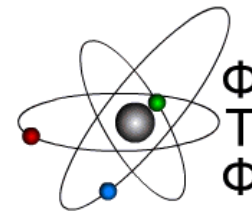


**Харківський національний університет
імені В.Н. Каразіна
Фізико-технічний факультет**

**Студентська наукова конференція
з прикладної фізики**

***„ Актуальні проблеми сучасної
фізики ”***



**Харків
2014**

УДК 53.(082)
ББК 22.3я43
С 88

ОРГАНІЗАЦІЙНИЙ КОМІТЕТ

Голова комітету – Гірка Ігор Олександрович, професор, декан ФТФ
Заступник голови – Дудін Станіслав Валентинович, канд. фіз.-мат. наук,
доцент, заст. декана ФТФ
Члени комітету ФТФ:
проф..Баранник С.О., проф..Бізюков О.А., проф.. Лісовський В.О., проф..
Ходусов В.Д., доц..Кириченко В.Г., доц..Щусь А.П.,

*Рекомендовано до друку Вченою радою
Фізико-технічного факультету
(протокол № 10 від 22.10.2014 р.)*

С 88 **Студентська наукова конференція з прикладної фізики
„Актуальні проблеми сучасної фізики”**: Тези. – Х.: ХНУ імені
В.Н. Каразіна, 2014. - 70с.

У збірнику приведені тези доповідей студентських наукових робіт з прикладної фізики у наступних напрямках: матеріалознавство та конструкційні матеріали; фізика плазми та плазмові технології; теоретична ядерна фізика; експериментальна ядерна фізика, медична та біологічна фізика. Роботи доповідалися на студентській науковій конференції фізико-технічного факультету.

Матеріали подаються в авторській редакції.

Відповідальність за достовірність інформації, коректність математичних викладок та точність наведених фактів несуть автори. Редакція може не поділяти точку зору авторів на викладену проблему. Тези доповідей опубліковано мовою оригіналу.

Посилання на матеріали збірника обов'язкові.

© Харківський національний університет
імені В.Н. Каразіна, 2014

Определение равномерности фотонного пучка линейного ускорителя с помощью электрометра Визначення рівномірності фотонного пучка лінійного прискорювача за допомогою електрометра

Авдєєва А.Г.(науковий керівник – д.м.н.,ст.н.пр. Старенький В.П.)

При применении лучевой терапии одной из наиболее значимых и в то же время слабо контролируемой характеристикой дозного поля является его равномерность, формируемая, в свою очередь, равномерностью пучка ионизирующего излучения.

Типичный профиль распределения поглощенной дозы представляет собой зависимость поглощенной дозы от расстояния до оси пучка на определенной глубине водного фантома. Спецификация по равномерности фотонных пучков определяется в настоящее время согласно рекомендациям Международной Электротехнической Комиссии (МЭК) и включает два требования: во-первых, расстояние между уровнями 90% дозы и геометрическим краем пучка не должно превышать 10 мм вдоль большей оси и 20 мм вдоль диагонали пучка; во-вторых, максимальная величина поглощенной дозы в любой точке внутри 90 % изодозового контура не должна отличаться более чем на 5 % от дозы на той же глубине на оси пучка. Спецификация по симметрии пучков согласно рекомендациям МЭК определяется также на глубине максимальной дозы и включает следующее требование: различие в значениях дозы в любых двух точках, расположенных симметрично на противоположных сторонах относительно центральной оси, не должно превышать 2 %[1].

При планировании лучевой терапии важно точно определять местоположение и границы облучаемой области. Наличие нормальных, близлежащих к облучаемой области органов ограничивает величину радиационной дозы вследствие присущей им специфической радиочувствительности. Если это не учитывать, то нормальные ткани будут испытывать постоянное повреждающее воздействие.

Рассматривать равномерность распределения ионизирующего излучения можно методом фотометрирования пленок, при помощи электрометра и т.д.

После сравнения методик, была проведена работа, в ходе которой были получены профили дозных полей при помощи ионизационной камеры в трехмерном водном фантоме и электрометра. Поскольку этот

метод позволяет проводить измерения на нескольких глубинах. В работе также были рассмотрены особенности, и возможные варианты описания равномерности дозных полей. Равномерность поглощенной дозы оценивалась с помощью отклонения распределения от идеального профиля с использованием электрометра. С помощью понятия «симметрия пучка» сравнивались дозовые профили по разные стороны от центральной оси пучка.

По данным полученным в ходе эксперимента были построены графики и проведены расчеты способами: абсолютное отклонение элементов в совокупности данных, которое представляет собой абсолютную разницу между полученной равномерностью распределения поглощенной дозы и выбранной точкой, от которой отсчитывается отклонение, а также с помощью среднеквадратичного отклонения (СКО).

При расчете с помощью СКО, коэффициент равномерности распределения (K_p) излучения дает меньшую погрешность и составляет более $K_p = 95\%$.

В результате проведенного исследования полученная методика может быть использована в клинической дозиметрии для улучшения контроля физических характеристик ионизирующего излучения, применяемого в лучевой терапии.

Список литературы:

1. Климанов В.А. Дозиметрическое планирование лучевой терапии, 2008
2. Ильич Г.К. Медицинская и биологическая физика ионизирующих излучений, 2002
3. Тюбиана М. и соавт. Физические основы лучевой терапии и радиобиологии. М., ИЛ. 1969. 615с.

Теория зарождения новой фазы в фазовых переходах первого рода Теорія зародження нової фази у фазових переходах першого роду

Андрусєв М.В. (науковий керівник – к.ф.-м.н. Давидов Л.М.)

Образование зародышей новой фазы — это начало фазового перехода первого рода, при котором метастабильная фаза переходит в более стабильное состояние. Подобное фазовое превращение происходит, когда изначально пребывающая в равновесии система дестабилизируется изменением внешнего параметра, такого как

температура или давление. Если возмущение достаточно мало, система не становится нестабильной, а переходит в метастабильное состояние. В диффузионных превращениях система эволюционирует путем образования зародышей второй фазы и их роста, переходящего в коалесценцию по Лифшицу и Слезову [1]. Подобное фазовое превращение наблюдается во многих материалах, например, при конденсации капелек жидкости из пересыщенного пара, затвердевании, выпадении осадка из пересыщенного твердого раствора. Начальная стадия этого процесса теоретически описывается в рамках одной модели — классической теории зарождения, впервые предложенной в 1927 Фольмером, Вебером и Фаркасом [2,3] и усовершенствованной в 1935 Бэкером и Дёрингом [4].

Классическая теория зарождения в капиллярном приближении дает выражения для скорости образования зародышей и инкубационного времени, зависящих от ограниченного числа параметров: движущей термодинамической силы зарождения, поверхностной свободной энергии и скорости присоединения мономеров. Теория зарождения способна описать только этап образования зародышей. Её необходимо дополнить кинетической теорией (кластерной динамикой), чтобы получить полную картину фазового перехода с описанием последующего роста кластеров и их коалесценции. В кинетической теории основное уравнение описывает временную эволюцию системы, которая представляется как газ кластеров, которые растут и растворяются за счет поглощения или испускания мономеров. Ключевыми параметрами являются концентрация кластеров и интенсивность испарения.

Оба подхода отличаются в способе описания зарождения и в необходимых начальных параметрах. Но, несмотря на это, они тесно связаны. Предсказания классической теории зарождения являются приближенным решением кинетических уравнений. Оба формализма также отличаются по способу, которым они описывают родительскую и зарождающуюся фазы. В классической теории это сугубо разные фазы, и зарождение описывается с помощью гетерофазных флуктуаций, соответствующих появлению преципитата в родительской фазе. Такое различие не проявляется в кинетическом подходе, где имеют дело с одной системой, которая описывается как кластерный газ, имеющий фиксированную стехиометрию и помещенный в чистый растворитель. Различия между кластерной

динамикой и классической теорией зарождения были рассмотрены Мартином [5] в случае преципитации в твердом растворе.

Список литературы:

1. И.М. Лифшиц, В.В.Слезов. О кинетике диффузионного распада пересыщенных твердых растворов. ЖЭТФ, 1958, т. 35, вып. 2, стр. 479.
2. M. Volmer and A. Weber. Keimbildung in Übersättigten Gebilden. Z. Phys. Chem. (Leipzig) 119, 277 (1926).
3. L. Farkas. Keimbildungsgeschwindigkeit in Übersättigten Dämpfen. Z. Phys. Chem. (Leipzig) 125, 239 (1927).
4. R. Becker and W. Döring. Kinetische Behandlung der Keimbildung in Übersättigten Dämpfen. Ann. Phys. (Leipzig) 24, 719 (1935).
5. G. Martin. Reconciling the Classical Nucleation Theory and Atomic Scale Observations and Modeling. Adv. Eng. Mater. 8, 1231 (2006).

Mechanical vibrations during isometric muscle contractions

Механічні коливання при ізометричних м'язових скороченнях

Блаженець Г.О. (науковий керівник - проф. Баранник Є. О.)

This paper considers a mechanical model describing the movement of the muscle fiber as a system of equations excluding active elements which transfers to the known equations of motion for the one-dimensional lattice with two atoms in the primitive cell [1].

It is known, step by step movement of myosin molecules along the actin filaments is performed due to the synchronous operation of cross-bridges in the region of overlap of actin and myosin filaments.

From this perspective, in this paper, was introduced the physical model of movement of muscle sarcomere, taking into account the viscous friction forces between the sarcomeres (excluding elastic properties). In accordance with the internal structure of the sarcomere any dynamic model of its fluctuations must be taken into account oscillations of Z-disc with attached actin filaments, myosin filaments fluctuations and cross-bridges, that provide the elastic connection between the filaments.

This fluctuation model, based on the sliding filament theory, describes quite well the random contractions of muscle sarcomeres and myofibrils during isometric contracting, which indicates the general applicability of the model [2].

As a result, the spectrum of a single sarcomere contraction is described by expression:

$$f(w) = |x(w)|^2 = \frac{P^2 |\delta(w)|^2 (w_0^2 - w^2)^2}{\frac{m_{ZA}^2}{4} (w^2 - w_0^2)^2 (w^2 - w_{\pm}^2)^2 + \left(\frac{F_{max}}{v_{max}}\right)^2 w^2 (w_0^2 - w^2)^2},$$

where m_{ZA} – effective mass of Z-disk with attached actin filaments, P – external load, w_{\pm} – the frequency of natural resonance oscillations in the sarcomere as a mechanical system, delta – fluctuation function, which describes the relative level of fluctuations of the cross-bridge number, Fmax, vmax – parameters of the model, having the dimensions of force and velocity, respectively, $w_0^2 = \frac{2\alpha v_0}{m_M}$ and m_M – mass of myosin filaments.

The proposed dynamic model correctly takes into account the elastic properties of cross-bridges linking the actin and myosin filaments and viscous friction forces in the sarcomere.

Both branches of the natural oscillations - acoustic and optical (in-phase and antiphase oscillations) depend essentially on the force constant, which is determined by the elastic properties of the sarcomere. Correct account of the structure of the sarcomere, composed mainly of actin, myosin, and the disk and keeping the elastic properties of this structure results the possible occurrence of spectral peaks at frequencies corresponding to the natural oscillations.

Attenuation of natural oscillations leads to a broadening and decrease in the intensity of the spectral peaks. It follows that the loss of elasticity of the sarcomere spectral peaks corresponding to the natural frequencies cannot be observed experimentally.

Developed model of the ultrasonic Doppler response and suggested dynamical model of the sarcomere establish the relationship between the macroscopic motion of muscle tissue and biomechanical processes and the behavior of muscle sarcomeres at the microscopic level. The results indicate the prospect of application of ultrasonic Spectral Tissue Doppler method in medical practice for diagnosing the state of muscle tissue [3].

References:

1. Pulkovski N, Schenk P, Maffioletti NA, Mannion AF. Tissue Doppler imaging for detecting onset of muscle activity. Muscle Nerve 2008;37:638-49.
2. Huhof.. Neurochemistry: Bases and principles. – 1990.

3. Displacement Spectra Under Isometric Muscle Contraction: Spectral Doppler Study and Theoretical Models of Ultrasound Response and Muscle Contraction / E.A. Barannik, A.A. Kulibaba, S.A. Girnyk, [et al.] // J Ultrasound Med. – 2012. – V.31. – P.1959-1972.

Законы движения точечного дипольного вихря в ограниченной плоскими границами полосе идеальной жидкости

Законы руху точкового дипольного вихору в обмеженою плоскими границями смузі ідеальної рідини

Буличова А.І. (науковий керівник - д.ф.м.н., проф. Яновський В.В.)

В работе [1] был обнаружен новый тип точечного вихря дипольного типа, который может рассматриваться в качестве специфических гидродинамических квазичастиц в двумерной идеальной гидродинамике. Поле скорости жидкости определяет взаимодействие между этими вихрями и ранее известными обычными точечными вихрями.

