. 2011. Т. 30. № 6. С. 1

**ИЗМЕРЕНИЕ МАЛОУГЛОВОГО РАССЕЯНИЯ СИНХРОТРОННОГО ИЗЛУЧЕНИЯ ПРИ
ДЕТОНАЦИИ КОНДЕНСИРОВАННЫХ ВВ**

*Тен К.А.*¹, Прууэл Э.Р.¹, Лукьянчиков Л.А.¹, Кашкаров А.О.¹, Толочко Б.П.²*

¹ИГиЛ СО РАН, ²ИХТТМ СО РАН, Новосибирск,

**ten@hydro.nsc.ru*

Синхротронное излучение (СИ), как источник рентгеновского излучения, обладает рядом уникальных свойств. В Новосибирске для исследования взрывных процессов используется синхротронное излучение (энергия 20 – 30 кэВ) от коллайдера ВЭПП-3. Длительность импульса СИ составляет 1 нс, периодичность 250 нс, общий поток 10^{16} фот/сек. Для регистрации используется разработанный детектор DIMEX с угловым разрешением 10^{-4} рад.

Специфика наших экспериментов по измерению МУРР состоит в том, что для измерения дифракционных сигналов используется не монохроматический источник, а «белый спектр» всего СИ. Особенности СИ от ВЭПП-3 и спектральная чувствительность детектора DIMEX дают возможность регистрировать «розовый спектр». Для их обработки используется новая методика, позволяющая восстановить динамику средних размеров рассеивающих частиц. Получены данные о динамике конденсации наночастиц при детонации тротила, ТГ50/50, ТАТБ и бензотрифуроксана (БТФ). Для этих же ВВ были получены сохранённые продукты детонации, путем подрыва данных ВВ в ледяной оболочке. Сохранённые продукты детонации исследовались методиками МУРР и электронной спектроскопии.

Полученные данные по динамике размеров наночастиц конденсированного углерода позволят лучше понять физику детонационных превращений и получить более адекватное уравнение состояния ВВ.

НОВЫЕ ВОЗМОЖНОСТИ РЕНТГЕН-ДИФРАКЦИОННОГО ЭКСПЕРИМЕНТА НА ПУЧКАХ СИНХРОТРОННОГО ИЗЛУЧЕНИЯ ГЕНЕРИРУЕМОГО МНОГОПОЛЮСНЫМИ ВИГГЛЕРАМИ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ УДАРНОВОЛНОВЫХ ПРОЦЕССОВ

Толочко Б.П.^{*1}, Тен К.А.², Прууэл Э.Р.², Ляхов Н.З.¹, Аульченко В.М.³

¹ИХТТМ СО РАН, ²ИГиЛ СО РАН, ³ИЯФ СО РАН, Новосибирск,

*tolochko@inp.nsk.su

Ускорительная техника для генерации синхротронного излучения (СИ) в последние годы достигла уникальных результатов. Параметры современных источников СИ: средняя яркость – 10^{22} фотон/сек/мм², пиковая яркость – 10^{33} фотон/мм², пиковая мощность – 10^{10} Вт, когерентность – 100 %, фокусное пятно – 100 нм, поляризация – 99 %, энергия фотонов – от 1 мэВ до 1 МэВ, длительность импульса СИ – 0.01 фс. Уникальные параметры СИ открывают принципиально новые возможности для исследования ударноволновых и детонационных процессов: - высокая пиковая яркость позволит уменьшить экспозицию рентгеновской интроскопии и томографии и малоуглового рентгеновского рассеяния (МУРР) [1]; - большие энергии СИ позволят исследовать ударноволновые процессы не только в легких как сейчас [1,2] материалах, но и в тяжелых, например в металлах; - полная когерентность позволит получать “in situ” рентгеновскую голограмму и корректно восстанавливать 3-х мерное распределение плотности, без ограничения на осесимметричность, как в настоящее время [1]; - высокая пиковая яркость позволит реализовать рентген- дифракционный эксперимент от поликристаллических объектов с экспозицией 1 нс и меньше (в настоящее время экспозиция составляет 10 нс); - высокая степень монохроматичности позволит реализовать эксперимент по неупругому рассеянию и измерять фоновый спектр в нагруженной зоне. Реализация рентген – дифракционного эксперимента на пучках СИ позволит получать недоступную в настоящее время информацию о динамике нагружения кристаллической решетки образца во время воздействия ударной волны, о возможных фазовых переходах и химических реакциях. В докладе будет представлена информация о текущем состоянии дифракционного эксперимента на пучках СИ в ИЯФ СО РАН и о перспективах его развития на пучках синхротронного излучения генерируемого многополосными вигглерами и ондуляторами.

[1] Э.Р. Прууэл, К.А. Тен, Б.П. Толочко, Л.А. Мержиевский, Л.А. Лукьянчиков, В.М. Аульченко, В.В. Жуланов, Л.И. Шехтман, В.М. Титов. ДАН Техническая физика, 2013, том 448, № 1, С 38-42. [2] Синхротронная диагностика ударного сжатия SiO₂ аэрогеля. Тен К.А., Прууэл Э.Р., Лукьянчиков Л.А., Ефремов В.П., Беспалов Е.В., Толочко Б.П., Жуланов В.В., Шехтман Л.И. Международная конференция УДАРНЫЕ ВОЛНЫ В КОНДЕНСИРОВАННЫХ СРЕДАХ. Киев, Украина, 16-21 сентября, 2012 г. С 257-260.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ РАСПРОСТРАНЕНИЯ УДАРНОЙ ВОЛНЫ В СМЕСИ ГЕЛИЯ И КСЕНОНА

Зиборов В.С.^{*}, Галлиулин Р.А., Ефремов В.П.

ОИВТ РАН, Москва,

*shumova@ihed.ras.ru

Исследована структура фронта ударной волны (УВ), распространяющейся в смеси легкого и тяжелого благородных газов. Генератором ударных волн служила ударная труба «Яшма» - двухдиафрагменная высоковакуумная ударная труба, позволяющая генерировать ударные волны в широком диапазоне чисел Маха (1.1 – 10) и давлений (0.2 - 300) атм., работать с газовыми смесями, содержащими миллионные доли концентраций исследуемых газов в инертном газе. Ударные волны формировались в смеси гелия с ксеноном, концентрация ксенона составляла 0.1 – 1.0%, равновесные давления и температура за фронтом УВ составляли 0.3 – 0.6 атм и 980 – 1350 К. Для исследования структуры падающей УВ применен лазерный шпирен-метод высокого временного и пространственного разрешения. Одновременно проводилась регистрация эмиссионного спектра смеси в диапазоне длин волн 200-650 нм. Установлено влияние концентрации ксенона на профиль плотности в зоне поступательной релаксации УВ. Зарегистрированы и проанализированы спектры ксенона в падающих ударных волнах в указанном диапазоне температур.

Работа поддержана РФФИ (грант №12-08-01266).

МОДЕЛИРОВАНИЕ ДВУХ СИММЕТРИЧНО СХОДЯЩИХСЯ ПЛОСКИХ ВОЛН ТЕРМОЯДЕРНОГО ГОРЕНИЯ

Хищенко К.В.^{*1}, Чаракчьян А.А.²

¹ОИВТ РАН, ²ВЦ РАН, Москва,

*konst@ihed.ras.ru

Рассматривается одномерная задача об одновременном симметричном воздействии двух одинаковых лазерных импульсов на плоский слой твердой смеси равных количеств дейтерия и трития (DT). Исследованы два варианта с разной начальной плотностью смеси: с нормальной плотностью при атмосферном давлении ρ_s и с плотностью $5\rho_s$. Задача решается для уравнений односкоростной двухтемпературной гидродинамики с учетом уравнения состояния DT горючего, электронной и ионной теплопроводности, собственного излучения плазмы и нагрева горючего α -частицами первичной DT реакции и лазерным излучением, которое полностью поглощается в окрестности точки с критической плотностью. Основным предметом исследования являются сходящиеся к плоскости симметрии волны термоядерного горения, возникающие при некотором выборе толщины слоя и параметров лазерного излучения.

Показано, что такие волны обладают интересным свойством: перед фронтом горения возникает течение со сжимающим профилем скорости $u(x, t) = \varphi(t)x$, где тангенс угла наклона $|\varphi| = -\varphi$ по пространственной координате x растет со временем t . В результате происходит быстрое сжатие относительно холодного горючего перед волной горения. Для варианта с начальной плотностью $5\rho_s$ горючее перед фронтом сжимается более чем в 100 раз, достигая плотности сравнимой с тем значением, которое предполагается получить с помощью первого драйвера в рамках концепции быстрого поджига. Коэффициент усиления по энергии нейтронов DT реакции равен примерно 45 для варианта с начальной плотностью ρ_s и примерно 500 для варианта с начальной плотностью $5\rho_s$.

К-ЭНТРОПИЯ В МОДЕЛИ ПЫЛЕВОЙ ПЛАЗМЫ

Тимофеев А.В.

ОИВТ РАН, Москва,

timofeevalvl@gmail.com

Обнаруженное в эксперименте различие средней кинетической энергии вертикального и горизонтального движения пылевых частиц в плазме газового разряда стимулирует исследование влияния анизотропии системы на её теплофизические свойства. Одним из важных термодинамических параметров является энтропия системы пылевых частиц. Энтропию оценить достаточно сложно, поэтому исследуется К-энтропия для модели пылевых частиц в газовом разряде для изучения близости её к реальной энтропии и возможности использовать её вместо реальной энтропии. Для анализа влияния анизотропии системы на её свойства проводится молекулярно-динамическое моделирование пылевой плазмы, что потребовало создание модели пылевых частиц в плазме газового разряда с учётом флуктуаций заряда частиц, зависимостью заряда от расстояния до электрода и до других пылевых частиц, с учётом особенностей приэлектродного слоя разряда. В модели учтён эффект конечного времени зарядки, силу ионного увлечения, эффект от «ion wake».

ЭЛЕКТРОФИЗИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ПЛАЗМЫ, САМООРГАНИЗАЦИЯ И ФАЗОВЫЕ ПЕРЕХОДЫ В ПЛАЗМЕННО-ПЫЛЕВЫХ СТРУКТУРАХ ПРИ ИЗМЕНЕНИИ ТЕМПЕРАТУРЫ ГАЗА

Поляков Д.Н. , Василяк Л.М., Шумова В.В.*

ОИВТ РАН, Москва,

**cryolab@ihed.ras.ru*

Особенности криогенной плазмы заключаются в том, что при низкой температуре газа на характеристики пылевой плазмы существенное влияние могут оказывать метастабильные атомы и молекулы, которые интенсивно накапливаются в криогенном разряде. Метастабильные атомы, при низких температурах являются интенсивным источником свободных электронов, компенсирующим их гибель в объеме плазмы и на стенках разрядного устройства. Одновременно происходит увеличение концентрации свободных электронов из-за уменьшения их диффузионной гибели на стенке разрядного устройства вследствие уменьшения температуры газа. Эти дополнительные электроны могут изменять потоки на пылевые частицы, изменяя их заряд и тем самым влияя на параметр межчастичного взаимодействия. Увеличение проводимости плазмы, обусловленное ростом концентрации свободных электронов, приводит к уменьшению величины напряженности электрического поля в разряде. Напряженность электрического поля является одной из важнейших характеристик плазмы, которая определяет величину электронной температуры и соответственно, интенсивность ионизационных процессов в плазме. Изменение параметров фоновой плазмы влечет за собой изменение свойств образующихся пылевых структур (фазовые переходы пр.) и изменяет направление процессов их самоорганизации. При этом изменение самоорганизации пылевых структур влечет изменение свойств фоновой плазмы (электрического поля, концентрации заряженных частиц, температуры электронов, функция распределения и пр.). В этой взаимосвязи процессов заключается синергичность пылевой плазмы. Изучение изменения электрического поля в пылевой плазме необходимо при анализе процессов ее самоорганизации.

В работе изучено поведение приведенной продольной напряженности электрического поля в зависимости от величины тока разряда, давления и температуры газа. Обнаружено уменьшение приведенной напряженности продольного электрического поля в положительном столбе разряда при увеличении общего напряжения на разряде при охлаждении газа. Уменьшение температуры газа сопровождается изменением направлений структурных и фазовых переходов в пылевой плазме. При комнатной температуре граница структурного перехода определяется в основном током разряда, в то время как при криогенных температурах эта граница определяется плотностью газа. Наблюдается также различный вид структурного перехода. При комнатной температуре с ростом тока разряда наблюдался структурный переход, связанный с изменением параметров решетки. При криогенной температуре ниже 200К наблюдалась кластеризация. При увеличении давления при температуре близкой к температуре кипения жидкого азота наблюдался структурный фазовый переход от плоских кластеров к цепочечным кластерам. При значениях разрядного тока меньше 1 мА плоские кластеры образовывали упорядоченные структуры. При увеличении тока структуры кластеров плавилась, аналогично наблюдаемому плавлению пылевых кристаллов при комнатной температуре. Области существования упорядоченных структур из кластеров и структурного перехода характеризуются более высокими значениями приведенной напряженности продольного электрического поля, чем области их плавления и области перехода к структурам, состоящим из цепочечных кластеров. Минимальные расстояния между частицами были 10 микрон и наблюдались в цепочечных кластерах. При криогенной температуре обнаружена инверсия границы фазового перехода состояния в направлении изменения плотности газа. Получена диаграмма состояния пылевой плазмы в тлеющем разряде в неоне при температуре 89К с изолиниями приведенной напряженности продольного электрического поля в диапазоне давлений 18-186 Па при значениях тока тлеющего разряда 0,01-3,2 мА.

Работа выполнена при частичной финансовой поддержке РФФИ грант 13-02-00641

ВЛИЯНИЕ МЕТАСТАБИЛЬНЫХ СОСТОЯНИЙ НА ВЗАИМОДЕЙСТВИИ ПЛАЗМЫ НЕОНА С МИКРОЧАСТИЦАМИ

Шумова В.В. , Поляков Д.Н., Василяк Л.М.*

ОИВТ РАН, Москва,

**shumova@ihed.ras.ru*

При введении в плазму газового разряда низкого давления микрочастиц происходит гибель как частиц плазмы (электронов и ионов), так и тушение возбужденных и метастабильных состояний атомов на поверхности частиц. Взаимодействие метастабильных состояний атомов с пылевыми частицами является одним из существенных каналов энергообмена микрочастиц с плазмой разряда. Метастабильные атомы являются дополнительным источником свободных электронов в плазме, компенсирующим потери свободных электронов в объеме плазмы и на стенках разрядного устройства. До сих пор роль и влияние метастабильных атомов на взаимодействие плазмы с микрочастицами изучено недостаточно. Исследованию этого вопроса посвящена данная работа.

Эксперименты проведены при давлении неона 0.35 – 0.9 Торр в цилиндрической разрядной трубке радиусом 8 мм, длиной 40 см. В разряд вводились монодисперсные частицы меламинформальдегида размером 2.55 мкм. Регистрировались изображения микрочастиц, падение напряжения между измерительными кольцами, и соответствующее падение напряжения в свободном разряде. Пылевые структуры вызывали дополнительные объемные потери электронов и изменяли ионизационное равновесие плазмы, что требовало повышения напряженности электрического поля для поддержания тока разряда.

Моделирование проведено на основе диффузионной модели однородного положительного столба тлеющего разряда в неоне с пылевыми частицами. В рамках этой модели в неоне рассмотрено образование и диффузия электронов, ионов и метастабильных атомов неона. Электронная температура, транспортные коэффициенты и константы скоростей реакций возбуждения и ионизации с участием электронов рассчитаны с помощью пакета BOLSIG+ на основе данных по сечениям реакций, приведенных в SIGLO Database. Зарядка частиц рассмотрена в приближении SEC (collision enhanced collection). Рассмотрено тушение метастабильных атомов как на стенках разрядной трубки, так и на микрочастицах в объеме пылевой структуры. Профиль распределения микрочастиц в разряде задавался ступенчатой размытой функцией.

Рассчитаны радиальные распределения компонентов плазмы в свободном разряде и в присутствии пылевых структур различной плотности и размера. Проведено сравнение расчетного и измеренного приращения напряженности продольного электрического поля в разряде с микрочастицами по сравнению со свободным разрядом. Получены данные об эффективности гибели метастабильных состояний неона на микрочастицах и их вкладе в ионизацию при различных концентрациях микрочастиц и параметрах разряда.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (грант №13-02-00641).

ФОРМИРОВАНИЕ ДУГОВОГО КАНАЛА ПРИ ИМПУЛЬСНОМ ЭЛЕКТРИЧЕСКОМ ПРОБОЕ ДВУХФАЗНЫХ СРЕД

*Печеркин В.Я.^{*1}, Василяк Л.М.¹, Ветчинин С.П.¹, Панов В.А.², Куликов Ю.М.²*

¹ОИВТ РАН, Москва, ²МФТИ, Долгопрудный,

**vpecherkin@ya.ru*

Разряды в двухфазных средах представляют интерес как с научной, так и с прикладной точек зрения. К настоящему времени достаточно хорошо изучены механизмы импульсных разрядов в газах и жидкостях. Однако, специфика развития импульсного пробоя в двухфазной среде жидкость-газ, где газовая фаза представлена в виде микропузырьков, остается мало изученной. Целью данной работы является исследование высоковольтного импульсного пробоя в двухфазной среде, образованной изопропиловым спиртом и воздушными микропузырьками. Импульсное напряжение подавалось на разрядный промежуток от генератора импульсных напряжений. Анод электродной системы выполнен в виде стержня диаметром 3 мм, рабочий конец которого имеет форму конуса с полным углом в 20°. Катод выполнен из стержня диаметром 2 мм, с плоской рабочей поверхностью. Расстояние между электродами составляет 15 мм. Электродная система помещена вертикально в кварцевую трубку с внутренним диаметром 16.4 мм, которая была заполнена рабочей смесью воды и изопропилового спирта. В нижней части трубки расположен блок генерации микропузырьков. Характерный диаметр пузырьков составляет 100 мкм. Среднее расстояние между центрами пузырьков составляло 200 мкм. Диагностика тока и напряжения разряда проводилась с помощью осциллографа Tektronix DPO7054C, резистивного токового шунта номиналом 2 Ом и резистивного делителя напряжения с коэффициентом деления 1:1000. Регистрация эволюции плазменного канала велась при помощи высокоскоростной камеры Redlake MotionPro X3. Эксперименты показали, развитие разряда проходит в несколько этапов: растекание тока от острия анода в жидкость и формирование импульсной стримерной короны, формирование плазменной области с высокой проводимостью, прорастание каналов разряда от анода к катоду, горение дугового разряда с низким слаборастущим сопротивлением, погасание канала. Сравнение осциллограмм и полученных фотографий разрядного процесса с аналогичными для жидкости без пузырьков выявило следующие особенности: Наличие большого количества микропузырьков снижает время задержки пробоя приблизительно в 2 раза во всем диапазоне прикладываемых напряжений. Наличие микропузырьков задает отрицательное дифференциальное сопротивление на начальном участке ВАХ, а для жидкости ВАХ состоит из двух линейных участков, разделенных нелинейным участком, где происходит развитие прианодной плазменной области. Это объясняется увеличением начального тока за счет частичных разрядов в микропузырьках, и формирования большого количества проводящих каналов по сравнению с жидкостью. Пробойное напряжение непосредственно разрядного в микропузырьковой жидкости превышает аналогичное значение для жидкости в среднем в 2 раза.