Так как реальные гидродинамические системы ограничены, возникают задачи эволюции вихря у непроницаемых границ. В работе [2] кратко приведен пример движения точечного дипольного вихря у плоской стенки, более детальное исследование движения вихря у плоской границы можно найти в работе [3]. Кроме этого в этой работе исследовано движение точечного дипольного вихря в угловой области в виде угла $\pi/2$. Таким образом, детально рассмотрены случаи эволюции точечного дипольного вихря у границ в виде плоскости и угла. Было обнаружено, что точечный дипольный вихрь отталкивается от границ и стремится уйти внутрь системы, что является кардинально иным режимом движения по сравнению с эволюцией обычного точечного вихря у границ.

Цель этой работы - рассмотреть задачу эволюции точечного дипольного вихря, расположенного в полосе, занимаемой жидкостью, которая ограничена твердыми непроницаемыми границами, и найти законы его движения. Это "выделенный" случай полуоткрытой гидродинамической системы.

На первом этапе необходимо промоделировать задачу, чтобы иметь возможность найти законы движения и описать эволюцию объекта. Как и в случаях, описанных в работе [4], целесообразно использовать метод изображений, аналогичный методу изображения в электродинамике. Таким образом, было получено, что взаимодействие

этого вихря со стенками равносильно взаимодействию бесконечного числа отображений этого вихря друг с другом.

Законы движения этой системы можно получить двумя способами: исследуя функцию тока или исследуя гамильтониан. Были рассмотрены оба метода решения, которые дали одинаковый результат, что показало правильность такого моделирования задачи.

При исследовании вопроса с помощью функции тока, была получена эта функция. На стенках она, как и следовало ожидать, обращается в ноль, что говорит о том, что стенки непроницаемы и жидкость около них покоится. Из функции тока были получены компоненты скорости жидкости в любой точке в полосе.

При исследовании задачи с помощью гамильтониана, вначале был построен гамильтониан, а затем, помимо законов изменения скоростей жидкости в любой точке в полосе, законы изменения дипольного момента изначального вихря. Далее для полноты решения и поиска законов сохранения, из гамильтониана был получен лагранжиан.

Чтобы увидеть, какова природа движения вихря в этих условиях, полученные законы движения были решены численно. Для различных начальных условий были построены траектория вихря, а также зависимость дипольного момента вихря от координаты.

Качественный анализ полученного решения показал, что:

- вихрь в полосе колеблется, его движение периодически;
- чем ближе к границе он изначально расположен, тем больше амплитуда колебаний;
- тангенциальная составляющая дипольного момента меняет знак у границы;
- направление движения вихря в полосе зависит от начального дипольного момента.

Список литературы:

1. V.V.Yanovsky, A.V.Tur, K.N.Kulik, Singularities Motion Equations in 2-Dimensional Ideal Hydrodynamics of Incompressible Fluid, Phys.Lett. A, 373, p.2484-2487, 2009.
2. Stefan G. Llewellyn Smith, How do singularities move in potential flow?, Physica D, 240, p.1644-1651, 2011.
3. A.V.Tur, V.V.Yanovsky, Interaction of a dipole point vortex with flat boundary, arXiv: 1204.4557v1 (physics.flu-dyn), 20 Apr 2012
4. А.В.Тур, В.В. Яновский, Гидродинамические вихревые структуры - Харьков: НТК "Институт монокристаллов" НАН Украины, 2012- 294 стр.

Композиційні та багатокомпонентні силіцидні покриття на молібдені

Бурковська В.В. (науковий керівник – доц. Литовченко С.В.)

Зараз композиційні матеріали все частіше замінюють традиційні метали і сплави при виготовленні елементів механізмів і машин, що призначені для експлуатації в умовах різноманітного руйнівного впливу. Серед шаруватих функціональних композитів вагому частку складають матеріали з високотемпературними захисними покриттями, що утворені силіцидами тугоплавких металів, в першу чергу – молібдену. Такі покриття є чи не найкращим варіантом захисту металів від високотемпературної газової корозії.

В системі кремній - молібден можуть існувати тверді розчини кремнію в молібдені, а також сталі сполуки - дисиліцид MoSi_2 і нижчі силіциди Mo_5Si_3 і Mo_3Si [1]. Оптимальною технологією формування силіцидних покриттів є дифузійне насичення в порошкових середовищах, що містять кремній.

При хіміко-термічній обробці традиційно прагнуть досягти найбільшої швидкості насичення і отримати структуру, що має максимальну концентрацію легуючого компонента, для нашої системи це фаза MoSi_2 . Такі покриття формуються, коли насичуюча суміш містить елементарний кремній (тобто кремній в незв'язаному в хімічні сполуки стані). Традиційним шляхом покращення властивостей покриттів є додавання до їхнього складу легуючих компонентів. Аналіз літературних даних показав, що використання легуючих добавок олова, алюмінію, хрому, титану, германію, заліза підвищує термо- і жаростійкість покриттів [2], хоча позитивний ефект спостерігається лише до температури 1500 °С при максимальній робочій температурі дисиліциду молібдену 1900 °С.

Найсуттєвішим недоліком легованих багатокомпонентних силіцидних композицій є зменшення максимальної робочої температури на 150 - 400 °С.

Дослідження свідчать, що підвищити експлуатаційну стабільність силіцидних композитів можливо шляхом оптимізації структурно-фазового стану без додаткового легування. Оскільки за термодинамічною стабільністю ідеальним покриттям є дифузійний шар з безперервної низки твердих розчинів [3], бажано сформувати покриття, структура якого максимально наближена до такої низки. В першому наближенні прийнятною структурою буде багатошарове

силіцидне покриття, в якому шари утворені різними силіцидними фазами. Найважливіша роль в цих композиціях належить нижчим силіцидним фазам молібдену Mo_5Si_3 і Mo_3Si , які повинні бути основною частиною покриття.

Для формування багатошарових багатофазних силіцидних покриттів використано вакуумне силіциювання молібдену в порошкових сумішах дисиліцидів тугоплавких металів. При відпалі зразків Мо в гранульованому MoSi_2 при 1700 - 1800 °С утворюється покриття складу Mo_5Si_3 . При використанні гранул WSi_2 або/та TaSi_2 формується двошарова композиція, в якій частка дисиліцидної фази занадто велика і складає 50 - 70%.

Оптимальною є багатошарова композиція з поверхневим прошарком фази MoSi_2 та внутрішнім прошарком фази Mo_5Si_3 (або Mo_5Si_3 та Mo_3Si), де частка дисиліцидного прошарку не перевищує 25%. Варіювання вмісту різних дисиліцидів в насичуючому середовищі засвідчило, що в суміші $\text{MoSi}_2+(10-20\%)\text{WSi}_2$ або TaSi_2 утворюється композит зазначеної вище бажаної фазової конфігурації. Поступове зниження напружень в такому багатофазному покритті суттєво зменшує його дефектність. Одержані покриття є досить компактними та малodefектними.

Перспективною є оптимізація силіцидних покриттів на основі мультимасштабного підходу, де при створенні структури на макрорівні необхідно розробити доступну технологію отримання масивних шарів фази Mo_3Si .

Список літератури:

1. Самсонов Г.В. Силициды / Г.В. Самсонов, Л.А. Дворина, Б.М. Рудь - М.: Металлургия, 1979. - 271 с.
2. Бялобжеский А.В. Модифицированные диффузионные силицидные покрытия для защиты молибдена от окисления / Бялобжеский А.В., Красилов Б.И., Цирлин М.С. // Защитные покрытия на металлах. - К.: Наук. думка, 1973. - Выш. 7.-С.90-93.
3. Нечипоренко Е.П. Защита металлов от коррозии. / Е.П. Нечипоренко, А.П. Петриченко, Ю.Б. Павленко – Х.: «Вища школа», 1985. – 112 с.

Напрацювання та випалювання актинідів у перспективному реакторі на швидких нейтронах, що працює у режимі хвилі ядерного горіння

Вайсман Е.С. (науковий керівник – к.ф.-м.н. Фомін С.П.)

Одна з найважливіших проблем сьогодення - це проблема сучасної енергетики, зокрема атомної. Поряд з низкою вагомих переваг атомна енергетика має і вади, чи не найсуттєвішою з яких є проблема відпрацьованого ядерного палива. Одним з імовірних рішень для подолання цієї проблеми є впровадження в дію перспективних реакторів на швидких нейтронах, паливом для яких будуть теперішні ядерні відходи.

Для оптимізації технології подальшого використання відпрацьованого ядерного палива важливим є врахування зміни складу палива внаслідок трансмутаційних ефектів.

Метою дослідження є аналітичний розрахунок концентрації ізотопів ^{241}Am та ^{241}Pu в кінцевій стадії паливного циклу перспективного реактора [1].

Для реактора з рухливою хвилею аналітичне рішення базується на припущенні збереження концентрації Pu у зоні хвилі [1, 2] та складається з двох частин розрахунку концентрації ізотопу ^{241}Am . Перша частка визначається одразу після проходження хвилі, а друга - за час, що залишився після проходження хвилі.

Для першої частини початкове рівняння має такий вигляд:

$$\frac{dN_1}{dz} = -\sigma_{a1} N_1 + \lambda N_0$$

$$\text{Кінцеве рівняння є таким: } N_1 = \frac{\lambda}{\sigma_{a1}} (1 - \exp(-\sigma_{a1} z))$$

Тут N_1 - концентрація ^{241}Am після проходження хвилі, N_0 - концентрація ^{241}Pu , σ_{a1} - переріз поглинання ^{241}Am , $\lambda = \frac{\lambda_{\beta}}{\Phi}$, λ_{β} - константа β - розпаду ^{241}Pu , Φ - потік нейтронів, z - максимальний флюенс.

$$\text{Для другої частини початкове рівняння: } \frac{dN_1}{dt} = -\lambda N_1$$

$$\text{В цьому рівнянні } N_1(t) = \exp(-\lambda t) N_0$$

Кінцеве рівняння з врахуванням місця розташування у реакторі має вигляд:

$$N_{1,c} = N_0 \left(1 - \frac{\lambda}{\sigma_{a1}} (1 - \exp(-\lambda T))\right)$$

де N_0 - концентрація ^{241}Pu одразу після проходження хвилі, λ - константа β - розпаду ^{241}Pu , $N_{1,c}$ - концентрація ^{241}Am за решту часу після проходження хвилі, T - повний час паливного циклу.

Було виконано розрахунок залежності одиниці маси від одиниці енергії. Це потрібно для порівняння отриманих результатів з характеристиками реакторів, що використовуються зараз.

Отриманий в наших розрахунках результат

$$\frac{M_{\text{Am+Pu}}}{E} = 2.879 \cdot 10^{-6} \frac{\text{kg}}{\text{MJ}}$$

Дані для сучасного реактора ВВЕР-1000

$$\frac{M_{\text{Am+Pu}}}{E} = 3.33 \cdot 10^{-6} \frac{\text{kg}}{\text{MJ}}$$

Отримані результати свідчать, що перспективний реактор на швидких нейтронах виробляє меншу кількість мінорних актинідів на одиницю здобутої енергії. Це підтверджує, що у перспективному реакторі на швидких нейтронах, який працює у режимі хвилі ядерного горіння, трансмутаційні реакції не перешкоджають випалюванню відпрацьованого палива одночасно з виробленням енергії. Здобуті результати можуть бути використані при плануванні подальших досліджень у цій галузі.

Список літератури:

1. А. Уолтер, А. Рейнольдс. Реакторы-размножители на быстрых нейтронах. - М.: Энергоатомиздат, 1986.
2. S.P. Fomin, Yu.P. Mel'nik, V.V. Pilipenko, N.F. Shul'ga. Initiation and propagation of nuclear burning wave in fast reactor. Progress in Nuclear Energy, 2008, v. 50.

Исследование проявлений квантового хаоса для семейства нелинейных потенциалов с аномальным RCR-переходом **Дослідження проявів квантового хаосу для нелінійних потенціалів з аномальним RCR-переходом**

Васильченко А. О. (науковий керівник – ст. н. спів. Черкаський В. О.)

Хаотическое поведение зачастую изучается для гамильтоновых систем, математический аппарат которых соответственно развивался. Найти максимально эффективный способ, алгоритм для машинного решения уравнений Гамильтона с некоторыми начальными условиями является первоочередной задачей исследователя, занимающегося изучением хаоса в механических системах.

Для начала необходимо выбрать некоторую модельную задачу, результаты которой мы могли бы интуитивно предсказать. На такой задаче удобно исследовать возможные закономерности, чтобы потом проследить их интерпретацию в конкретных задачах. Одной из такой модельных задач может стать нелинейный осциллятор с дипольной, периодической во времени накачкой [1].

Такая задача решается и в классическом, и в квантовом случае. Для классической задачи хаос можно детектировать на фазовых портретах. Мы их получали методом симплектических интеграторов, описанных в работе [2]. Оказалось, что при различных значениях энергии система ведет себя принципиально по-разному. При энергии до 10^{-1} система ведет себя регулярно, после, при энергии 10^{-3} она испытывает привычных переход от регулярности, но далее, при энергии 10^{-5} регулярность восстанавливается. Такой переход называется уже аномальным. Попробуем исследовать, что будет происходить в аналогичной квантовой задаче.