ИССЛЕДОВАНИЕ СТРУКТУРЫ СВЕРХЗВУКОВОГО ПОТОКА ВОЗДУХА С ОПТИЧЕСКИМ ПУЛЬСИРУЮЩИМ РАЗРЯДОМ

Малов А.Н.^{}, Оришнич А.М.*

ИТПМ СО РАН, Новосибирск,

**malex@itam.nsc.ru*

В работах [1,2] нами описан импульсно периодический СО 2 лазер с частотой следования импульсов до 80 кГц и мощностью до 4,5 кВт. Характеристики данного лазера позволили впервые зажечь оптический пульсирующий разряд (ОПР) в сверхзвуковом потоке воздуха и определить требования к плотности газа, при выполнении которых удалось достичь высокого (до 65

Цель данной работы – получить данные о пространственных, временных и спектральных характеристиках оптического излучения сверхзвуковой струи воздуха после воздействия на нее ОНР.

В работе описана оптическая схема измерения слабого сигнала излучения теплового следа на фоне мощного излучения плазмоида. Выполнен широкий круг исследований сверхзвуковой струи в диапазоне чисел Маха 1,8-2,6 с энергоподводом от ОНР.

В результате выполненных исследований получено, что свечение теплового следа определяется излучением дискретных объектов – каверн низкого давления, двигающихся вместе с потоком. На основе этих исследований определены скорости сверхзвукового потока после воздействия на него ОНР с частотой 30-120 кГц. Получено возрастание скорости по сравнению со скоростью стационарной струи с 550 м/с до 700 м/с. Получены распределения скорости потока сверхзвуковой струи вдоль потока и зависимости ее от давления в форкамере, т.е. от числа Маха. Выполненные эксперименты позволили описать структуру каверн низкого давления, входящих в состав теплового следа, с высоким пространственным и временным разрешением и получить данные о спектральных характеристиках оптического излучения сверхзвуковой струи воздуха после воздействия на нее ОНР. Результаты работы будут использованы при создании модели управления звуковым ударом от сверхзвукового летательного аппарата.

1. Малов А.Н., Оришич А.М., Шулятьев В.Б. // Квантовая электроника. 2011. Т. 41., № 11. С.1027-1032
2. Малов А.Н., Оришич А.М.// Письма в ЖТФ. 2012. Т.38., №1, С. 70-73
3. Малов А.Н., Оришич А.М., Бобарыкина Т.А, Чиркашенко В.Ф. Журнал Оптика Атмосферы и Океана. 2012. Т.25. № 3. С. 244-249

РЕКОМБИНАЦИЯ В ПЛОТНОЙ ИОННОЙ ПЛАЗМЕ ГЕКСАФТОРИДА СЕРЫ И ФТОРА

Ланкин А.В. , Норман Г.Э.*

ОИВТ РАН, Москва,

**Alex198508@yandex.ru*

В работе представлены результаты для скорости рекомбинации в ионной плазме, полученные обработкой данных экспериментальных исследований послесвечения газового разряда в среде фтора и элегаза. Показано замедление скорости рекомбинации в таких средах по сравнению со стандартными формулами для идеальной плазмы. Величина замедления возрастает по мере роста значения параметра неидеальности. При анализе механизма этого явления установлен ряд особенностей рекомбинации в неидеальной ионной плазме.

При описании рекомбинации ионов в элегазе оказывается применима модель (Ланкин, 2008) подавления рекомбинации в неидеальной плазме вследствие формирования зоны многочастичных флуктуаций, разделяющей области свободных заряженных частиц и парных состояний:

$$k'(P, T, \Gamma) = \begin{cases} k_0(T) & \text{for } \Gamma < \Gamma_0 \\ \beta \cdot k_0(T) \exp[-A/2(2\Gamma + \Delta/T)] & \text{for } \Gamma > \Gamma_0 \end{cases} \quad (1)$$

где k_0 – константа скорости рекомбинации в пределе идеальной плазмы, Δ - дополнительный вклад ион-молекулярного взаимодействия в ширину области многочастичных флуктуаций, Γ_0 – точка смены механизма рекомбинации, A – параметр модели, β - определяется из условия непрерывности функции.

При этом параметр неидеальности Γ_0 , при которой происходит смена механизмов рекомбинации в ионной плазме оказывается меньше, чем в электрон-ионной плазме из-за увеличения ширины области многочастичных флуктуаций в результате взаимодействия ионов с нейтральными молекулами. Кроме того, несколько уменьшается значение параметра A из-за большей вероятности рассеивания на большие углы для ион-молекулярных столкновений по сравнению с электронно-электронными, что подтверждается результатами молекулярно-динамического моделирования.

Процесса рекомбинации ионов в плазме фтора замедлен сольватацией ионов и проходит через образование промежуточной пары кластерных ионов. Объяснено подобие скорости рекомбинации как по температурам, так и давлениям. Зависимость скорости рекомбинации от неидеальности при малых Γ обусловлена зависимостью равновесной концентрации рыхлых кластерных пар от коэффициента активности ионов, который определяется в этом случае значением параметра неидеальности Γ .

Предложена формула, описывающая рекомбинацию ионной плазмы с учетом как неидеальности, так и сольватации. Формула не содержит подгоночных параметров.

OSCILLATING PLASMAS OF VACUUM DISCHARGE: FROM STRONG NONIDEALITY TO FUSION TEMPERATURES WITHIN NANoseconds

*Куриленков Ю.К.*¹, Тараканов В.П.¹, Гусков С.Ю.²*

¹ОИВТ РАН, ²ФИАН, Москва,

**yukurilenkov@rambler.ru*

Inertial electrostatic confinement fusion (IECF) represents rather old branch of controlled thermonuclear synthesis study [1,2]. However, at traditional schemes of IECF the high fusion power density is incompatible with high efficiency $Q = E_{fusion}/E_{input}$, since “beam”-like distribution of ions by energies is smoothed essentially by Coulomb collisions before the synthesis is realizing. To overcome this problem, it have been suggested at LANL to inject the electron beams into internal space of grid-like cathode sphere at the end of 90-th [3]. In this case the potential (like parabolic one) will appear at interelectrode space, where the ions will undergo harmonic oscillations. This variant of IECF have been titled as periodically oscillating plasma spheres (POPS), and this scheme have been demonstrated at experiment succesfully also [4]. At the moment of throwout the ions are practically stopped, and ions subsystem turns out to be strongly nonideal. At the next moment the potential well do accelerate ions up to fusion energies at the “bottom”, where head-on collisions, for example, of deuterons leads to DD synthesis with corresponding neutron yields. Periodic collapse of ions provides pulsating neutron yield. At this work the results of PIC modeling of particle dynamics and neutrons yield are compared with the experiment, where IECF scheme with POPS have been realized nonobviously on the basis of nanosecond vacuum discharge with deuterated anode [5]. At this case we don’t need to inject synchronized electron

beams additionally since we have the streams of autoelectrons from cathode which are appearing automatically when the voltage applied.

1. О.Лаврентьев. УкрФизЖурн 8 (1963) 440; Б.Д.Бондаренко. УФН 171 (2001) 886 .
2. W. C. Elmore, J. L. Tuck, and K. M. Watson. Phys. Fluids 2 (1959)239
3. R. A. Nebel and D. C. Barnes Fusion Technology 38 (1998) 28
4. J.Park, R.Nebel et al Phys. Plasmas 12 056315 (2005)
5. Yu. K. Kurilenkov , V.P.Tarakahov, S.Yu. Gus'kov et al. Contrib. Plasma Phys. 51 (2011) 427.

МОЛЕКУЛЯРНО ДИНАМИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ СИСТЕМ ЗАРЯЖЕННЫХ ЧАСТИЦ НА ГРАФИЧЕСКИХ УСКОРИТЕЛЯХ

Быстрый Р.Г., Лавриненко Я.С. , Морозов И.В.*

ОИВТ РАН, Москва,

**lavrinenko-yaroslav@yandex.ru*

Метод молекулярной динамики (МД) предъявляет высокие требования к производительности вычислительных систем, поэтому эффективное решение задач МД моделирования зачастую возможно лишь на современных суперкомпьютерах с параллельной архитектурой с применением соответствующих программных средств. В наибольшей степени на скорость работы программы влияет число частиц в системе и потенциал взаимодействия между ними.

Целью данной работы является создание эффективной программы МД моделирования систем заряженных частиц, взаимодействующих в основном посредством дальнегодействующего кулоновского потенциала (неидеальная плазма, ионные жидкости и кристаллы).

Для вычисления сил с использованием кулоновского потенциала не могут применяться стандартные способы оптимизации (списки ближайших соседей, декомпозиция по пространству), что делает задачу вычислительно тяжелой даже для относительно малого числа частиц. В этом случае использование графических ускорителей (GPU) дает существенный прирост производительности, т. к. позволяет применить декомпозицию по частицам.

В работе рассматривается структура, методы оптимизации и исследования производительности разработанной программы, приведено сравнение с известными пакетами МД моделирования LAMMPS и HOOMD.

Полученная программа была использована для расчета уравнения состояния равновесной электрон-ионной неидеальной плазмы, а также диффузии атомов в кристалле нитрида урана. Применение GPU позволило в десятки раз увеличить быстродействие программы моделирования, что в свою очередь, позволило на порядок увеличить число частиц в системе и получить качественно новые результаты.

ПЕРВОПРИНЦИПНЫЙ РАСЧЕТ ЭЛЕКТРО- И ТЕПЛОПРОВОДНОСТИ СЕРЕБРА

Князев Д.В.* , Левашов П.Р.

ОИВТ РАН, Москва,

*d.v.knyazev@yandex.ru

В настоящее время широко распространены эксперименты по фемтосекундному лазерному нагреву металлов. Для объяснения результатов существующих экспериментов и прогнозирования исходов планируемых исследований широко применяется численное моделирование. Процессы фемтосекундного лазерного нагрева и последующей эволюции образца зачастую описываются в рамках двухтемпературного гидродинамического приближения [1]. Для практического применения этого приближения необходима информация по двухтемпературному уравнению состояния, оптическим свойствам, теплопроводности и коэффициенту электрон-ионной релаксации исследуемого металла.

В данной работе переносные и оптические свойства металлов вычисляются первопринципным образом. Расчет основан на квантовом молекулярно-динамическом (КМД) моделировании, методе функционала электронной плотности и формуле Кубо-Гринвуда. Метод расчета, зависимость результата от технических параметров и их оптимальный выбор подробно описаны на примере алюминия в работе [2]. КМД-моделирование и расчет зонной структуры металла выполняются с помощью программного пакета VASP [3].

В рамках данной работы произведены пробные расчеты динамической электропроводности, статических электро- и теплопроводности серебра. Расчеты проводились в жидкой фазе для нормальной плотности $\rho = 10.5 \text{ г/см}^3$ при температурах от 3000 К до 20000 К.

Основные отличия результатов для серебра от полученных ранее результатов для алюминия заключаются в следующем. Плотность состояний алюминия близка к плотности состояний свободного электронного газа. Зависимость действительной части динамической электропроводности алюминия от частоты имеет вид, качественно совпадающий с предсказаниями теории Друде во всем рассматриваемом диапазоне частот. Серебро же обладает плотностью состояний более сложного вида. В частотной зависимости действительной части динамической электропроводности серебра можно выделить две основных области. При низких частотах вид кривой качественно совпадает с предсказаниями теории Друде. При высоких же частотах кривая имеет немонотонный характер, значительно отличающийся от результатов теории Друде.

В дальнейшем планируется на основе результатов первопринципного расчета построить полуэмпирическую модель оптических свойств серебра. При построении модели предполагается приблизить комплексную диэлектрическую проницаемость суммой формулы Друде и некоторого числа полюсов Лоренца [4]. Такая аппроксимация является эффективной при численном моделировании фемтосекундного лазерного нагрева металлов в рамках двухтемпературного приближения.

1. Povarnitsyn M. E., Andreev N. E., Apfelbaum E. M. et al. // Applied Surface Science. 2012. Vol. 258. P. 9480–9483.
2. Knyazev D. V., Levashov P. R. // Computational Materials Science. 2013. Accepted manuscript.
3. Kresse G., Hafner J. // Phys. Rev. B. 1993. Vol. 47. P. 558–561.
4. Pernice W. H. P., Payne F. P., Gallagher D. F. G. // Optical and Quantum Electronics. 2006. Vol. 38. P. 843–856.

ИЗУЧЕНИЕ ХАРАКТЕРА РАЗРУШЕНИЯ ХЛОРИДА НАТРИЯ ДЛЯ КОРОТКИХ ЛАЗЕРНЫХ ИМПУЛЬСОВ

Савинцев А.П.* , Гавашели Ю.О.

КБГУ, Нальчик,

*pnr@kbsu.ru

Как показали опыты, для прозрачных твердых тел имеет место определенная зависимость порога пробоя (лучевой стойкости) от длительности коротких лазерных импульсов. Исследование характера подобной зависимости, помогает понять механизмы и закономерности пробоя.

Глубина воздействия лазерного импульса и, следовательно, объем удаляемого вещества зависят от состава материала, его оптических свойств, а также мощности лазерного импульса.

В работе была поставлена задача проанализировать характер лучевой стойкости хлорида натрия в фемтосекундном диапазоне длительностей лазерного импульса (50-200) фс. Использованы некоторые экспериментальные данные [1-3]. Рассмотрен ряд возможных механизмов разрушения оптически прозрачных твердых тел лазерными импульсами.

Механизмом повреждения приповерхностного объема твердых тел для фемтосекундных лазерных импульсов является абляция. Формирование разного рода частиц (кластеров, капель или твердых фрагментов) является одной из характерных особенностей абляции при использовании мощных импульсов лазерного излучения [4].

В наших экспериментах было изучено воздействие фемтосекундных лазерных импульсов на кристаллы хлорида натрия, интенсивность лазерного излучения на поверхности образцов достигала 50 ТВт/см^2 [5].

Для оценки абляционных давлений p_a использовалась формула, приведенная в работе [5],

$$p_a(\text{kbar}) = 4.8 \cdot 10^{-4} \cdot I^{1/2}(\text{W/cm}^2)$$

где I – интенсивность лазерного излучения.

Поскольку абляция характеризуется определенными закономерностями, рассчитанные значения абляционных давлений [6] можно использовать для анализа зависимости порога разрушения хлорида натрия от длительности импульса в выбранном фемтосекундном диапазоне.

1. Сверхкороткие световые импульсы / Под. ред. С.М. Шапиро. М. Мир, 1981. 480 с.
2. Савинцев А.П. // Письма в ЖТФ. Т. 34. Вып. 3, 2008. С. 66.
3. Савинцев А.П. // Физика экстремальных состояний вещества-2005, 2005. С. 32.
4. Вейко В.П., Либенсон М.Н., Червяков Г.Г., Яковлев Е.Б. Взаимодействие лазерного излучения с веществом. Силовая оптика / Под. ред. В.И. Конова. М. ФИЗМАТЛИТ, 2008. 312 с.
5. Карпенко С.В., Савинцев А.П., Темроков А.И. // ДАН. 2008. Т. 419. № 2. С. 179.
6. Савинцев А.П., Гавашели Ю.О. // Тез. докл. 10 Всерос. симп. Проблемы физики ультракоротких процессов в сильнонеравновесных средах. М.: ОИВТ РАН. 2012. С. 15.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ХАРАКТЕРИСТИЧЕСКОГО РЕНТГЕНОВСКОГО ИЗЛУЧЕНИЯ И ТЕМПЕРАТУРЫ ГОРЯЧИХ ЭЛЕКТРОНОВ ПРИ ВЗАИМОДЕЙСТВИИ ФЕМТОСЕКУНДНЫХ ЛАЗЕРНЫХ ИМПУЛЬСОВ УМЕРЕННОЙ ИНТЕНСИВНОСТИ С НАНОСТРУКТУРИРОВАННЫМИ МИШЕНЯМИ

*Агранат М.Б., Овчинников А.В., Петровский В.П., Ромашевский С.А., Чегонов О.В.**

ОИВТ РАН, Москва,

**oleg.chefonov@gmail.com*

В настоящих экспериментах исследован абсолютный выход характеристического рентгеновского K_{α} -излучения и проведены измерения температуры горячих электронов лазерной плазмы при взаимодействии фемтосекундных s-поляризованных лазерных импульсов с наноструктурированными мишенями при интенсивности на поверхности мишени порядка 10^{17} Вт/см².

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ФИЗИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ПОЛИ- И КРИСТАЛЛИЧЕСКИХ CVD АЛМАЗОВ В ОБЛАСТИ ОТРИЦАТЕЛЬНЫХ ДАВЛЕНИЙ, СОЗДАВАЕМЫХ ДЕЙСТВИЕМ ЛАЗЕРНОГО ИМПУЛЬСА ДЛИТЕЛЬНОСТЬЮ 70 ПС

*Абросимов С.А.¹, Бажулин А.П.¹, Конов В.И.¹, Красюк И.К.*¹, Пашинин П.П.¹, Ральченко В.Г.¹, Семенов А.Ю.¹, Совец Д.Н.¹, Стучебрюхов И.А.¹, Хищенко К.В.², Хомич А.А.¹*

¹ИОФ РАН, ²ОИВТ РАН, Москва,

**krasyuk99@rambler.ru*

Использование лазеров с короткой длительностью излучения даёт уникальную возможность изучения прочностных свойств твердого тела при больших скоростях деформирования, недостижимых при других способах воздействия на исследуемые материалы. Динамическая прочность вещества в области предельно малых длительностей ударно-волновой нагрузки исследуется путём анализа откольных явлений при отражении импульсов сжатия от свободной поверхности мишени. После отражения импульса сжатия от тыльной поверхности внутри мишени генерируются растягивающие напряжения, которые приводят к её внутреннему разрыву – отколу.

В сообщении представлены результаты экспериментальных исследований физических свойств поликристаллического CVD и кристаллического алмазов при воздействии импульсным лазерным излучением длительностью 70 пс. Кристаллический алмаз интересен тем, что теоретический предел его механической прочности выше всех известных материалов, а, именно- примерно, 60 ГПа. Проведено морфологическое исследование поверхностей мишеней, показавшее наличие структурных изменений, как на их лицевой поверхности, так и на их тыльной поверхности. Впервые определены откольные прочностные исследованных материалов при скоростях деформирования вплоть до $4 \cdot 10^7$ с⁻¹. Численное моделирование с помощью гидродинамического кода с широкодиапазонным реальным уравнением состояния представило картину ударно-волновых явлений, происходящих в исследуемых образцах.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (гранты № 11-02-12003-офи_м-2011, 11-08-01225-а, 12-02-00625-а и 12-02-00746-а), программ Президиума РАН “Экстремальные световые поля и их приложения” № 13П и “Энергетика и механика быстропротекающих процессов и самоорганизация в плазменных, газовых и конденсированных средах” № 2П, а также грантов Президента РФ поддержки ведущих научных школ № НШ-368.2012.2 и НШ-7241.2012.2.

ЗАКОНЫ ПОДОВИЯ КИСЛОРОДНО-ЛАЗЕРНОЙ РЕЗКИ НИЗКОУГЛЕРОДИСТОЙ СТАЛИ СО2 И ВОЛОКОННЫМ ЛАЗЕРОМ

Оришич А.М., Шулятьев В.Б., Маликов А.Г.*

ИТПМ СО РАН, Новосибирск,

**laser@itam.nsc.ru*

В настоящее время волоконные лазеры показали свою высокую эффективность при резке тонких металлических листов. Однако, для толстых листов лучшим выбором является СО2-лазер, если нужно высокое качество реза. Выяснилось, что процесс резки металлов волоконным лазером имеет свои особенности, и результаты, полученные для резки СО2-лазером, не в полной мере применимы, когда для резки используется волоконный лазер. Значительное количество работ посвящено сравнительному исследованию резки металлов волоконным лазером и СО2-лазером. Однако, большинство проведенных сравнительных исследований различных лазеров было сделано при несхожих условиях и отсутствии полного контроля за параметрами резки, что существенно затрудняло анализ полученных результатов и определение наиболее важного физического процесса, обуславливающего наблюдаемое различие.