Решение уравнения Шредингера для соответствующего гамильтониана в координатном представлении мы будем получать в виде разложения по базису. Мы провели тщательное исследование для оптимального подбора такого базиса. В нашем распоряжении было два базиса – волновых функций гармонического осциллятора и волновых функций прямоугольной ямы. Кроме того, для гармонического осциллятора задача с возмущением оказалась точно решаемой [3]. Пользуясь аналитическим решением, мы исследовали, как меняются коэффициенты его разложения. В частности, коэффициенты существенно отличны от нуля для ограниченного числа базисных векторов.

Волновая функция возмущенного гамильтониана получалась в два этапа. На первом этапе волновая функция невозмущенного нелинейного осциллятора раскладывалась по известным волновым функциям. Для этого потребовалась оптимизация базиса, как аналитическая, так и численная. Далее, на втором этапе, волновая функция возмущенного гамильтониана в определенный момент времени вычисляется как ряд по базису невозмущенных волновых функций нелинейного осциллятора. В обоих случаях разложение по базису находилось путем вычисления собственных векторов и значений некоторых квантовомеханических операторов: для невозмущенной функции это был оператор Гамильтона, а для возмущенной – оператор эволюции. Полученные волновые функции на данном этапе представляли собой громоздкий набор коэффициентов (две сетки), который необходимо было интерпретировать. Для этого мы использовали представления фазового пространства квантово-механических систем: представление Вигнера [4] и представление Хусими [5]. С их помощью получилось построить аналог фазовых портретов для волновых функций.

Список литературы:

1. Bolotin Yu., Gonchar V., Granovsky M. “The regularity-chaos-regularity transition in a periodically driven anharmonic oscillator” / Reprint, Physica D 86 (1995) 500-507
2. Siu A. Chin, Donald W. Kidwell “Higher-order force gradient symplectic algorithms” / Physical Review E, December 2000, Vol. 62, Num. 6.
3. W. Domcke, P. Hanggi, and D. Tannor Driven Quantum Systems 65, Chemical Physics, vol. 217.
4. K.Husimi Progr. Theor. Phys 9, 381 (1953).
5. E.P. Wigner On the quantum correction for thermodynamic equilibrium Physical Review 40 (June 1932) 749—759.

Коррозия железа в физиологическом растворе **Корозія заліза в фізіологічному розчині**

Волкова А. Ю. (науковий керівник - проф. Папіров І. І.)

Применение в медицинской практике инструментов, изготовленных из различных сплавов на основе железа налагает

определенные требования к коррозионной стойкости материалов в различных средах человеческого организма.

Кровь и внутриклеточные жидкости — довольно агрессивные и сложные среды. Величины водородного показателя (рН) жидкостей организма отличаются постоянством и находятся в пределах 7,36-7,44 [1]. Состав плазмы крови, внутрикостных тканей, агрессивные компоненты желудочного сока и почечной ткани при длительном контакте с инструментами не должны вызывать коррозию металлической поверхности. Компоненты таких материалов не должны стать причиной аллергической реакции человека и не являться канцерогенными. В качестве материала инструментов в хирургии и стоматологии чаще всего применяются нержавеющие стали, которые переносят к тому же высокие температуры стерилизации без нарушения комплекса своих свойств. В настоящее время идет поиск металлов и сплавов, которые можно использовать в качестве растворяющихся в организме имплантатов, скоб, стентов. Коррозия их должна быть медленной, а продукты коррозии — не вызывать побочных отрицательных эффектов. Особое место при решении этих задач занимают сплавы магния и железа [2].

Коррозионное поведение металлов и сплавов является предметом изучения многих работ. Скорость коррозии железа, как и других материалов, зависит от некоторых факторов: легирующие материалы, рН, кислородсодержание и общий состав коррозионной среды, температура, размер зерна образца, механические нагрузки при испытаниях, конструкционная форма образца [2-4].

Сплав на основе стали 08КП является перспективным для биоразстворимых имплантов. Поэтому важно было изучить влияние структуры на механические и коррозионные свойства этого материала. После равноканального углового (РКУ) прессования и осаждения уровень прочности стали 08КП резко возрастает, но пластичность материала заметно уменьшается до $\delta=0,8-1,9$ %. Обработка стали давлением после 2-х циклов в обоих случаях ведет к существенному уменьшению прироста прочности и дальнейшему снижению пластичности. Величины предела прочности, предела текучести и относительного удлинения составили 840 МПа, 834 МПа, 1% соответственно после 8 циклов РКУ-прессования и 800 МПа, 794 МПа и 1,8% после 6 циклов осаждения-выдавливания [4]. Скорость коррозии стали 08КП в токе физиологического раствора (0,9% NaCl в воде) после 2-х недельной выдержки плоских образцов составляла 0,19

мкм/сутки для образцов в исходном состоянии, а после интенсивной пластической деформации она уменьшилась до 0,1 мкм/сутки. Измельчение зерна ведет к увеличению коррозионной устойчивости. В таком случае сплав можно использовать для изготовления медицинских инструментов, но для биоразстворимых стентов — уже нельзя. Однако полученные данные носят предварительный и оценочный характер и нуждаются в дополнительном исследовании коррозии изученных сплавов *in vivo*.

Список литературы:

1. Марри Р. Биохимия человека: В 2-х т. Т. 3 / Марри Р., Греннер Д., Мейес П., Родуэлл В. — М.: Мир, 1993, 319 с.
2. Папилов И. И. Материалы медицинских стентов / Папилов И. И., Шкуропатенко В. А., Шокуров В. С., Пикалов А. И. — Харьков: ННЦ ХФТИ, 2010. 40 с.
3. Томашов Н. Д. Теория коррозии и коррозионностойкие конструкционные материалы / Томашов Н. Д., Чернова Г. П.—М.:Металлургия, 1986.359 с.
4. Папилов И. И., М.А. Тихоновский М. А., Розвиток фізичних основ створення металевих матеріалів з особливою структурою та поліпшеними властивостями для реакторобудування, приладобудування, газотурбобудування та медицини. Отчет по теме АНТ Ш-2-11 (ІФТТМТ), 2013.

Особенности генерации термоионной плазмы при термическом испарении вещества электронным пучком **Особливості генерації термоіонної плазми при термічному випаровуванні речовини електронним пучком** *Вусик М.М (науковий керівник - доц. Целуйко О.Ф)*

Электронно-лучевое испарение широко используется в различных вакуумно-плазменных технологических процессах [1]. В классическом варианте электронный пучок формируется электронной пушкой и доставляется к испаряемому веществу посредством электромагнитных линз. Для передачи большой мощности требуются высокие напряжения (~ 20 кВ), что связано с особенностями транспортировки пучка. Однако классическую электронную пушку можно заменить плазменной, когда эмиттером электронов служит первичная плазма, создаваемая каким-либо дополнительным плазменным источником, а

ускорение электронов происходит в слое объемного заряда вблизи поверхности испаряемого материала [2]. Из-за отсутствия пространства транспортировки пучка отпадает необходимость в высоких напряжениях, и мощность нагрева регулируется как приложенным напряжением, так и током электронного пучка, зависящим от плотности первичной плазмы.

В работе исследуются особенности генерации плотной термоионной плазмы при термическом испарении вещества электронным пучком, который формируется непосредственно у поверхности тигля. Формирование электронного пучка и генерация термоионной плазмы сильно влияют друг на друга, ввиду самосогласованности системы. Для технологических процессов важно знать способы управления энергией и мощностью электронного пучка, а также параметрами термоионной плазмы, что и является целью данной работы.

Экспериментально установлено, что ток на тигель I_t при образовании термоионной плазмы может в 3–6 раз превышать разрядный ток плазменного источника I_d . Это связано с тем, что при $I_t > I_d$ у стенки камеры появляется положительное падение потенциала, которое повышается по мере роста тока на тигель. Таким образом, избыточный ток тигля обусловлен ионным током на стенку камеры, который в несколько раз превосходит ток плазменного источника.

Показано, что величина ионного тока определяется, в основном, эффективностью генерации ионов плазменным источником. Так, при $I_t = 3$ А ($I_t / I_d = 3$) пристеночное падение потенциала ~ 25 В, что составляет 25% от приложенного к тиглю напряжения. Но при $I_t = 4$ А ($I_t / I_d = 4$) пристеночное падение потенциала повышается до 120 В, перехватывая 54% приложенного к тиглю напряжения. В этом случае система вынуждена создать дополнительную генерацию заряженных частиц в камере. При этом стенка камеры начинает играть роль катода самостоятельного тлеющего разряда с прикатодным падением потенциала достаточным для увеличения генерации ионов. Это позволяет используя относительно маломощный источник первичной плазмы ($I_d = 1-3$ А, $V_d = 50$ В) формировать электронный пучок на тигель с током 4–12 А и энергией до 400 эВ. С другой стороны, формирование пристеночного падения потенциала приводит к уходу части мощности на стенку камеры. Энергия электронного пучка при этом становится меньше приложенного на тигель напряжения, что необходимо учитывать при проведении технологических процессов.

Список литературы:

1. Zinov'ev D.V., Tseluyko A.F., Yunakov N.N. Thermo-ionic layer deposition in reflective arc discharge // Bulletin of Kharkiv national university. Series physical "Nuclei, particles, fields". 1998, №421, p.56-61. (in russian)
2. I.V. Borgun, D.V. Zinov'ev, D.L. Ryabchikov, A.F. Tseluyko, I.N. Sereda. Dynamical accelerating structures of thermoionic plasma // Problems of Atomic Sci. and Tech. Series: Plasma electronics and new acceleration methods (86), №4. 2013, p. 61-63.

Особенности формирования ЭУФ-излучения при оптимизации расположения собирающего зеркала в плазменных источниках

Особливості формування ЕУФ-випромінювання при оптимізації розташування збираючого дзеркала у плазмових джерелах

Григоренко О.В. (науковий керівник - доц. Целуйко О.Ф)

Одним из главных направлений в области nano-технологий является интенсивная разработка мощных плазменных источников излучения в диапазоне экстремального ультрафиолета для производства изделий nano-электроники. Однако низкий коэффициент конверсии подводимой энергии в энергию излучения (предельный коэффициент конверсии ограничен величиной 2,6%) и невозможность (ввиду конструктивных особенностей) собрать первым коллекторным зеркалом все излучение плазмы приводят к тому, что потребляемая мощность современных плазменных источников доходит до 500 кВт! На пути увеличения эффективности таких систем задачу можно свести к увеличению мощности излучения, собираемого первым зеркалом без повышения мощности, вкладываемой в разряд. И здесь, используя плазменные источники с направленным излучением [1], за счет оптимизации расположения первого зеркала, можно собрать больше излучения плазмы в одинаковый телесный угол при одинаковой подводимой к источнику электрической энергии.

Работа связана с поиском оптимального расположения первого собирающего зеркала в плазменных источниках экстремально ультрафиолетового излучения. В работе исследуется угловое

распределение потока излучения в зависимости от коэффициента направленности излучения $\alpha = j_{\parallel} / j_{\perp}$ точечного плазменного источника. (Здесь j_{\parallel} – плотность потока излучения в продольном, а j_{\perp} – в поперечном направлениях.) В расчетах принята эллиптическая диаграмма направленности излучения.

Аналитически и численными методами были рассчитаны зависимости величины телесного угла сбора 50% излучения от коэффициента направленности α . Показано, что даже в случае сильной продольной направленности излучения ($\alpha \sim 100$), основная доля излучения уходит в поперечном направлении. Поэтому если в силу конструктивных особенностей невозможно собрать все излучение, то для увеличения эффективности следует выбирать плазменные источники с поперечной направленностью излучения, а первое собирающее зеркало должно охватывать плазму сбоку.

Была проведена оценка конструкции нанолитографа *SoCoMo* [2], созданного группой *XTREME technologies and EUVA Gotemba teams*. Показано, что в случае бокового, а не фронтального (как в нанолитографе *SoCoMo*) расположении первого фокусирующего зеркала с той же поверхностью, но при наличии поперечной направленности излучения (которая достигается незначительным изменением конструкции плазменного источника) может быть получен значительный выигрыш в выходной мощности излучения. Так, при $\alpha = 0,5$ выходная мощность возрастает на 45%, а при $\alpha = 0,2$ – в 2,4 раза. Это серьезный выигрыш, если учесть, что подводимая в системе *SoCoMo* мощность приближается к 500 кВт.

Список литературы:

1. Tseluyko A.F., Lazuryk V.T., Ryabchikov D.L. et. all. The Dynamics and Directions of Extreme Ultraviolet Radiation from Plasma of the High-Current Pulse Diode. // Problems of Atomic Science and Technology, Series: plasma physics (15).– 2009.– V.1 (59).– P.165-167
2. Masaki Yoshioka, Yusuke Teramoto, Peter Zink, Guido Schriever, Gota Niimi, Marc Corthout. Tin DPP Source Collector Module (SoCoMo): Status of Beta products and HVM developments. // Proc. of SPIE.– 2010.– Vol.7636.– P.763610-1–12

Модель зависимости равномерности и симметрии поля от глубины гамма-излучения в биологических тканях Модель залежності рівномірності і симетрії поля від глибини гамма випромінювання в біологічних тканинах

Демура Х. В. (науковий керівник - д.м.н., с.н.с. Старенький В. П.)