В настоящем докладе представлены результаты экспериментального исследования взаимосвязи между энергетическими и механическими характеристиками лазерного реза с использованием газового СО2 (длина волны 10.6 мкм) и волоконного (длина волны 1.06 мкм) лазеров.

Цель работы – обобщение экспериментальных результатов для нахождения единых законов подобия, описывающих качество резки, нахождения определяющих безразмерных параметров и оптимальных условий получения минимальной шероховатости поверхности реза. Оптимизирование затраты энергии при высококачественной лазерно-кислородной резке низкоуглеродистой стали.

Измерен баланс энергии при оптимальных параметрах резки. Оптимальным является такой режим резки, при котором шероховатость поверхности имеет минимум. На основе обработки большого экспериментального материала найдены безразмерные критерии, определяющие высокое качество реза. Установлено, что при толщине листов 5...25 мм шероховатость минимальна при условии $Pe = \text{const}$, Pe – число Пекле. При оптимальной величине числа Пекле, которая равна 0,5, лазерная энергия, энергия реакции окисления и потери на теплопроводность, приходящиеся единицу толщины листа, остаются постоянными во всём диапазоне толщин. Термический КПД и доля окисленного железа также имеют постоянную величину для разных толщин при условии минимума шероховатости. На основании полученных результатов сделаны оценки максимальной толщины листа, при которой возможно получение качественного реза, и необходимая мощность лазера.

ИССЛЕДОВАНИЕ РАДИАЦИОННО-ТЕРМИЧЕСКОГО СИНТЕЗА НИКЕЛЬ-ЦИНКОВЫХ ФЕРРИТОВ

*Михайленко М.А.^{*1}, Анчарова У.В.¹, Коробейников М.В.², Штарклев Е.А.², Власов А.Ю.², Елисеев В.С.², Шарафутдинов М.Р.¹, Брызгин А.А.², Толочко Б.П.¹, Ляхов Н.З.¹*

¹ИХТТМ СО РАН, ²ИЯФ СО РАН, Новосибирск,

*mikhailenko@solid.nsc.ru

Воздействие на вещество мощными потоками релятивистских электронов позволяет получить новые эффекты в химии высоких температур твердого тела. Стимулирующее влияние облучения на скорость реакции при сопоставимых температурных условиях может быть предметом технологического интереса[1]. В данной работе был исследован процесс радиационно-термического синтеза никель-цинковых ферритов. Проводилось сравнение реакционной способности при: 1. радиационно-термическом синтезе ферритов с использованием реакционных смесей полученных при совместной механохимической активации оксидов; 2. радиационно-термическом синтезе с использованием реакционных смесей приготовленных из наноразмерных порошков оксидов полученных методом испарения при воздействии электронно-лучевом воздействии. Показано, что совместное использование электронного пучка и механохимической активации для синтеза никель-цинковых ферритов может повысить скорость реакции. Работа проводилась с привлечением оборудования ЦКП «Сибирский центр синхротронного и терагерцового излучения» при поддержке Министерства образования и науки России.

[1] Н.З. Ляхов, В.В. Болдырев А.П. Воронин, О.С. Грибков, Л.Г. Бочкарев, С. В. Русаков, В. Л. Ауслендер / J. of Thermal Analysis ., Vol. 43 (1995) 21-31.

АТОМИСТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ИОННЫХ ТРЕКОВ В ДИОКСИДЕ УРАНА

Писарев В.В.^{}, Стариков С.В.*

ОИВТ РАН, Москва,

*pisarevvv@gmail.com

В работе представлено молекулярно-динамическое (МД) моделирование образования треков тяжёлых ионов в диоксиде урана. Рассмотрен механизм "теплового пика" для ионов высоких энергий, когда преобладает электронное торможение. При этом торможение иона происходит за счет возбуждения электронной подсистемы материала, а затем происходит электрон-решётчатая релаксация энергии, что приводит к нагреву кристаллической решётки и возможному плавлению материала.

Для МД моделирования теплового пика разработана модель электронной теплоёмкости и теплопроводности для диэлектриков. Проведены расчёты теплового пика для объёмного и приповерхностного пролёта иона. В МД моделировании воспроизведён экспериментально наблюдаемый эффект снижения порога трекообразования для ионов, пролетающих вблизи поверхности.

МОЛЕКУЛЯРНО-ДИНАМИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ НЕИДЕАЛЬНОЙ КЛАСТЕРНОЙ ПЛАЗМЫ

Быстрый Р.Г.^{}, Морозов И.В.*

ОИВТ РАН, Москва,

*broman.meld@gmail.com

Облучение мощным ультракоротким лазерным импульсом атомных кластеров нанометрового размера приводит к быстрой ионизации вещества, образованию так называемой «лазерной плазмы» и последующему разлету ионов (кулоновскому взрыву). В данной работе рассмотрен вопрос о колебаниях электронов в кластерной плазме, который представляет интерес как для фундаментальной задачи построения теории неидеальной плазмы, так и для интерпретации результатов конкретных экспериментов. В работах [1-3] экспериментально показано, что при облучении кластеров двумя фемтосекундными импульсами, следующими с определенным интервалом (порядка 1 пс), для второго импульса наблюдается резонансное поглощение, что может быть использовано для повышения эффективности генерации рентгеновского излучения или потоков частиц. Однако, в указанной работе лишь высказаны качественные предположения о физике этого эффекта.

Авторами была написана программа для МД моделирования ионизированных лазером кластеров с применением графических ускорителей (GPU – Graphics processing unit). Эта программа позволяет исследовать системы с размерами от 50 до 100 000 атомов, что позволило рассмотреть весь диапазон практически интересных размеров кластеров, а также исследовать переход от кластерной плазмы к пространственно однородной неидеальной плазме. Так же в данной работе изучен характер колебаний электронного облака на малых временах и указаны условия для возникновения резонансов.

Обнаружено качественное изменение спектра электронных колебаний в зависимости от размеров кластера, а именно, исчезновение плазменной моды колебаний при достижении кластером критического размера в 3500 ионов. Полученные результаты качественно подтверждаются экспериментальными работами и опровергают высказанные ранее предположения о плавной эволюции колебаний Ми в плазменные колебания с ростом размера кластера. Полученные результаты показывают, что частота Ми медленно исчезает с ростом размера кластера, а плазменная частота "скачком" возникает при переходе через определенный пороговый размер кластера.

1. T. Deppner, Th. Fennel, P. Radcliffe, J. et al. Ion and electron emission from silver nanoparticles in intense laser fields // *Phys. Rev. A*. 2006. V. 73. P. 031202R.
2. Deppner T. et al. Dynamics of free and embedded lead clusters in intense laser fields // *The European Physical Journal D-Atomic, Molecular, Optical and Plasma Physics*. – 2003. – A. 24. – V. 1. – P. 157-160.
3. Fennel T. et al. Plasmon-enhanced electron acceleration in intense laser metal-cluster interactions // *Physical review letters*. – 2007. – A. 98. – V. 14. – P. 143401.
4. T. Raitza, H. Reinholz, G. Repke, I. Morozov, E. Suraud. Laser excited expanding small clusters: Single time distribution functions // *Contributions to Plasma Physics*. 2009. V. 49. P. 496-506.
5. M. Belkacem, F. Megi, P.-G. Reinhard, E. Suraud, G. Zwicknagel. Coulomb explosion of simple metal clusters in intense laser fields // *Phys. Rev. A*, 73, 051201R (2006).
6. T. Raitza, G. Repke, H. Reinholz, I. Morozov. *Phys. Rev. E*. 2011. V. 84, P. 036406.

ЭЛЕКТРОННО-СТИМУЛИРОВАННОЕ ОКИСЛЕНИЕ СВИНЦА

Крымшюкалова Д.А. , Аишхотов О.Г., Аишхотова И.Б.*

КБГУ, Нальчик,

**oandi@rambler.ru*

В настоящей работе изучены низкоэнергетические оже-спектры атомарно-чистой поверхности свинца в сверхвысоком вакууме и их изменения в среде кислорода при электронном облучении. В качестве спектрального метода анализа поверхности использовалась электронная оже-спектроскопия с энергоанализатором «цилиндрическое зеркало». Для записи оже-спектров использовали электроны с $E_p=1000$ эВ, 500 мкм, 1 мкА, причем этот же электронный пучок при токе большем в 20–30 раз применяли и для электронной стимуляции адсорбции кислорода. Остаточное давление в рабочей камере до напуска кислорода было 10^{-10} Торр. Для получения газовой среды с требуемым парциальным давлением в рабочую камеру через регулируемый цельнометаллический натекагель при работающих насосах напускался кислород, давление которого измерялось ионизационным манометром ВИ-14. Эксперименты по исследованию ЭСА всегда начинали с атомарно-чистой поверхности. В первую очередь, мы изучили кинетику адсорбции кислорода (10^{-6} Торр) без электронного облучения. В этом случае количество кислорода на поверхности, также как и после контакта с атмосферой, было не более 12 ат.проц. вследствие низкой реакционной способности свинца. Далее включали электронный пучок с заданной энергией и наблюдали изменение спектров в зависимости от кислородной экспозиции. Анализ спектров показал, что бомбардировка поверхности электронами стимулирует адсорбционные процессы. Зависимость стимулирующего влияния электронов от энергии нелинейная и наблюдается в интервале 30 – 300 эВ, с максимумом около 50 эВ, когда концентрация кислорода становится более 25 ат.проц. В этом же интервале энергий наблюдалось смещение пика свинца $N_6O_{4,5}O_{4,5}$ на 1 эВ. Увеличение энергии более 300 эВ приводит к обратному эффекту, причем концентрация кислорода на поверхности начиная с 800 эВ падает практически до нуля. Таким образом, рассмотренные результаты позволяют утверждать, что контакт свинца с атмосферой или кислородной средой (740 Торр) приводит, как и следовало ожидать, к образованию устойчивого оксида PbO. Экспозиция поверхности свинца в интервале 0 – 5000 Л в среде кислорода без электронной бомбардировки приводит к химической и частично физической адсорбции кислорода, но образование оксидной пленки не наблюдается. Физадсорбированный кислород в сверхвысоком вакууме со временем уходит с поверхности. При электронной стимуляции в интервале энергий электронов 30–300 эВ, происходит изменение соотношения интенсивностей пиков кислорода и свинца, причем состав становится близким к стехиометрическому, характерному для Pb₂O(+1). По всей видимости, имеет место образование закиси свинца, на что указывает и смещение пика $N_6O_{4,5}O_{4,5}$ на 1 эВ.