Вероятностный характер процессов взаимодействия излучения с веществом обуславливает высокие временные затраты при расчете дозных полей, требующем использования математических методов, связанных с трудоемкими вычислениями. В связи с этим актуальной задачей является получение аналитических выражений для глубинных распределений доз пучков фотонов, которые позволят получить быстрые оценки этой величины.

Определение дозовой нагрузки на ткани организма при воздействии ионизирующим и неионизирующим излучением в медицинской практике для конкретного пациента всегда представляет определенную сложность. Вычислительные методы реализуются только на основе достаточно мощной компьютерной техники и не всегда адекватны реальной ситуации. Альтернативой компьютерным методам является применение модельных экспериментов, когда используются различные, т.н. тканезквивалентные, вещества для определения экспериментальным способом реального распределения энергии излучения внутри пациента [1-4].

Развитие современной радиационной онкологии (лучевой терапии) базируется на постоянном углублении знаний не только о биологии возникновения и развития злокачественных новообразований, клиническом течении заболевания, но и оценке реакций опухолевых и нормальных тканей организма на различные виды ионизирующих излучений. Радиационная онкология представляет собой сложную систему элементов, обеспечивающих реализацию метода лучевой терапии. Развитие и совершенствование различных направлений этой системы представляется актуальной задачей и, безусловно, позитивно сказывается на эффективности метода.

К основным проблемам и задачам лучевой терапии относятся: обеспечение гарантии качества лучевой терапии на техническом

уровне, что включает методики получения дозиметрической информации, создание алгоритмов расчета для компьютерных систем планирования, проведение дозиметрии *in vivo* в течение курса облучения; учёт сложной формы облучаемой части тела; создание дозного распределения равномерного в некоторой области и резко спадающего по краям; обеспечивать подведение запланированной дозы к объему мишени при минимальном облучении здоровых тканей и т.д.

На основе проработанной информации была разработана модель зависимости равномерности и симметрии поля от глубины гамма-излучения в биологических тканях. В ходе работы исследована равномерность и симметрия поля поглощенной дозы от глубины. Представлены результаты эксперимента в водном фантоме, которые показывают, что с увеличением глубины равномерность возрастает. Рассмотрены общие принципы математического моделирования полей поглощения и предложены уравнения, позволяющие описывать изменения равномерности и симметрии поля от глубины гамма-излучения в биологических тканях. В рамках описанной математической модели рассчитаны погрешности определения параметров поля для различных глубин в сравнении с экспериментальными данными и показана адекватность предложенной модели.

Таким образом, представлено одно из возможных направлений улучшения эффективности диагностики и лучевой терапии, а именно улучшения качества дозиметрии с помощью модели зависимости равномерности и симметрии поля от глубины гамма-излучения в биологических тканях.

Список литературы:

1. Аспекты клинической дозиметрии. Под ред. Ставицкого Р.В. М.: МНПИ-2000г. 388с.
2. Кронгауз А.Н., Фролова А.В. Физические основы клинической дозиметрии. – М.: Атомиздат, 1969.
3. Khan F.M. The physics of radiation therapy. – Baltimor: Williams&Wilkins, 1994. – 542 p.

Decays of a spin-zero neutral particle with arbitrary CP parity into gauge bosons

Розпади нейтральної частинки з нульовим спіном та довільною CP-парністю на калібрувальні бозони

Загоскін Т.В. (науковий керівник – проф. Корчин О.Ю.)

The ATLAS and CMS collaborations at the LHC recently observed [1] a new boson h with the mass around $126 \frac{GeV}{c^2}$ with statistical significance of about five standard deviations (c is the speed of light in vacuum). The experimental evidence of this new particle is the strongest in the two-photon and four-lepton final channels, where the detectors give the best mass resolution.

The decay pattern of h is mainly consistent with the predictions of the Standard model (SM) about the decay pattern of the SM Higgs boson. However clarification of properties of h requires more data and time. The spin of this boson is known to be zero or two, while the CP properties are not ascertained, although recent data are more consistent with the pure scalar boson hypothesis than the pure pseudoscalar one [2]. In the SM the Higgs boson has quantum numbers $J^{PC} = 0^{++}$, however there are many extensions of the SM with more complicated Higgs sectors, in which some of the Higgs bosons may not have definite CP parity (see, for example, [3]).

In order to clarify CP properties of the observed boson h we study decays of a spin-zero neutral particle X with arbitrary CP parity into two fermion-antifermion pairs, $X \rightarrow f_1 \bar{f}_1 f_2 \bar{f}_2$. For the case of light leptons, e^- , μ^- , and light quarks, these processes proceed through X decays into two off-mass-shell Z bosons decaying to the fermions, i.e. $X \rightarrow Z_1^* Z_2^* \rightarrow f_1 \bar{f}_1 f_2 \bar{f}_2$.

We derive the differential angular and mass distribution of a decay $X \rightarrow Z_1^* Z_2^* \rightarrow f_1 \bar{f}_1 f_2 \bar{f}_2$ ($f_1, f_2 = e^-, \mu^-, \tau^-, \nu_e, \nu_\mu, \nu_\tau, u, d, s, c, b$) in the helicity frame, i.e. an observable $\frac{d^5\Gamma}{dq_1^2 dq_2^2 d \cos \theta_1 d \cos \theta_2 d\phi}$. The following notation is used here: q_1^2 and q_2^2 are the masses squared of Z_1^*

and Z_2^* respectively, θ_1 is the angle between the momentum of f_1 in a rest frame of Z_1^* and the momentum of Z_1^* in a rest frame of X , θ_2 is the angle between the momentum of f_2 in a rest frame of Z_2^* and the momentum of Z_2^* in a rest frame of X , and ϕ is the azimuthal angle between the planes of the decays $Z_1^* \rightarrow f_1 \bar{f}_1$ and $Z_2^* \rightarrow f_2 \bar{f}_2$. Comparing this theoretical distribution with a corresponding experimental distribution, one can obtain information about CP properties of h . Note that similar aspects have been studied in [4] for processes

$$X \rightarrow \gamma Z \rightarrow \gamma f \bar{f} \quad (f = e^-, \mu^-, \tau^-, \nu_e, \nu_\mu, \nu_\tau, u, d, s, c, b).$$

We hope that with increasing the integrated luminosity at the LHC detailed investigation of this distribution will be possible.

References:

1. GAad *et al.*(ATLAS Collaboration), Phys. Lett.B 716, 1(2012); S. Chatrchyan *et al.* (CMS Collaboration), Phys. Lett. B 716, 30 (2012).
2. S. Chatrchyan *et al.* (CMS Collaboration), Phys. Rev. Lett.110, 081803 (2013).
3. Pilaftsis and C.E.M. Wagner, Nucl. Phys. B553, 3 (1999); V. Barger, P. Langacker, M. McCaskey *et al.*, Phys. Rev. D 79, 015018 (2009); G.C. Branco, P.M. Ferreira, L. Lavoura *et al.*, Phys. Rep. 516, 1 (2012).
4. A.Yu. Korchin and V.A. Kovalchuk, Phys. Rev. D 88, 036009 (2013).

Development of the computer simulation of one dimensional phase-contrast imaging technique using the ThomX beam.

Розробка комп'ютерного моделювання одновірної фазово-контрастної візуалізації використовуючи ThomX промінь.

Злигостєв М. І. (науковий керівник - проф. Баранник Є. О.)

In 1895 Wilhelm Röntgen discovered X-ray, six years later he got the first Nobel Prize. For today, X-ray has found many applications in various fields. For instance, in medical uses it is an essential part for treatment and diagnostic.

As known that one of the primaries features of cancer, liver fibrosis and other of such diseases is the soft tissue seal. Due to this fact many techniques are targeted to determine the different of properties between healthy and affected areas of the body. For further successful treatment it is

very important to determine the physiological changes in the early stages of the disease. Among the non-invasive methods most promises visualization technique in precise results is a X-ray phase contrast imaging [1].

Conventional radiology is based on absorption effects, which depend only on the imaginary part of the refractive index (β , if the refractive index is written as $n = 1 - d + i\beta$). This technique shows excellent results where highly absorbing structures such as bones are embedded in relatively weakly absorbing material like soft tissue of the human body. However, in case when difference between absorption cross-sections are very low, contrast is relatively poor[2]. Phase Contrast Imaging (PCI) works when the difference in the d value between object and surrounding background results in a phase shift between the waves transmitted through and outside the object Due to this phase shift we can observe as well waves interfere [3].

For today, Laboratoire de l'Accélérateur Linéaire (Orsay, France) is preparing for the final stage before the start of conceptually new x-ray source ThomX project. The principle of operation of this facility is based on the inverse Compton scattering. Acceleration of electrons goes up to energies of 50-70 MeV and in the opposite direction to the beam is directed coherent photons with energy of 1 eV (LASER). After the collision due to the Compton backscattering photons change frequency and energy to 40-80 keV of X-ray. This facility allows to get a large x-ray flux up to 10^{15} ph/s. This X-ray source can be used in various applications. One of the main uses of ThomX is medical visualization by PCI.

For calculating the ability of PCI was written the program which simulates propagation of photons through the sample. It has been done in programming language Delphi 7. The program allows to vary source-sample-detector distances, change linear dimension and the refractive index of the sample. The obtained results allow us to define clearly the edges and it indicates the possibility of better diagnosis even with small size of interested region. Using Monte Carlo generator, data were obtained, which has been plotted by ROOT (object-oriented program developed by CERN) a histograms of energy on the coordinate plane of the detector at different parameters. It's allowed to predict the future experimental results, contrast and visibility of the object bounds are really perfect. The main problem is the ability of the detector's permit, but using different sample-detector distances provides the way to improve the quality of the screen image.

References:

1. Optimization and Simulation of PCI, Aodong Shen, Bin Li, Limin Luo, Intelligent Information Technology Application, 2008. ПТА '08. Second International Symposium on Medical Physics
2. Franz Pfeiffer, Timm Weitkamp, Oliver Bunk and Christian David Phase retrieval and differential phase-contrast imaging with low-brilliance X-ray sources. *Nature Physics* 2, 258 - 261 (2006)
3. T.S. Argunova, V. G. Kohn, Jung Ho Je. Computer Simulation of Phase-Contrast Images in White Synchrotron Radiation Using Micropipes in Silicon Carbide. *Journal of Surface Investigation. X-ray, Synchrotron and Neutron Techniques*, 2008. Vol. 2, No. 6, pp. 861-865.

Динаміка крапельної фази в магнітних мас-сепараторах вакуумно-дугових джерел плазми

Коваленко В.В. (науковий керівник - проф. Бізюков О.А.)

Актуальність даної роботи полягає у тому, що отримані результати дають можливість більше дізнатися щодо динаміки мікрочастинок у вакуумно-дугових джерелах і розробити методи покращення якості покриття шляхом подавлення потоку мікрочастинок на оброблювані вироби.

Прилипаючи до підложки, МЧ в багатьох випадках значно погіршують характеристики формованих покриттів, що в ряді областей застосування неприпустимо або вкрай небажано (наприклад, в оптиці, мікроелектроніці, техніці плівок нанометрових товщин). Найбільш радикальним засобом придушення крапельної фракції є магнітоелектричні фільтри [1,2], що дозволяють (принаймні, теоретично) домогтися високого ступеня очищення плазми від МЧ.

У роботі проведено теоретичні дослідження динаміки крапельної фази в магнітних мас-сепараторах вакуумно-дугових джерел плазми.

Виконано комплекс розрахунків по знаходженню потенціалу макрочасток (крапельної фази плазмового потоку) при різних матеріалах катода дугових плазмових випарників. Знайдена залежність потенціалу краплі від коефіцієнтів іон-електронної емісії і маси краплі. Розрахований заряд краплі і знайдена залежність заряду краплі від її розміру. Оцінено ефективність класичного фільтра крапельної фази з плазмоводом у вигляді частини тора.

З чисельних розрахунків отримано, що в залежності від параметрів задачі потенціал МЧ, а отже і її заряд можуть приймати, як позитивні, так і негативні значення. Параметри, відповідні негативним значенням МЧ відповідають ефективним режимам роботи магнітного фільтра. В іншому випадку МЧ можуть утримуватися в об'ємі фільтра і досягати підложки. Розраховано обмеження на розмір МЧ, які можуть фільтруватися або досягати підложки.

Список літератури:

1. И.И. Аксёнов, В.Г. Падалка, В.Е. Стрельницкий, А.И. Тимошенко. Способ получения поликристаллического алмазосодержащего углеродного материала. // *А. с. СССР №208816*. приоритет 01.10.1982 г.
2. I. Haller. Importance of chair reactions in the plasma deposition of hydrogenated amorphous silicon // *J. Vac. Sci Tech.* 1983, v.1, No.3, p.1376 – 1382.

Теоретическое исследование внутренних напряжений в покрытиях TiN, получаемых при ионном осаждении Теоретичне дослідження внутрішніх напружень у покриттях TiN, одержуваних при іонному осадженні

Козионов С.А. (науковий керівник - д.ф-м.н. Калініченко О.І.)

Эксплуатационные характеристики покрытий, получаемых плазменно-ионными методами, зависят от внутренних напряжений, возникающих в процессе осаждения. В [1] была предложена модификация известной формулы Дэвиса [2] для расчета напряжений, позволившая учесть сорт ионов и температуру осаждения. Однако полученная формула не позволяла рассчитывать внутренние напряжения в покрытиях, получаемых в режиме импульсного потенциала.

В настоящей работе приведены результаты теоретических исследований процесса формирования внутренних напряжений при плазменно-ионном осаждении покрытий в режиме импульсного потенциала. В модели нелокального термоупругого пика (НТП) получено выражение для сжимающих напряжений, действующих в плоскости покрытия:

$$\sigma \sim \frac{ft_p \varphi(E) + (1 - ft_p) \varphi(E_1)}{1 + ft_p w(E, u, T_0) + (1 - ft_p) w(E_1, u, T_0)}, \quad (1)$$

где t_p - длительность импульса с энергией ионов E , f - частота следования импульсов, E_1 - энергия ионов в промежутках между импульсами. Если потенциал U , прикладываемый к подложке, обращается в промежутках между импульсами в нуль, то $E = i(U + U_0) + E_0$ преобразуется в $E_1 = iU_0 + E_0$, где i - заряд ионов, U_0 - плавающий потенциал, E_0 - начальная энергия иона. Функция $\varphi(E) \sim \sqrt{E}$ задает зависимость деформации материала покрытия, вызванной дефектообразованием, от энергии ионов E [2]. Функция $w(E, u, T_0)$ задает количество термоактивированных переходов в НТП иона, определяющих скорость миграции дефектов с энергией активации u при температуре мишени T_0 [1]. Формула (1) обобщается на случай разнозарядных ионов путем замены

$$\varphi(E) \Rightarrow \sum_i \chi_i \varphi(iU + iU_0 + E_0), \quad (2)$$

$$w(E, u, T_0) \Rightarrow \sum_i \chi_i w(iU + iU_0 + E_0, u, T_0), \quad (3)$$

где χ_i - доля ионов с зарядом i .

Проанализирована возможность описания возникающих напряжений, исходя из усредненного заряда ионов, а не из реального распределения ионов по зарядам. Показано, что в случае TiN покрытия, осаждаемого из пучка ионов Ti, оба подхода дают близкие результаты (расхождение в максимумах кривых напряжений $\sigma(U)$ не превышает 5%). Показано, что наибольшее расхождение результатов двух указанных способов расчета внутренних напряжений следует ожидать при большой дисперсии распределения ионов по зарядам.

Показано, что внутренние напряжения резко уменьшаются при возрастании температуры осаждения. Анализ показывает, что при комнатных температурах практически невозможно получить TiN покрытие в режиме постоянного потенциала ввиду большой величины внутренних напряжений.

Сравнение результатов расчетов внутренних напряжений в TiN покрытии, осаждаемом из пучка ионов Ti, с экспериментальными данными показало их качественное согласие. Осаждение в режиме

импульсного потенциала приводит к значительно меньшим напряжениям, нежели осаждение в режиме постоянного потенциала при той же температуре. Режим импульсного потенциала позволяет получать покрытия с малыми напряжениями при относительно невысоких температурах осаждения, что исключает химическое разложение и/или расслоение фаз в осаждаемом покрытии.

Список литературы:

1. A.I. Kalinichenko, S.S. Perepelkin, V.E. Strel'nitskij Diamond Relat. Mater.19(2010)996.
2. C.A. Davis Thin Solid Films 226(1993)30.

Поляризационные эффекты неоднородного слабонеидеального бозе-газа Поляризаційні ефекти неоднорідного слабо неідеального бозе-газу

Константинов О.М. (научовий керівник – проф. Шевченко С.І.)

В серии экспериментов [1,2], выполненных во ФТИНТе в последние несколько лет, обнаружено, что протекание потоков в сверхтекучем ^4He сопровождается появлением в нем электрических полей. Эти эксперименты вызвали большой интерес и стимулировали ряд теоретических исследований. И хотя до сих пор не построено единой удовлетворительной теории наблюдаемых явлений, проведенные теоретические исследования продемонстрировали продуктивность более широкого взгляда на проблему.

Данная работа посвящена изучению электрических свойств слабонеидеального бозе-газа при отсутствии внешних электромагнитных полей и не концентрирует внимание на непосредственное объяснение экспериментов [1,2]. В качестве модели исследования был выбран разреженный газ экситонов (электрон-дырочных пар). Записывая для такой системы определение зарядовой плотности во вторично квантованном виде и производя усреднение полученной величины с волновой функцией Келдыша, обобщенной на случай возможной неоднородности [3], получаем выражение, которое посредством теории возмущений раскладывается в ряд по взаимодействию. Опираясь на [4,5] показано, что этот ряд

соответствует мультипольному разложению вектора поляризации для электронейтральной системы зарядов. Важно отметить, что в нулевом приближении по взаимодействию между парами плотность поляризационного заряда системы не обращается тождественно в ноль и имеет квадрупольный характер. Этот член не учитывается в работе [3], где фактически априори рассматривается вклад только дипольного члена мультипольного разложения, который, как оказывается, соответствует первому приближению по взаимодействию. Найденной зарядовой плотности стандартным образом сопоставляется вектор электрической поляризации, который, как и сама плотность заряда, отличен от нуля только в пространственно неоднородном случае. Другими словами, задача о вычислении поляризации сверхтекучей сводится к нахождению плотности жидкости как функции координат.

В сверхтекучих системах существуют канонические структуры, приводящие к сильной неоднородности системы. Одним из таких структур является прямолинейный квантованный вихрь. В связи с этим, во второй части приведенной работы находится распределение плотности числа частиц, связанное с вихревой линией, для различных геометрических реализаций системы: для безграничной системы, для прямолинейной бесконечно длинной полосы и для тонкого кольцевого канала. По полученной функциональной зависимости $n(\mathbf{r})$ рассчитывается дипольный момент толщи системы, который, для термодинамически выгодного состояния, является одинаковым по своей структуре во всех трех случаях и может быть ассоциирована непосредственно с кором вихря. Этот дипольный момент оказывается пропорциональным относительной скорости движения вихря и однородного внешнего сверхтекучего компонента (в случае кольцевого канала – сверхтекучего компонента вблизи внешней стенки, связанного с центрированным вихревым изображением), а также является независимым от равновесной плотности системы, тем самым, оставаясь нечувствительным к факту разреженности среды.

Полученные результаты могут быть использованы для качественного пояснения наблюдаемых электрических явлений в сверхтекучем ^4He и количественного описания такой физической системы, как почти идеальный бозе-газ.

Список литературы:

1. А.С. Рыбалко, *ФНТ* 30, 1321 (2004).
2. А.С. Рыбалко, С.П. Рубец, *ФНТ* 31, 820 (2005).

3. С.И. Шевченко, А.С. Рукин, *Письма в ЖЭТФ* 90, 46 (2009).
4. Ю.С. Бараш, *Силы Ван-дер-Ваальса*, Наука, Москва (1988), гл. 4.
5. M. Babiker, E.A. Power, T. Thirunamachandran, *Proc. Roy.Soc.Lond. A.* 332, 187 (1973).

Development of methods for measuring the fast neutrons transmittance through heavy concrete samples.

Розробка методики вимірювання пропускання швидких нейтронів зразками важкого бетону.

Лісовський В.В. (науковий керівник - к.ф.-м.н. Олійник С.М.)

Despite the fact that the transmittance of the neutrons through substances is investigated for many applications, information about the methods applicable for measurements using neutron of energies less than 20 MeV up to now remains fragmentary. The study of the transmittance of fast neutrons through the heavy concrete is important due to the construction of the "Neutron Source" in KIPT [1], where concrete with density of 4.8 g/cm³ and 2.3 g/cm³ is used. The heavy concrete is used for the construction of biological protection against intense fluxes of neutrons and γ -rays. To determine the parameters of this protection it was necessary to measure the transmittance of neutrons through the heavy concrete.

The mechanism of neutrons absorption in the concrete is described in [2]. Due to elastic and inelastic scattering fast neutrons lose energy. The most common reaction for slow neutrons is the radiative capture of neutrons (n,γ). Neutrons of higher energy can participate in (n,p), (n,α) and other reactions.

The purpose of this research is to develop a method for measuring the neutron transmittance through different concrete samples using the Pu-Be neutron source and the neutron detector УДБН-02Р. Concrete samples used had a form of cylinders with a height of 5 cm and diameter of 20 cm.

In the experiments with high-energy neutrons large shields for the neutron beam collimating are used [3, 4] what is inconvenient. Our method has to be simple and reliable for measurements with neutrons of energy below 20 MeV.

To measure the transmittance precisely the narrow collimated neutron beam must be used. So during development a measurement method the most attention was paid on creation of a narrow collimated beam and correct measurement of its parameters. Various mutual arrangements of the

source, detector and concrete samples were studied to find the optimal one. Also an important problem of correct estimation of a background was solved.

The result of this work is two created methods for measuring the transmittance of fast neutrons through concrete samples, each of which has its advantages. The system of beam collimation is the same in both methods. In the first method we use only one concrete sample and in the second one we use several samples of concrete therefore obtain more accurate results.

In the first method the number of detected neutrons in the beam is measured in the initial beam and in the beam passed through the concrete sample. Using these values one can calculate the transmittance.

In the second method we measure the dependence of number of detected neutrons on the concrete thickness. This dependence obeys an exponential law and the argument of exponential is the required transmittance.

Using these two methods, the measurements of neutrons transmittance for two types of concrete were made, and results obtained in these two ways were compared.

Literature used:

1. N.I. Ayzatsky, B.V. Bortz, A.N. Vodin et al. Neutron Source in KIPT. QAST. 2012. №3 (79). P. 3-9.
2. Yu.M. Shirokov, Yu.P. Yudin. Nuclear physics. M.: Nauka – 1980. – P.482.
3. R.E. Maerker and F.J. Muckenthaler // Final Report on a Benchmark Experiment For Neutron Transport Through Iron and Stainless Steel, ORNL-4892, Oak Ridge National Laboratory (April 1974).
4. M. Hagiwara, H. Iwase et al. // Nuclear Technology. 2009. V. 168. P. 304.

Measurement of the branching fraction of $B_s \rightarrow D_s \rho$ decay with the LHCb detector.

Вимірювання коефіцієнта розгалуження розпаду

$B_s \rightarrow D_s \rho$ за допомогою детектора LHCb.

Лісовський В.В. (науковий керівник - проф. Шюн М.-Е.)

This work is a preparation for the measurement of the branching fraction $B_s \rightarrow D_s^{**} (2317)^- \pi^+$ with $D_s^{**} (2317)^- \rightarrow D_s^- \pi^0$ and $D_s^- \rightarrow K^+ K^- \pi^-$.

The $B_s \rightarrow D_s^{**} (2317)^- \pi^+$ decay is interesting because its measurement can help to explain the long-standing problem of discrepancies between theoretical and experimental results in $B \rightarrow D^{**} \pi$ decays. The $B_s \rightarrow D_s^- \rho^+$ decay will be used there as a normalization mode because it has the same final state (when $\rho^+ \rightarrow \pi^+ \pi^0$ and $D_s^- \rightarrow K^+ K^- \pi^-$). The normalization is necessary due to large systematic errors of several measured and simulated parameters which can be mostly rejected when normalizing on the mode with the same final state measured in the same way.

For this analysis 3 fb⁻¹ of LHCb data was used after stripping. Preselection cuts were based on hadron trigger and π^0 transversal momentum value. The separation of signal from background in the data was based on cuts on different variables and the multivariable method called Boosted Decision Tree (BDT). The BDT created made selection on such variables as: flight distances, transversal momentum, impact parameters etc of different particles. BDT was trained using the TMVA software. When the BDT was trained successfully the dependence of signal significance on both BDT cut value and π^0 transversal momentum value was calculated to obtain the best signal-background separation. Finally the cuts (on BDT value, π^0 transversal momentum, D_s mass and others) necessary to get rid of as much background as possible were obtained.

The next step was to fit the $B_s \rightarrow D_s \rho$ data. First, the previous cuts together with the cut on the ρ mass (to distinguish events with ρ production) were applied on the full data sample, and the B_s mass distribution was studied. There is observed a large peak around the nominal B_s mass which corresponds to signal, and different background on the sidebands. For modeling the signal the appropriate Monte-Carlo (MC) simulation was used with exactly the same cuts applied as on data. The signal is modeled by two Gaussians with the same mean, the narrow one and the broad one. Fit was done using the RooFit package of ROOT software.

There is also present a broad peaking background on the left of the signal peak. This background is considered as partially reconstructed events $B_s \rightarrow D_s^* \rho$ with $D_s^* \rightarrow D_s \gamma$ or $D_s^* \rightarrow D_s \pi^0$: γ or π^0 (which is not detected) takes a part of D_s^* momentum, so the calculated B_s mass is less than the nominal. Another type of background present here is the

combinatorial one which occurs when detector by mistake considers particles from different primary vertices as outgoing from the same vertex.