CRYSTAL-LIKE AND PLASMA-LIKE PROPERTIES OF THE TWO-TEMPERATURE WDM

Norman G.E. , Skobelev I.Yu., Starikov S.V., Stegailov V.V.*

ОИИТ РАН, Москва,

**genri.norman@gmail.com*

The two-temperature warm dense matter (WDM) is produced for short times at the interaction of fs and ps laser radiation with solid surfaces [1,2], propagation of a fast ion through condensed matter [3] and at some other advanced experiments. The theory of such transient nonequilibrium WDM states is a challenging problem since electron temperature is about several eV, but ions remain to be cold and keep original crystallographic positions for several ps. Therefore the band structure survives but electron and phonon energy dispersions are changed due to the inverse influence of the electron excitation. Ion cores survive as well but their inner shells are partially excited and their populations follow plasma behavior. So the temporary WDM states considered demonstrate both crystal and plasma features like a crystal-plasma “centaur”.

Crystal-like properties. The finite temperature DFT [4] is deployed to study the influence of the electron excitation on electron and phonon energy dispersions. Two examples are considered: crystalline gold and fcc LiF crystal. Non-equilibrium spinodal decay [5,6] and change of ionic for covalent bonding [7] are pointed to as a lifetime limitation at the fast heating.

Electron-temperature-dependent (ETD) interionic interaction. An atomistic two temperature model with the ion-ion interaction potential dependent on the electron temperature T_e is developed [8]. The use of this ETD potential allows to take into account the change in the physical properties of the ion subsystem caused by heating of the electron subsystem.

Two temperatures molecular dynamics simulation of melting. Two phase simulation is used [9]. The ETD potential, T_e and the ion density are fixed. The ion temperature is adjusted to the value when the interface between the crystal and melt in the MD cell comes to a stop. The value of the ionic pressure is supplemented by the electron gas correction.

Transient processes. The electron subsystem of the two temperature WDM is modeled by a continuum, while evolution of the ion subsystem is simulated by the molecular dynamics method with the ETD potential [8]. Energy transfer from the electron to ion subsystem is taken into account. It provides the time-dependence of the ETD potential. Examples are considered.

Plasma-like properties. The methods of molecular dynamics and collisional-radiative kinetics are used to investigate the plasma properties of WDM [3]. The transient but steady (quasi-stationary for a short time) state of non-equilibrium, uniform electron plasmas can be both strongly and weakly coupled. X-ray spectral lines are emitted by ion cores embedded in electron plasma environment which influences the spectra strongly. An x-ray spectral method can be developed for the diagnostics of the electron plasma in WDM.

1. F.B.Rosmej, R.W.Lee, D.Riley, J.Meyer-ter-Vehn, A.Krenz, T.Tschentscher, An.Tauschwitz, A.Tauschwitz, V.S.Lisitsa, A.Ya.Faenov. *J. Phys. Conf. Ser.* 72, 012007 (2007).
2. B.Nagler, U. Zastra, R.R.Faustlin, et al. *Nature Physics.* 5, 693 (2009).
3. A.V.Lankin, I.V.Morozov, G.E.Norman, S.A.Pikuz, Jr., I.Yu.Skobelev. *Phys.Rev. E.* 79, 036407 (2009).
4. V.Recoules, J.Clerouin, G.Zerah, P.M.Anglade, S.Mazevet. *Phys. Rev. Lett.* 96, 55503 (2006)
5. G.,E.Norman, V.V.Stegailov, A.,A.Valuev. *Contrib. Plasma Phys.* 43, 384 (2003).
6. R. Ernstorfer, M. Hard, C. Hebeisen, G. Sciaini, T. Dartigalongue, and R. J. D. Miller, *Science (Washington)* 323, 1033 (2009).
7. V. Stegailov, *Contrib. Plasma Phys.* 50, 31 (2010).
8. G.E. Norman, S.V. Starikov, V.V. Stegailov, *JETP* 114, 792 (2012).
9. G. E. Norman, S. V. Starikov, V.V. Stegailov, P. A. Zhilyaev, I. M. Saitov. *Contrib. Plasma Phys.* 53, 129 (2013).

**КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ФОРМИРОВАНИЯ
МЕТАЛЛИЧЕСКИХ НАНОЧАСТИЦ, ПОЛУЧАЕМЫХ МЕТОДОМ ГАЗОФАЗНОЙ
КОНДЕНСАЦИИ**

*Гельчинский Б.Р.*¹, Воронцов А.Г.², Коренченко А.Е.², Дюльдина Э.В.³*

¹ИМЕТ УрО РАН, Екатеринбург,, ²ЮУрГУ, Челябинск,, ³МаГТУ им. Г.И. Носова, Магнитогорск

**brg47@list.ru*

Методы производства металлических нанопорошков весьма разнообразны, и можно говорить о значительном прогрессе в области нанотехнологий, достигнутом за последние годы. Среди различных существующих способов нас интересует получение металлических наночастиц методом испарения и конденсации [1]. Данный способ заключается в испарении металла при нагревании в атмосфере инертного газа с низкой плотностью. Пары металла перемещаются от горячего источника в область более холодного газа путем комбинации конвективных потоков и диффузии. Понижение температуры ведет к быстрому снижению равновесного давления пара и высокому пересыщению [2], которое, в свою очередь, вызывает быстрое образование критических зародышей. Затем происходит Броуновская коагуляция и термофоретическое осаждение частиц. Для того чтобы понять, каким образом можно получить металлический нанопорошок требуемого качества (размер, форма, дисперсность), нужно определить физические параметры процесса зарождения и роста частиц в газовой фазе. Механизм образования наночастиц при конденсации в атмосфере инертного газа включает образование зародышевых центров, рост частиц, коагуляцию и коалесценцию. Атомы металла, оторвавшиеся от поверхности расплава, быстро теряют свою энергию при столкновении с атомами газа. Поэтому начальный процесс образования зародышей протекает гомогенно в паровой фазе. Для изучения процессов парофазного синтеза наночастиц в условиях реального эксперимента более приемлемо использование сочетание методов классической МД для описания быстрых процессов (типа столкновения наночастиц различных размеров), которые протекают на атомном масштабе времени и пространства, и методов теории непрерывной среды для описания конвективного движения потоков частиц в поле температурных градиентов, создаваемых в реакторе для их синтеза. Многомасштабное моделирование предполагает не только моделирование

в разных масштабах размера от атомного, до макро уровня, но и возможность применения результатов моделирования, полученных на одном уровне в качестве исходных данных на следующем уровне масштабирования.

Применяемые методы моделирования - Макроскопическое моделирование - применение методов теории непрерывной среды для описания конвективного движения потоков гомо- и гетерофазной смеси нейтрального газа, металлического пара и металлических нанокластеров в поле температурных градиентов. - Атомное и микроскопическое моделирование процессов формирования металлических нанокластеров – метод классической молекулярной динамики, периодичные граничные условия, NVT – ансамбль, ЕАМ потенциал.

Работа поддержана: проектом РФФИ № 11-08-00891-а, проектом по Программе фундаментальных исследований Президиума РАН № 27 «Основы фундаментальных исследований фундаментальных исследований нанотехнологий и наноматериалов».

1. K. Wegner, B. Walker, S. Tsavros, S.E. Chem Eng Sci, 57 (2002) 1753. .
2. R.C. Flagan, M.M. Lunden. Mater. Sci. Eng. A204 (1995) 113.

СТАТИСТИЧЕСКАЯ ТЕОРИЯ ПРОЦЕССОВ ПЕРЕНОСА СТЕСНЕННЫХ ПОВЕРХНОСТЯМИ ТЕЧЕНИЙ

Рудяк В.Я. , Белкин А.А.*

НГАСУ (Сбистрин), Новосибирск,

**valery.rudyak@mail.ru*

Устройства, основанные на применении микротечений жидкостей и газов, обладают уникальными характеристиками и уже сегодня интенсивно используются в медицине, теплоэнергетике, фармакологии, приборостроении, катализе и т.п. Это мотивирует активное изучение свойств таких течений, и в первую очередь свойств переноса флюида в них. В наноканале существенная часть всех взаимодействий молекул флюида – это их столкновения с молекулами стенок канала. Естественно, описывать свойства переноса энергии и импульса обычными коэффициентами теплопроводности и вязкости в таких условиях бессмысленно. Более того, возникает вопрос о применимости классических гидродинамических подходов и гипотез. Целью данной работы является разработка статистической теории процессов переноса флюида в стесненных условиях. Она строится из первых принципов методами неравновесной статистической механики.