After application of all the cuts on the $B_s \rightarrow D_s^* \rho$ MC the distribution which couldn't be modeled by a simple Gaussian was obtained. So this background mode was modeled using the RooKeysPdf package of RooFit, doing the empirical fit on MC points.

Then a data fit using two prepared shapes (for signal and $B_s \rightarrow D_s^* \rho$ background) and modeling the combinatorial background by an exponential was made. So, there were 4 free fit parameters: signal yield, yield of $B_s \rightarrow D_s^* \rho$ background, yield of combinatorial background and slope of exponential. The obtained fit described the data distribution well enough so other background modes are negligible. Finally the branching ratio using the signal yield obtained from fit was calculated: $BR(B_s \rightarrow D_s^* \rho) = (5.4 \pm 0.8) \cdot 10^{-3}$.

Literature used:

1. D. Becirevic, A. Le Yaouanc, L. Oliver, J-C. Raynal, P. Roudeau, J. Serrano, arXiv:1206.5869 [hep-ph]
2. K.A. Olive et al. (Particle Data Group), Chin. Phys. C, 38, 090001 (2014).

Стимулювання високочастотного пробою газу в торсатроні Ураган-3М «утікаючими» електронами

Литова М.О. (науковий керівник – с.н.с. Тарасов І.К.)

Надзвичайно важливим явищем, пов'язаним із динамікою плазми в термоядерних установках, є формування потоку прискорених (чи «утікаючих») електронів. Актальність досліджень «утікаючих» електронів пов'язана із впливом потоків на стійкість плазмового шнура та енергетичний баланс у тороїдальних установках, а також із проблемою руйнування стінок камери. У моїй роботі розглянуто нове рішення питання попередньої іонізації робочого газу в камерах малих термоядерних установках за допомогою потоку «утікаючих» електронів [1]. Результати досліджень є підтвердженням ідеї пробою газу в атмосфері за допомогою «утікаючих» електронів, висловленої О.В. Гуревичем у 1992 році [2].

Результати даної роботи представляють ряд рекомендацій з використання потоків прискорених частинок для стимуляції високочастотного (ВЧ) пробою.

Необхідність попередньої іонізації в торсатроні «Ураган-3М» виникла у зв'язку з труднощами ВЧ-пробою робочого газу. Це проявлялось як у нестабільності проміжку від подання ВЧ напруги на антену до моменту пробою від імпульса до імпульса, так і у відсутності пробою упродовж ВЧ-імпульса. Досліджувалися можливості стимулювання пробою шляхом внесення в об'єм утримання додаткової НВЧ – потужності на частотах близьких до електронної циклотронної. Введення додаткової потужності в період формування потоків «утікаючих» електронів посилює цей потік, який існує впродовж усього імпульса магнітного поля та при взаємодії з ВЧ-полем полегшує пробій робочого газу.

Стимулювання потоку «утікаючих» електронів на стадії їх виникнення дозволило стабілізувати пробій робочого газу в торсатроні «Ураган-3М» при поданні ВЧ імпульса.

Список літератури:

1. Тарасов М.І. Потоки заряджених частинок у плазмі та їх флуктуації в лінійних і тороїдальних магнітних конфігураціях: Дисертація кандидата фізико-математичних наук 01.04.08 – Харків 2012 – 140 с.
2. A.V.Gurevich, G.M. Milikh, R. Roussel-Dupre, Runaway electron mechanism of air breakdown and preconditioning during a thunderstorm, Physics Letters A 165 (1992) 463-468.

Применение индуктивно-резонансного переноса энергии для определения конформации амилоидных фибрилл Застосування індуктивно-резонансного переносу енергії для визначення конформації амілоїдних фібрил

Малійов І. Л., Романова М. В. (науковий керівник – проф. Горбенко Г. П.)

В последнее время возник особый интерес к изучению высокоупорядоченных агрегатов белков – амилоидных фибрилл. В-первых, это связано с тем, что такого рода агрегаты являются токсичными для организма человека и их накопление в тканях ведёт к нейродегенеративным, иммунным и множеству других заболеваний.

Во-вторых, весьма перспективным является применение амилоидных фибрилл в качестве бионаноматериала.

Целью данной работы являлась разработка метода индуктивно-резонансного переноса энергии (ИРПЭ) [1] для определения возможных конформаций фибрильного белка. Работа включала аналитическую оценку параметров ИРПЭ для конкретной системы, математическое моделирование процесса методом Монте-Карло, а также разработку оптимальной стратегии проведения экспериментов по индуктивно-резонансному переносу энергии, позволяющей с максимально возможной точностью определять морфологию белка на разных стадиях фибрилlogenеза.

Модельная система для изучения ИРПЭ состояла из флуоресцентного зонда тиофлавина Т (ThT) в качестве донора энергии, амилоид-специфического красителя Конго красного, в качестве акцептора энергии и 1-83 N-концевого фрагмента человеческого аполипопротеина с мутацией G26R (apoA-I) [2], служившего матрицей для данной донорно-акцепторной пары. Как для донора, так и для акцептора, наблюдалось увеличение флуоресценции в присутствии белка, что доказывает сродство обоих красителей к apoA-I. В экспериментальной части исследования проводилось титрование apoA-I красителем Конго красным при концентрации насыщения ThT. В каждой точке титрования производилась запись спектра флуоресценции при возбуждении пробы на длине волны максимума поглощения донора. Таким образом был получен набор кривых тушения флуоресценции донора в зависимости от концентрации акцептора при разных концентрациях белка. Оказалось, что квантовый выход донора зависит от концентрации белка при насыщении акцептором. В работе аналитически показано, что данный эффект может наблюдаться только при различной конформации белка в зависимости от его концентрации.

На основе экспериментальных данных по флуориметрическому титрованию, а также атомно-силовой микроскопии apoA-I, была предложена модель фибрилlogenеза данного белка – последовательное изменение конформации последнего начиная с мономера, заканчивая супрамолекулярным агрегатом. Было проведено моделирование ИРПЭ для данной системы на каждой из стадий фибрилlogenеза, при этом установлена корреляция между теоретическими кривыми тушения донора и конформацией белка [3].

Таким образом, в работе предложен новый подход к детектированию амилоидных фибрилл, основанный на измерении переноса энергии между тиофлавином Т и Конго красным. Преимущество данного подхода состоит в комбинации амилоидной специфичности обоих маркеров и возможности определения морфологии фибрилл. Показано, что образование супрафибриллярных структур зависит от концентрации белка и приводит к характерному увеличению эффективности переноса энергии.

Список литературы:

3. В.Л. Ермолаев, Е.Н. Бодунов, Е.Б. Свешникова, Т.А. Шахвердов. Безызлучательный перенос энергии электронного возбуждения // - Л.: Наука, 1977.- 311 с..
4. M. Girych et. al.. Interaction of Thioflavin T with amyloid fibrils of apolipoprotein A-I N-terminal fragment: resonance energy transfer study // Journal of Structural Biology.– 2014. – Vol. 185. P. 116-124.
3. <http://youtu.be/P9X4YVpAilg> - ссылка на видео, иллюстрирующее предложенную модель фибрилlogenеза

Production of virtual photons, Z-bosons, and jets in proton–proton collisions at the Large Hadron Collider **Народження віртуальних фотонів, Z-бозонів та струменів у протон-протонних зіткненнях на великому адронному колайдері**

Малкін Д.І. (науковий керівник — к.ф.-м.н. М.І. Маслов)

Considerable attention has been paid to production of virtual photons, Z-bosons, and jets in the D0 and CDF experiments at the Tevatron and by ATLAS, CMS, LHCb, and ALICE at the LHC. Aims of the studies were to test perturbative QCD calculations of high-order amplitudes for the reactions and to get constraints on gluon distribution in proton, particularly in region of small Bjorken x. Lepton pairs, produced in the decays of virtual photons and Z-bosons, constitute an important background to Higgs boson measurements and in searches of small signals for physics beyond the standard model.

In our studies [1] we simulate production of virtual photons, Z-bosons, and jets in proton–proton collisions at 7 TeV in LO with Pythia 8 [2,3] and at NLO accuracy with MadGraph 5 and aMC@NLO [4,5] in junction with

Pythia 8. In NLO calculations Pythia 8 provides consistent showering of the events, generated at partonic level by MadGraph, and accounting for multi-partonic interaction (MPI). The calculations are performed with parton distribution functions (PDFs) CTEQ6L1, CT09MC1, CT10, MRST2007, MSTW2008, and NNPDF2.3.

It is shown that neither the showers nor MPI affect essentially the observables. No substantial variations of the observables for considered PDFs are found. The results, obtained at LO and at NLO, differ substantially. This observation indicates that inclusion of the processes beyond the leading order is really important.

References:

1. Котляр В.В., Малкин Д.И., Маслов Н.И. Рождение виртуальных фото-нов, Z-бозонов и струй в протон – протонном рассеянии на большом адронном коллайдере // Сборник тезисов XII Конференции по физике высоких энергий, ядерной физике и ускорителям. Харьков, ННЦ ХФТИ, 17–21 марта 2014 г., С. 17.
2. Sjostrand T., Mrenna S. and Skands P. PYTHIA 6.4 Physics and Manual // JHEP. – 2006. – Vol. 0605. – P. 26-1 – 26-576.
3. Sjostrand T., Mrenna S. and Skands P. A Brief Introduction to PYTHIA 8.1 // Comput. Phys. Commun. – 2008. – Vol. 178, № 11. – P. 852 – 867.
4. Alwall J., Herquet M., Maltoni F., et al. MadGraph 5: Going Beyond // JHEP. – 2011. – Vol. 1106. – P. 128-1 – 128-37.
5. Alwall J., Frederix R., Frixione S., et al. The automated computation of tree – level and next-to-leading order differential cross sections and their matching to parton shower simulations // JHEP. – 2014. – Vol. 1407. – P. 79-1 – 79-157.

Designing the single-axis device for moving target

Розробка пристрою для однокоординатного переміщення мішені

Маловиця М.С. (науковий керівник – м. н. с. Туллер Г. Е.)

In the modern nuclear physics the accelerators of the particles are widely used, one of the applications is to do experiments of interaction of the ionization radiation with matter. For research of the characteristics of the bunch on accelerators, different methods and devices, which are installed on these accelerators, are used. Some of these methods are destroying the bunch totally and some could require presence of the people in the accelerator room.

For conducting precise experiment it's mandatory to have the bunch of the charged particles being as close as possible to the ideal bunch, for what we need to be able to measure its characteristics and, with the help of these measurements, adjust the parameters of the accelerator. But, as the methods of moving target on the path of the beam might require presence of people in the bunker of the accelerator, that in some way harmful to health, it's necessary to automatize them. For what we can use microcontroller units (MCUs), which allows us to automatize process, to remotely remove target from the path of the bunch, so it won't be destroyed and to exclude presence of the stuff near accelerator.

In this work, on the base of the MCU PIC16f76 [2], the single axis-device for moving target was designed and made. For the target we used the glass, which served as the element of the photo-optic method for measuring geometric distribution of the intensity of electron bunch at the exit of LPE-40 [1] (LINAC-40) accelerator. This device with the help of computer and basic command list allows us to move the target in any coordinate along the one axis (maximum, and minimum coordinates are limited by device) with an accuracy of 1mm.

A unique part of this work is the program, that has been written to the MCU, it's defining function set, that could be used by MCU. Program was made on the C language, in the MPLab environment. Possibility of being able to program this device is one of the biggest advantages, because without changing the device itself we still able to update already written functions, or to add new ones.

In this device we used modern technologies and it's flexible and has option to be updated. It's allows us to decrease presence of the staff near accelerators and time of conducting experiment, which is important from the financial point of view. This device is cheap and on its base it's possible to create more devices and easily modify them for different tasks.

References:

1. Айзацкий Н.И., Белоглазов В.И., Божко В.П. и др. Ядерно-физический комплекс на основе линейного ускорителя электронов с энергией до 100 МэВ. // Вопросы атомной науки и техники. Серия «Ядерно-физические исследования» (53). 2010, №2, с.18-22.
2. Microchip Technology PIC16F7X Data Sheet 28/40-pin, 8-bit CMOS FLASH Microcontrollers, 2002
3. <http://ww1.microchip.com/downloads/en/DeviceDoc/30325b.pdf>

Comparison of the Smith-Purcell radiation models Порівняння моделей випромінювання Сміта-Перселла

Маловиця М.С. (науковий керівник – д-р. Ніколя Делерю)

Smith-Purcell radiation (SPR), emitted when a charge passes above a periodic conductive grating, has attracted interest as a source of light at terahertz frequencies and as a non-destructive bunch profile measurement method. Last one is important for next-generation accelerators as its influence on the beam is low and it is possible to analyze the bunch without big influence on its structure.