Система «жидкость – стенки канала» рассматривается как двухфазная среда, каждая фаза состоит из однотипных молекул и характеризуется своими макроскопическими переменными: плотностью, скоростью и температурой. Уравнения переноса такой системы получаются осреднением микроскопических уравнений переноса по неравновесной функции распределения. Функция описывает реакцию системы на термодинамические силы, включающие как градиенты скорости и температуры, так и разницы скоростей и температур двух фаз. Для построения этой функции используется один из вариантов метода проекционного оператора. Метод позволяет замкнуть уравнения гидродинамики, получив определяющие соотношения для тензора напряжений, вектора потока тепла и межфазных сил.

Важно отметить, что наличие в уравнениях переноса флюида межфазных сил, ответственных за передачу импульса и тепла при взаимодействии с поверхностями стенок, является неотъемлемым свойством стесненных поверхностями течений.

Тензор напряжений и вектор потока тепла флюида в локальном приближении удастся выразить через эффективные коэффициенты вязкости и теплопроводности. Определяющие соотношения для коэффициентов переноса содержат аддитивные члены, соответствующие взаимодействиям флюид-флюид и флюид-поверхность. Таким образом, коэффициенты переноса жидкости или газа в наноканале не просто не совпадают с объемными значениями, они не определяются лишь параметрами флюида. Изучая процессы переноса импульса и энергии флюида, необходимо вводить вязкость и теплопроводность системы «флюид – поверхность».

Работа выполнена при поддержке ФЦП «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» (контракт 14.В37.21.1639) и РФФИ (грант 13-01-00052-а)

НЕЛИНЕЙНОЕ РЕЗОНАНСНОЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ ЛАЗЕРНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ С МЕТАЛЛИЧЕСКИМИ НАНОЧАСТИЦАМИ И МЕТАЛЛОДИЭЛЕКТРИЧЕСКИМИ НАНОСТРУКТУРАМИ

Смирнов А.И.

ИПФ РАН, Нижний Новгород,

smirnov@appl.sci-nnov.ru

В последние годы проблемы нелинейного резонансного взаимодействия лазерного излучения с металлическими наночастицами и металлодиэлектрическими наноструктурами выходят на передний план в современной нанофотонике. В оптическом и ближнем инфракрасном (ИК) диапазонах металлические нанобъекты способны поддерживать достаточно высокодобротные так называемые плазмон-поляритонные возбуждения, в которых электромагнитная энергия локализована на субволновых масштабах. Такие резонансные системы наиболее перспективны с точки зрения разнообразных приложений, так как позволяют разработать устройства, позволяющие управлять световыми потоками на наномасштабах [1,2]. Кроме того, наличие резонансов у нанобъектов приводит к резкому увеличению вблизи них интенсивности электромагнитного поля, что можно использовать в целях нелинейной диагностики как самих резонансных объектов, так и расположенных вблизи них структур.

В предлагаемом докладе рассматриваются следующие задачи нелинейной наноплазмоники:

1) создание методики ближнепольной нелинейно-оптической диагностики поверхностных наноструктур, основанной на эффекте локального усиления поля около острия проводящей иглы атомно-силового микроскопа (АСМ) при облучении фемтосекундным лазерным излучением;

2) изучение нелинейно-оптических свойств диэлектрических сред с включениями в виде наночастиц золота и серебра;

3) исследование резонансных эффектов при генерации второй гармоники лазерного излучения металлическими наночастицами.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (грант № 13-02-00881 А)

1. Alexander A. Zharov, Daria A. Smirnova, and Alexander I. Smirnov. "Nonlinear resonant control of cross-cut photonic flows". J. Opt. Soc. Am. B 29, 443-449 (2012)
2. D.A. Smirnova, A.I. Smirnov, and A.A. Zharov. "Two-dimensional plasmonic eigenmode nanolocalization in an inhomogeneous metal-dielectric-metal slot waveguide". Письма в ЖЭТФ, том 96, вып.3-4, 262-267 (2012)

ОПТИМИЗАЦИЯ НАНОПОРИСТОЙ СТРУКТУРЫ АКТИВИРОВАННЫХ УГЛЕЙ НА ОСНОВЕ ДРЕВЕСИНЫ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ УДЕЛЬНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ДВОЙНОСЛОЙНЫХ ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИХ СУПЕРКОНДЕНСАТОРОВ

Вервикишко Д.Е., Янлыккин И.В., Саметов А.А., Григоренко А.В., Атаманюк И.Н., Школьников Е.И.*

ОИВТ РАН, Москва,

**vitkina-darya@yandex.ru*

Углеродные материалы широко применяются в качестве электродных структур суперконденсаторов. Причиной этого является ряд уникальных свойств углерода: потенциально высокая удельная поверхность и коррозионная стойкость, достаточная электронная проводимость, высокая температурная стойкость, возможность управления удельной поверхностью и параметрами пористой структуры в процессе синтеза. Кроме того, многообразие форм углеродных материалов также позволяет более гибко подходить к выбору электродных материалов. Большинство коммерческих углеродных материалов получено термообработкой исходных органических углерод-содержащих прекурсоров в инертной или активной атмосфере при различных температурах. Структура полученного материала во многом определяется выбором прекурсора. К традиционным углеродным материалам, применяемым в суперконденсаторах, относится активированный уголь.

Основным элементом суперконденсатора является пористый электрод чаще всего на основе активированного углеродного материала с высокоразвитой поверхностью. Изучение нанопористой структуры данных углеродных материалов и ее взаимосвязи с характеристиками суперконденсаторов является неотъемлемой частью работы по повышению удельных характеристик суперконденсаторов. На сегодняшний день однозначно не определены все факторы, включая параметры пористой структуры, влияющие на эффективную работу суперконденсатора.

Помимо удельной поверхности и проводимости, а также распределения пор по размерам в углеродных материалах, важным параметром является физико-химическое состояние поверхности электродов, а именно наличие функциональных групп. Функциональные группы во многом определяют такие параметры суперконденсатора как ток саморазряда, сорбционную способность электрода по отношению к электролиту, контактное сопротивление, угол смачивания. Наличие тех или иных групп может также служить причиной химических реакций между углем, электролитом и токовым коллектором, что собственно и приводит к возникновению токов саморазряда, а также к деградации электролита.

В рамках работы установлены корреляции между параметрами пористой структуры активированных углей, полученных термохимической щелочной активацией древесины, и удельными характеристиками суперконденсаторов на основе данных материалов с электролитом серная кислота.

На сегодняшний день достигнуты значения удельной емкости двойного электрического слоя на уровне 350 Ф/г при использовании серной кислоты в качестве электролита.

ПОЧЕМУ ПРОЦЕССЫ ПЕРЕНОСА В НАНОЖИДКОСТЯХ НЕ ОПИСЫВАЮТСЯ КЛАССИЧЕСКИМИ ТЕОРИЯМИ?

Рудяк В.Я.

НГАСУ (Сибстрин), Новосибирск,

valery.rudyak@mail.ru

Наножидкости – это новый класс дисперсных флюидов. Они состоят из несущего флюида (жидкости или газа) и твердых наночастиц. Исследования наножидкостей имеет и фундаментальную, и прикладную мотивацию. Наножидкости уже сегодня применяются или планируется их применение в огромном числе различных технических устройств и систем. Здесь можно назвать системы охлаждения различных устройств, фильтрации, трансформации и переноса тепловой энергии, различные микроустройства, применяющиеся в био- и медицинских технологиях. Наножидкости используются в качестве смазочных материалов, при создании новых строительных материалов, красителей, в фармацевтической и парфюмерной промышленности, при решении ряда экологических проблем и т.д. Во всех случаях ключевую роль играют процессы переноса в наножидкостях. С другой стороны, эти процессы, как правило, не описываются классическими теориями. Цель данного доклада и состоит в том, чтобы дать ответ на вопрос: почему процессы переноса в наножидкостях не описываются классическими теориями. В частности, анализируется и обсуждается: (i) диффузия наночастиц в газах и жидкостях; (ii) термодиффузия наночастиц; (iii) вязкость и теплопроводность наножидкостей. Показано, что, в отличие от свойств переноса крупнодисперсных жидкостей, которые определяются в основном свойствами несущего флюида и концентрацией частиц, в наножидкостях необходимо учитывать и размер частиц, и их материал. Доклад построен на анализе как существующих экспериментальных данных, в том числе оригинальных, так и на данных молекулярно-динамического моделирования.

Работа выполнена при частичной поддержке РФФИ (грант № 13-01-00052).

**РЕНТГЕНОВСКИЙ ФОТОЭЛЕКТРОННЫЙ СПЕКТРОМЕТР СИСТЕМЫ K-ALPHA.
ТЕХНИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ, ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ ВОЗМОЖНОСТИ И
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ УСТАНОВКИ ОТДАЛЕННЫМИ ИССЛЕДОВАТЕЛЯМИ**

Калажиков Х.Х., Калажиков З.Х. , Карамурзов Б.С.*

КБГУ, Нальчик,

**z-kalazh@yandex.ru*

В сообщении дается полная характеристика РФЭ спектрометра фирмы Thermo Fisher Scientific системы K-Alpha. Рассмотрена возможность определения концентрации основных компонентов бинарного сплава в камере его приготовления с использованием данных, измеренных РФЭ спектрометром уже после контакта поверхности сплава с воздушной средой. На примере системы In-Pb показано удовлетворительное согласие результатов расчета с экспериментом