However, models to calculate the characteristics of the SPR from relativistic electrons appeared not long ago. For the nonrelativistic electron energies ($E_e < 100$ keV), there is van den Berg's approach that has reasonable agreement with experiment. For relativistic electrons along with van den Berg's model alternative approaches have been developed, which are more descriptive and less cumbersome: a scalar diffraction model, an induced surface current model, a resonant diffraction radiation model, a model based on the use of integral equations for an electric field of radiation. [1]

In this work three models of incoherent SPR for comparison have been chosen, its surface current model (SC), resonant diffraction radiation model (RDR) and model based on the use of integral equations for an electric field of radiation (TR). First two models are describing intensity of SPR per solid angle that is not dependent on the distance from the source of radiation, so they are good at the distances much larger than dimensions of the grating. The last model is dependent on the distance from the grating so it takes into account pre-wave effect (effect of detector being close to the source of radiation). It is interesting to compare first two models with the third one and look if they are similar at the large distances and how much is the pre-wave effect.

The program for the simulation of the SPR made in the MATLAB environment. This program calculates data for three models with defined grating and bunch parameters. Using this data it is making different combination of models per pot so the models could be compared visually and these plots are put on the html page for more convenience. To check if there is no mistake in the programmed models the plots were compared with ones in [1].

As the result of this work the program for simulating and comparing of three SPR models have been made. This program can calculate data for

different parameter sets and for this one don't need to change the program itself. It creates html pages that could be put on the web-server, from where it would be easily accessed by anyone with any operation system. It is also easy to add new models and add them to the simulation.

References:

1. Comparison of Smith-Purcell radiation models and criteria for their verification D.V. Karlovets and A. P. Potylitsyn DOI: 10.1103/PhysRevSTAB.9.080701

Рафінування катодної міді М0к методом вакуумного відгону легколетких домішок

Машинін С.І. (науковий керівник – доц. Чишкала В.О.)

Високочисті метали є невід'ємною складовою при створенні багатьох матеріалів спеціального призначення для різних галузей науки та техніки. За економічними показниками та екологічними спрямуванням найефективнішим варіантом є отримання матеріалів необхідної чистоти з відходів та брухту.

Розглянуто різні технологічні варіанти очищення металів від домішок, зокрема вогневе рафінування міді, електролітичне рафінування міді та метод дистиляції. Встановлено основні показники сировини, що застосовується при виробництві міді.

Метою роботи було отримання міді високого ступеня чистоти 99,999 (5N) з вихідного металу марки М0К.

За результатами науково-інформаційного аналізу літературних джерел були визначені прийнятні та ефективні методики отримання високочистої міді.

Виходячи з наявного на кафедрі матеріалів реакторобудування та фізичних технологій обладнання для очищення був обраний метод вакуумного рафінування з використанням установки СШВЕ (шахтна вакуумна піч), відпал шихти проводили в графітовому тиглі.

Контроль складу вихідного металу та металу після очищення здійснювали методом лазерної мас-спектрометрії на приладі ЭМАЛ-2.

На основі теоретичних даних та результатів експериментальних досліджень при варіювання температурно-часових параметрів відпалу визначено оптимальний діапазон температури відгону легколетких домішок, а саме діапазон 1350-1400 °С, коли відбувається очищення від P, S, As, Sb, Zn. Під час такого відпалу зразок втрачає також

близько 2-4% міді. Підвищення температури відпалу дещо покращує очищення, але суттєво збільшує (до 10%) незворотні втрати основного металу (міді).

Нелеткі домішки Fe, Ni, Sn при перекристалізації ймовірно концентруються у приповерхневому шарі на всій поверхні зливка у вигляді сульфідів FeS, FeS₂, NiS, SnS₂ чи інших сполук та евтектичних сумішей.

Видалення цих домішок найпростіше робити шляхом механічної обробки – видаленням поверхневого шару товщиною 1 – 2 мм різанням. При механічній обробці бажано використовувати різальний інструмент з твердих матеріалів (наприклад, кубічного нітриду бора).

При дослідженнях помічено накопичення домішок в порах графітового тигля, які негативно впливають на кінцеву чистоту рафінованої міді. Для запобігання цьому необхідно виготовляти тигель з високочистого щільного графіту, картону ТРГ або використовувати спеціальні покриття з карбідів тугоплавких металів (WC, MoC, TiC).

Список літератури:

1. Рафинированная медь Украины / [Савенков Ю.Д., Дубоделов Ю.Д., Шпаковский В.А., Кожанов В.А., Штепан Е.В.]- Днепропетровск: АРТ-ПРЕСС. - 2008. –176 с.
2. Металлы и человек/ [М.Васильев] - Москва: Советская Россия, 1962.
3. Физическая химия рафинирования металлов и сплавов- доцент Приазовского государственного технического университета кафедры теории металлургических процессов к.т.н. Бондарь В.И.
4. Физические величины, Справочник, Григорьев И.С., Мейлихов Е.З., 1991.
5. В. И. Бондарь «Физическая химия рафинирования металлов и сплавов», Мариуполь 2011
6. Ю. Д. Савенков, Д. В. Спиридонов (ОАО «Артемовский завод по обработке цветных металлов») Рафинирование меди – инновационный путь повышения уровня производства в условиях ОАО «АЗОЦМ».

Масс-спектрометричний аналіз технологічних газів

Міненко М.В. (науковий керівник – к.ф.-мат. наук Бобков В.В.)

Мас-спектрометрія - це фізичний метод аналізу складу речовини, заснований на вимірюванні інтенсивності струмів заряджених частинок з різними масами. Для вимірювання маси частинок в даному

методі використовуються відмінності в русі частинок в електричних і магнітних полях, які обумовлені різним відношенням маси до заряду [1].

При виконанні роботи досліджувалася низка технологічних газів, яку склали аргон, дейтерій, водень, кисень. Вибір цих газів обумовлений їхнім широким застосуванням в різних галузях науки і техніки. В багатьох технологічних процесах ступінь чистоти і склад домішок в цих газах є вельми важливими, особливе значення ці характеристики мають при використанні газів в наукових дослідженнях та хіміко-аналітичній роботі. Неврахований хімічний вплив домішок у використаному в дослідженнях газі може внести значну похибку в результати вимірювань, що зробить неможливим сформулювати достовірні висновки.

Аналіз газів проводили на магнітному мас-спектрометрі MI-1201, що призначений для дискретного аналізу ізотопного складу газів і твердих речовин. Дія мас-спектрометра полягає в такій послідовності операцій: з балону газ напускають у камеру приладу, далі він потрапляє в камеру іонного джерела, де молекули іонізуються електронним ударом. Утворені іонні витягуються, прискорюються і надходять у вхідні щілину мас-аналізатора. У мас-аналізаторі іонний пучок розділяється за відношенням маси до заряду в магнітному полі. Реєстрація іонів здійснюється колектором типу циліндра Фарадея [2].

Методика проведення аналізу полягала в наступному: камери іонного джерела відкачують до робочого вакууму $\sim 2 \times 10^{-5}$ Па і потім проводився запис мас-спектра залишкових газів. Після запису фонового спектра, виробляли напуск досліджуваного газу і записували його мас-спектр. Потім із спектру аналізованого газу вчитали фоновий спектр для виключення впливу залишкових парів на результати аналізу.

З аналізу результатів було визначено процентний вміст газів присутніх у відповідних пробах: аргону 99,61%, дейтерію - 99,47, водню - 99,331%, кисню - 91,53%. Результати проведеного аналізу показали прийнятну в більшості випадків ступінь чистоти аналізованих проб аргону і водню. В пробі кисню виявлена домішка азоту, концентрація якої склала близько 7%, що накладає значні обмеження на спектр можливих застосувань газу такого складу.

Список літератури:

1. Современные методы масс-спектрометрии: Лабораторный практикум / А.С. Фролов, Т.Г. Моисеева, А.А. Сысоев. — М.: МИФИ, 2008. — 96 с.

2. Шеховцов Н. А. Магнитные масс-спектрометры (устройство и методы измерений). М., Атомиздат, 1971. - С. 9-13.

**Решения Райсснера-Нордстрёма с пространственной
неоднородностью горизонта событий
Розв'язки Райсснера-Нордстрёма з просторовою
неоднорідністю горизонту подій**

Москалец Т. М. (научовий керівник - пров.н с. Нурмагамбетов О. Ю.)

Получены новые решения AdS_4 уравнений Эйнштейна-Максвелла для заряженной статической черной дыры, учитывающие пространственную неоднородность на двумерной поверхности горизонта событий [1]. Распределение пространственной неоднородности задается метрическим потенциалом — логарифмом конформного фактора метрики горизонта событий в изотермических координатах. Для двумерных поверхностей горизонта событий постоянной кривизны — планарных, сферических или гиперболических — метрический потенциал удовлетворяет эллиптическому уравнению Лиувилля, общий вид вещественных решений которого установлен в работах [2], [3]. Предложено обобщение полученных решений для черных дыр типа Райсснера-Нордстрёма [1] на AdS -пространства произвольной размерности $D > 4$.

“Лиувиллевская мода” решений нового типа несет информацию о неоднородности на поверхности горизонта, что с точки зрения дуальной калибровочной теории поля на границе AdS -пространства является заданием функции распределения пространственной неоднородности в эффективной дуальной среде. Данный факт расширяет общую схему вычислений коэффициентов переноса — коэффициента диффузии, электрической проводимости, сдвиговой вязкости дуальной среды — на неоднородные дуальные среды в режиме сильной константы связи [1] в рамках гидродинамического приближения AdS/CFT соответствия [4].

Список литературы:

1. I.T. Moskalets, A. Nurmagambetov, “Liouville mode in Gauge/Gravity Duality”, [arXiv:1409.4186v2 [hep-th]].
2. D. G. Crowdy, “General solutions to the 2D Liouville equation,” Int. J. Engng Sci. 35, 141 (1997).

3. A. G. Popov, “Non-Euclidean geometry and differential equations,” Banach Center Publications Vol. 33, 297-308 (1996).
4. G. Policastro, D. T. Son, A. O. Starinets, “From AdS/CFT correspondence to hydrodynamics”, JHEP 0209, 043 (2002).

**Analysis of various methods of product irradiation with X-ray
beams**

**Аналіз різних методів опромінення продукції пучками
гальмівного випромінювання**

Нагендра Беджавада (научовий керівник – доц., к.ф.м.н. Попов Г.Ф.)

Utilization of high-power electron beam accelerators for generation of X-rays (bremsstrahlung) represents the large commercial interest in the area of industrial radiation technologies [1-3]. The physical properties of high-energy X-rays are well known. High-energy X-rays are ideal for sterilizing of large packages and pallet loads of medical devices. The product density range (0.1-0.5) g/cm^3 is typical for the irradiation process of medical devices sterilization.

Success of application of X-ray beams in radiation processing depends largely on development of theoretical notions, semi-empirical models and computer codes for simulation of irradiation processes based on X-ray radiation facility [4]. The results of the computer simulation of the absorbed dose mapping in the product containers/pallets on moving conveyor irradiated by scanned X-ray beams with use Monte Carlo method are discussed in the report.

The values of absorbed dose distributions, dose-uniformity-ratio ($DUR = D_{max}/D_{min}$, where D_{max} - maximum absorbed dose, D_{min} - minimum absorbed dose) of X-ray beams into irradiated product and throughput of processing products are the basic characteristics which determine the quality control and effectiveness of process irradiation into industrial X-ray technologies. Computer modeling was performed for various types of X-ray facility and various complicated methods for product containers irradiation, such as multi-sided, multi-levels, multiple-rows and multi-passes into field of scanned X-rays beams. The product was located in a typical European pallet of 100x120x180cm with 15cm wood frame. The variants of product containers/pallets movement in front of X-ray converter in the range of 2, 4 and 8 passes at different levels were considered. The comparative analysis of the absorbed dose mapping in the products

irradiated with X-ray was performed with using the programs ModeStXR and RT-Builder [4].

The following main results on the base of computer simulation the various complicated methods for product containers on moving conveyor irradiated with scanned X-ray beams were obtained:

- the strong dependence of the X-ray absorbed dose and DUR as function of X-ray scan width, W_{scan} ;
- the minimum value of DUR for optimal value of X-ray scan width, $W_{scan.opt}$;
- the strong dependence of the DUR values as function of product density in the range of (0.1-0.6) g/cm³;
- the value of DUR is greater in product irradiated with scanned X-ray by two passes from opposite sides in comparison with methods of product irradiation by 4 and 8 passes through the X-ray field;
- the methods of product irradiation by 4 and 8 passes allows to irradiate simultaneously the pallets containing different products with various densities.

These results can be used in practice for optimization the process irradiation of product containers by X-Ray beams with big power in various radiation-technological centers.

References:

1. Cleland M.R. and Stichelbaut F. "Physical aspects of X-Ray processing," Proc. of the 8th Intern. Meeting on Nuclear Applications and Utilization of Accelerators (AccApp'07), Pocatello, Idaho. 2007. Paper No.179351. P.1-12.
2. Ion Beam Applications Company. Belgium. - Producer of the Rhodotron EB and X-ray facility. <http://www.iba.com>.
3. LEONI Studer Hard AG Company, Switzerland. Owner of the world's first x-ray sterilization plant that uses IBA's new Rhodotron TT-1000 system. <http://www.leoni-studerhard.com>
4. Lazurik V.M., Lazurik V.T., Popov G., Rogov Yu., Zimek Z. Information System and Software for Quality Control of Radiation Processing. IAEA, Vienna, Austria: Collaborating Centre for Radiation Processing and Industrial Dosimetry, Warsaw, Poland. 2011. 232p.