Рентгеновская фотоэлектронная спектроскопия (РФЭС) является одним из самых востребованных методов анализа поверхности различных, в том числе и современных наноматериалов. Высокая поверхностная и элементная чувствительность делают РФЭС незаменимым инструментом исследования поверхностного слоя. Метод РФЭС является неразрушающим и вошел в список наиболее информативных и часто используемых методов для анализа наноматериалов. В связи с этим Кабардино-Балкарский госуниверситет приобрел РФЭ спектрометр английской фирмы Thermo Fisher Scientific системы K-Alpha. Прибор K-Alpha – полностью интегрированная рентгеновская система. Работу прибора контролирует компьютер с операционной системой Windows 7 и обслуживающей программой Avantage последнего поколения. Система K-Alpha – действительно уникальна, она отличается высокой производительностью и точностью получаемых научных результатов при изучении различных проводящих и непроводящих материалов. При толщинах пленок, не превышающих нескольких монослоев, РФЭС позволяет исследовать межфазную границу пленка-подложка и реакции, которые протекают в этой области при температурных и радиационных воздействиях. В сообщении будет представлена полная характеристика прибора, один из авторов расскажет о возможностях прибора, продемонстрирует спектры высокого разрешения и обратит внимание слушателей на те уникальные научные результаты, которые позволяет получить РФЭ спектрометр K-Alpha. И, наконец, в сообщении будет представлена методика, позволяющая расширить круг пользователей РФЭ спектрометром. Суть метода заключается в том, что записывая выражение фотоэмиссионного тока для каждого компонента $i = A, B$ бинарного сплава системы $A+B$

ПРИНЯТЫЕ СОКРАЩЕНИЯ

ИГиЛ СО РАН — Институт гидродинамики им. М.А. Лаврентьева Сибирского отделения РАН, Новосибирск,
ИМЕТ УрО РАН — Институт металлургии Уральского отделения РАН
ИОФ РАН — Институт общей физики РАН, Москва,
ИПМАШ РАН — Институт проблем машиноведения РАН, Санкт-Петербург,
ИПФ РАН — Институт прикладной физики РАН, Нижний Новгород,
ИСЭ СО РАН — Институт сильноточной электроники СО РАН, Томск,
ИТ СО РАН — Институт теплофизики Сибирского отделения РАН, Новосибирск-90,
ИТПМ СО РАН — Институт теоретической и прикладной механики им. С.А. Христиановича СО РАН, Новосибирская область,
ИХТТМ СО РАН — Институт химии твердого тела и механохимии Сибирского отделения РАН, Новосибирск,
ИЯФ СО РАН — Институт ядерной физики им. Будкера Сибирского отделения РАН, Новосибирск,
КБГУ — Кабардино-Балкарский государственный университет, Нальчик,
МаГТУ — Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова
МИФИ — Московский государственный инженерно-физический институт (технический университет), Москва,
МФТИ — Московский физико-технический институт (государственный университет), Долгопрудный,
НГАСУ (Сибстрин) — Новосибирский государственный архитектурно-строительный университет (Сибстрин), Новосибирск,
ОИВТ РАН — Объединенный институт высоких температур РАН, Москва,
СПбГТИ(ТУ) — Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет)
ТУЛГУ — Тульский государственный университет, Тула,
ФИАН — Физический институт им. П.Н. Лебедева РАН, Москва,
ЮУрГУ — Южно-уральский государственный университет, Челябинск,

ЗАРЕГИСТРИРОВАВШИЕСЯ УЧАСТНИКИ КОНФЕРЕНЦИИ

1. *Белкин Александр Анатольевич*, НГАСУ (Сбистрин), Новосибирск, тел.: +7(383)2668014, факс: +7(383)2662725, a_belkin@ngs.ru
2. *Болеста Алексей Владимирович*, ИТПМ СО РАН, Новосибирск, тел.: +7(383)3303804, факс: +7(383)3307268, bolesta@itam.nsc.ru
3. *Быстрый Роман Григорьевич*, ОИВТ РАН, Москва, тел.: +7(985)6474714, факс: +7(985)6474714, broman.meld@gmail.com
4. *Гавашели Юлия Олеговна*, КБГУ, Нальчик, тел.: +7(928)7168367, факс: +7(928)7168367, yu-rakhunova@mail.ru
5. *Гельчинский Борис Рафаилович*, ИМЕТ УрО РАН, Екатеринбург, тел.: +7(922)2162633, факс: +7(343)2678914, brg47@list.ru
6. *Груздков Алексей Андреевич*, СПбГТИ(ТУ), Санкт-Петербург, тел.: +7(911)2883748, факс: +7(812)7127791, gruzdkov@mail.ru
7. *Губин Сергей Александрович*, НИЯУ МИФИ, Москва, тел.: +7(495)3243175, факс: +7(495)3243175, gubin_sa@mail.ru
8. *Дюльдина Эльвира Владимировна*, МаГТУ им. Г.И.Носова, Магнитогорск, тел.: +7(351)9298514, факс: +7(343)2678914, e.dyuldina@mail.ru
9. *Зиборов Вадим Серафимович*, ОИВТ РАН, Москва, тел.: +7(495)4842610, факс: +7(495)4857990, shumova@ihed.ras.ru
10. *Калажоков Хамидби Хажисмелович*, КБГУ, Нальчик, тел.: +7(928)7073163, факс: +7(8662)422560, khh49@mail.ru
11. *Князев Дмитрий Владимирович*, ОИВТ РАН, Москва, тел.: +7(495)4857988, факс: +7(495)4857988, d.v.knyazev@yandex.ru
12. *Красюк Игорь Корнелиевич*, ИОФ РАН, Москва, тел.: +7(499)5038130, факс: +7(499)1352055, krasjuk99@rambler.ru
13. *Крымшокалова Джульетта Аbugалиевна*, КБГУ, Нальчик, тел.: +7(928)7213839, факс: +7(8662)722304, oandi@rambler.ru
14. *Куриленков Юрий Константинович*, ОИВТ РАН, Москва, тел.: +7(495)4841647, факс: +7(495)4841647, yukurilenkov@rambler.ru
15. *Лавриненко Ярослав Сергеевич*, ОИВТ РАН, Москва, тел.: +7(967)1708355, факс: +7(495)4857990, lavrinenko-yaroslav@yandex.ru
16. *Ланкин Александр Валерьевич*, ОИВТ РАН, Москва, тел.: +7(495)4858545, факс: +7(495)4857990, Alex198508@yandex.ru
17. *Малов Алексей Николаевич*, ИТПМ СО РАН, Новосибирск, тел.: +7(383)3307342, факс: +7(383)3307342, malex@itam.nsc.ru
18. *Михайленко Михаил Александрович*, ИХТТМ СО РАН, Новосибирск, тел.: +7(923)6156761, факс: +7(383)3322847, mikhailenko@solid.nsc.ru
19. *Норман Генри Эдгарович*, ОИВТ РАН, Москва, тел.: +7(495)4859263, факс: +7(495)4857990, genri.norman@gmail.com
20. *Орешкин Владимир Иванович*, ИСЭ СО РАН, Томск, тел.: +7(3822)492988, факс: +7(3822)491677, oreshkin@ovpe.hcei.tsc.ru
21. *Оришич Анатолий Митрофанович*, ИТПМ СО РАН, Новосибирск, тел.: +7(383)3307342, факс: +7(383)3307342, laser@itam.nsc.ru
22. *Печеркин Владимир Яковлевич*, ОИВТ РАН, Москва, тел.: +7(495)4841810, факс: +7(495)4857990, vpecherkin@yandex.ru
23. *Писарев Василий Вячеславович*, ОИВТ РАН, Москва, тел.: +7(495)4858545, факс: +7(495)4857990, pisarevvv@gmail.com
24. *Поляков Дмитрий Николаевич*, ОИВТ РАН, Москва, тел.: +7(495)4841810, факс: +7(495)4857990, cryolab@ihed.ras.ru
25. *Романова Вера Михайловна*, ФИАН, Москва, тел.: +7(499)1326668, факс: +7(499)1326876, vmr@inbox.ru
26. *Рудяк Валерий Яковлевич*, СИБСТРИН, Новосибирск, тел.: +7(913)9137970, факс: +7(383)2664083, valery.rudyak@mail.ru
27. *Смирнов Александр Ильич*, ИПФ РАН, Нижний Новгород, тел.: +7(831)2160656, факс: +7(831)2160616, smirnov@appl.sci-nnov.ru
28. *Смирнов Лев Александрович*, ИПФ РАН, Нижний Новгород, тел.: +7(831)4164690, факс: +7(831)4160616, smirnov.lev.al@gmail.com
29. *Стегайлов Владимир Владимирович*, ОИВТ РАН, Москва, тел.: +7(495)4858545, факс: +7(495)4857990, stegailov@gmail.com
30. *Сысоева Светлана Анатольевна*, ОИВТ РАН, Москва, тел.: +7(495)4832276, факс: +7(495)4832276, SSysoeva-OIVT-RAN@yandex.ru
31. *Тен Константин Алексеевич*, ИГиЛ СО РАН, Новосибирск, тел.: +7(913)9031515, факс: +7(383)3331612, ten@hydro.nsc.ru
32. *Тимофеев Алексей Владимирович*, ОИВТ РАН, Москва, тел.: +7(903)5059091, факс: +7(495)4857990, timofeevalvl@gmail.com
33. *Толочко Борис Петрович*, ИХТТМ СО РАН, Новосибирск, тел.: +7(913)9101725, факс: +7(383)3322847, tolochko@inp.nsk.su
34. *Уткин Александр Анатольевич*, ИПМАШ РАН, Санкт-Петербург, тел.: +7(812)3214778, факс: +7(812)3214771, a.utkin51@gmail.com
35. *Фомин Василий Михайлович*, ИТПМ СО РАН, Новосибирск, тел.: +7(383)3308534, факс: +7(383)3300655, fomin@itam.nsc.ru
36. *Хищенко Константин Владимирович*, ОИВТ РАН, Москва, тел.: +7(495)4842483, факс: +7(495)4857990, konst@ihed.ras.ru

37. *Чефонов Олег Владимирович*, ОИВТ РАН, Москва, тел.: +7(495)2294240, факс: +7(495)2294240, oleg.chefonov@gmail.com
38. *Шумихин Алексей Сергеевич*, ОИВТ РАН, Москва, тел.: +7(495)4842110, факс: +7(495)4842299, shum_ac@mail.ru
39. *Шумова Валерия Валериевна*, ОИВТ РАН, Москва, тел.: +7(495)4842610, факс: +7(495)4857990, shumova@ihed.ras.ru