Формування дефектних двовимірних структур в моноатомному шарі на поверхні графіту

Ніколаєнко О.С. (науковий керівник – доц. Кіріченко В.Г.)

Графен – це нещодавно винайдена форма вуглецю, що складається з одного графітового моношару та має низку незвичайних

властивостей: добру електропровідність, прозорість, високі механічні властивості, високу рухливість носіїв заряду при кімнатній температурі, можливість квантової провідності та епітаксійного нашарування. Всі ці властивості роблять графен перспективним матеріалом для наноелектроніки [1]. Розробка технологій виготовлення графену ініціює необхідність досліджень нових властивостей моноатомних шарів графіту та їхнього зв'язку з особливостями електронної будови атомів вуглецю в модифікації графіту.

Метою роботи був аналіз експериментальних даних про реальну атомну поверхню високоорієнтованого графіту і комп'ютерне моделювання утворення дефектних структур на поверхні кристалів. Результати моделювання були порівняні з даними експериментального дослідження.

Як об'єкт дослідження використовувався високоорієнтований кристал графіту. Очищення поверхні графіту і одночасно формування реальної атомної поверхні кристала шаруватого типу здійснювали сколюванням верхнього шару кристала безпосередньо перед вимірюванням. Дослідження атомарної поверхні графіту методами атомно-силової мікроскопії та скануючої тунельної мікроскопії виявило істотні зміни морфології експонованих поверхонь.

За отриманими експериментальними даними з використанням комп'ютерної програми Harvard Chart XL 2.0 були побудовані тривимірні діаграми моноатомного шару графіту, що відображають будову першого поверхневого шару та його зв'язок з другим поверхневим шаром.

В результаті моделювання структури моноатомних шарів, що містять топологічні дефекти, встановлено, що такі дефекти шару можуть бути точковими або лінійними. Точкові дефекти деформують тільки локальну область шару і можуть додаватись до вже сформованих шарів. Лінійні топологічні дефекти можуть формуватися тільки в процесі зростання шару.

Найімовірнішим є формування дефектів, що пов'язані з порушенням тільки далекого порядку розташування атомів в структурах, а саме дефектів упаковки шарів і топологічних дефектів шарових структур. Дефекти упаковки, які пов'язані зі зміною послідовності розташування шарів, слабо впливають на властивості кристалів. Топологічні дефекти шарів можуть суттєво змінювати

властивості та бути причиною формування структури, що відрізняється від вихідної бездефектної структури.

На основі експериментальних даних проведено моделювання найпростіших дефектів в моноатомному шарі графіту (дисклінацій, крайових дислокацій, поміжкристалітних меж). Результати моделювання найпростіших дефектів в моноатомного шарі графіту суттєво різняться від спостережуваних топологічних дефектів у графені.

При моделюванні наноструктури моноатомного шару графіту на базі комірок 7×7 виявлено періодичну модуляцію електронної щільності на поверхні. Розподіл електронної щільності по обидва боки шару є різним.

Дрібномасштабна модуляція електронної щільності в межах комірки 7×7 на поверхні графіту реалізована як реконструйована поверхня графіту з гексагональною структурою.

Список літератури:

1. Electric Field Effect in Atomically Thin Carbon Films / K.S. Novoselov, A.K. Geim, S.V. Morozov, et al. // Science. – V. 306. - № 5696. – P. 666 – 660.

Режими горіння і осьова структура розряду постійного струму з поперечною діафрагмою

Оглобліна П.О. (науковий керівник - проф. Лісовський В.О.)

Тліючий розряд у трубці з поперечною діафрагмою або зі зміною поперечного перерізу на сьогодні широко використовується у ртутних лампах низького тиску [1-6], є одним із методів заміни баластного опору при виготовленні флуоресцентних ламп, отримання області підвищеної густини плазми, формування спрямованого випромінювання в плазмовому діоді, використовується для геометричного стиску плазмового струму у плазмотроні [7], а також при дослідженнях подвійного електричного шару [8-11].

Для того, щоб коректно використовувати розряд у трубках із звуженням, необхідно знати, які переваги та можливості він надає, тому це питання було взято нами на розгляд. Для оптимізації плазмових технологій та пристроїв необхідно знати осьову структуру розряду, що існує в них. Тому представляє великий інтерес

дослідження осьового розподілу параметрів плазми та режимів горіння розряду у газорозрядних трубках.

Незважаючи на те, що загальні фізичні принципи розряду постійного струму в трубці змінного діаметра відомі, увага приділяється лише близьким до отвору або звуження областям, положення діафрагми розглядається тільки в області позитивного стовпа тліючого розряду. Водночас така важлива частина, як область всередині діафрагми, залишається недостатньо вивченою. Тому метою цієї роботи було експериментальне дослідження осьових профілів параметрів плазми уздовж всього тліючого розряду, включаючи області з катодної, анодної сторін та всередині звуження в азоті для різних діаметрів діафрагми.

В цій роботі виміряні вольт-амперні характеристики розряду постійного струму при різних тисках азоту і діаметрах діафрагми, що розташовувалася поперек циліндричної трубки. Визначено умови існування нормального і аномального режимів.

Методом одиночного ленгмюрівського зонда були досліджені осьові профілі параметрів плазми (температури електронів, потенціалу та густини плазми) від анода до межі катодного шару. Показано, що при низькому тиску азоту 0,1 Торр і розрядному струмі 1 мА подвійний шар формується поблизу діафрагми тільки в катодній частині трубки, а при струмі 10 мА подвійний шар поширюється і в анодну частину трубки.

При тиску азоту 0,5 Торр в анодній частині трубки спостерігається позитивний стовп, а по обидві частини діафрагми (як в анодній, так і в катодній частинах трубки) формуються подвійні шари, що прискорюють електрони всередину отвору.

У всіх випадках максимум густини плазми знаходиться всередині отвору.

Список літератури:

1. Godyak V., Lagushenko R., Maja J. Spatial evolution of the electron-energy distribution in the vicinity of a discharge-tube constriction // The American Physical Society. - 1988. – Vol.38, No.4. – p. 2044–2055.
2. Andersen J.M. Fluorescent lamp without ballast //US Patent 4508993 – 1983.
3. Lagushenko R., Maja J. Low pressure discharge tube having increased voltage. // US Patent 4884007 – 1988.
4. Lagushenko R., Maja J. Discharge lamp having multiple constrictions // US Patent 4736134 - 1984.

5. Marcucci R.V., Pai R.Y. Method for manufacturing a discharge lamp having multiple constrictions // US Patent 458252 – 1984.
6. Maja J., Lagushenko R. Low pressure arc discharge tube with reduced ballasting requirement. // US Patent 4816719 – 1984.
7. Габович М.Д. Физика и техника плазменных источников ионов // М.: Атомиздат, - 1972. – 304 с.
8. Block L.P. A double layer review. in *Astrophysics and Space Science*. – 1978. – Vol.55. – p. 59–83.
9. Charle C. A review of recent laboratory double layer experiments // *Plasma source science and technology*. – 2007. - Vol.16, No.4. - R1–R25.
10. Torven S. Formation of double layers in laboratory plasmas. in *Wave Instabilities in Space Plasmas*, Ed. by Palmadesso P.J., Papadopoulos K. – p. 109-128.
11. Raadu M.A., Rasmussen J.J. Dynamical aspects of electrostatic double layers. in *Astrophysics and Space Science*. – 1988. – Vol.144, No.1. – p. 43–71.
12. Грановский В. Л. Электрический ток в газах // М.: Наука. - 1971. - 490 с.

Многослойные покрытия на основе Ti и Si, полученные методом высокочастотного магнетронного распыления. Багатошарові покриття на основі Ti та Si, що отримані методом високочастотного магнетронного розпилення.

Плієв С.І. (науковий керівник – проф. Береснев В.М.)

Известно, что эксплуатационные характеристики функциональных материалов, такие как усталостная прочность, износо- и коррозионная стойкость и т.д. зависят от особенностей структуры и уровня физико-механических свойств поверхностного слоя.

Для увеличения ресурса работы изделий зачастую не требуется повышение объемных свойств материалов, из которых они изготовлены, достаточный эффект дает поверхностное модифицирование материала путем формирования покрытия на основе соединений тугоплавких металлов. Такие покрытия широко применяются в современной технике.

Возрастание требований к надежности техники в условиях интенсивного термобарического нагружения и расширение сфер использования материалов обуславливает необходимость дальнейшего совершенствования покрытий. Одним из путей

решения этой задачи является создание многокомпонентных и многослойных покрытий, которые используются для повышения работоспособности деталей режущих инструментов, работающих при высоких скоростях резания, повышения надежности узлов трения, защиты деталей от коррозии.

Работа посвящена исследованиям возможности получения многослойных покрытий на основе Ti и Si методом высокочастотного магнетронного распыления. Методами растровой электронной микроскопии и атомно-силовой микроскопии были исследованы морфология, рельеф поверхности и структурные характеристики полученных покрытий.

Многослойные покрытия обеспечивают лучшую адгезию и износостойкость [1] по сравнению с однослойными, имеют высокую твердость, позволяют наносить защитный слой на основное покрытие.

Применение магнетронного метода обусловлено его преимуществами, среди которых - высокая скорость осаждения, хорошая равномерность покрытий, низкая степень загрязнения пленок, низкая пористость даже при малых толщинах [2] и т.д.

Получены достаточно однородные шероховатые покрытия, характеризующиеся отсутствием пор и включений микрокапельной фракции, без явных участков с дефектами. Доказано, что при одинаковых условиях распыления скорость осаждения кремния примерно в 2 раза больше скорости осаждения титана. Это связано, в первую очередь, с разными коэффициентами распыления. В результате статистического анализа рельефа поверхности были определены максимальная высота пиков, энтропия, средняя шероховатость поверхности, асимметрия поверхности и коэффициент эксцесса.

Список литературы:

1. Зенин Б.С., Овечкин Б.Б. Современные технологии модифицирования поверхности и нанесения покрытий. – Томский политехнический университет, 2008.
2. Б.С. Данилин. Применение низко-температурной плазмы для нанесения тонких пленок. – Энергоатомиздат, 1989.

Исследование изомерных состояний ядер, образованных в фотоядерных реакциях на ядре ^{181}Ta при максимальной энергии тормозных γ -квантов $E=90$ МэВ

Дослідження ізомерних станів ядер, сформованих в фотоядерних реакціях на ядрі ^{181}Ta при максимальній енергії гальмівних γ -квантів $E=90$ Мев

Пономаренко Р. В. (науковий керівник – к. ф.- м. н., с.н.с. Водін О.М.)

Одним из основных источников сведений о свойствах возбужденных состояний ядер являются ядерные реакции с различными бомбардирующими частицами, в том числе и фотоядерные. Эти реакции позволяют определить целый ряд параметров отдельных возбужденных состояний ядер (спины, четности, электрические и магнитные моменты, матричные элементы радиационных переходов), а также судить о статистических свойствах уровней при высоких энергиях возбуждения (о зависимости плотности уровней от энергии и углового момента).

Характеристики фотоядерных реакций достаточно детально изучены в диапазоне энергий в области гигантского дипольного резонанса (ГДР) [1], а также в области энергий выше порога образования пиона. Область энергий выше области ГДР, но ниже порога образования пиона (приблизительно от 30 до 100 МэВ) исследована намного хуже как с теоретической, так и с экспериментальной точки зрения.

С целью измерения сечений (γ, xn) - реакций и исследования изомерных отношений в диапазоне энергий 30 ... 100 МэВ (выше ГДР), в НИЦ ХФТИ используется активационная методика на базе линейного ускорителя электронов ЛУЭ - 40, которая включает: активацию изотопной мишени на пучке тормозных γ -квантов; измерение ее наведенной γ -активности; измерение профиля распределения пучка электронов на конверторе и измерения относительного распределения тормозных γ -квантов на мишени [2].

В данной работе было выполнено измерение и анализ γ -спектра образца из естественного тантала, облучаемого пучком тормозных γ -квантов с максимальной энергией $E_\gamma = 90$ МэВ. Были обнаружены пики, которые свидетельствуют о формировании изотопов тантала и гафния (^{180}Ta , ^{177}Ta , ^{176}Ta , ^{175}Ta , ^{174}Ta , ^{172}Ta , ^{171}Ta и ^{173}Hf), а так же изомерных состояний ^{178m}Ta , ^{177m}Ta и ^{180m}Hf , образованных в

фотоядерных реакциях $^{181}\text{Ta}(\gamma, xn)^{181-x}\text{Ta}$ и $^{181}\text{Ta}(\gamma, pxn)^{181-x}\text{Hf}$ ($x=1, 3-7, 9, 10$). Сравнение максимальной энергии тормозных γ -квантов с порогоми формирования обнаруженных изотопов и изомерных состояний с результатами в базах ядерных данных [3] показало, что такие реакции возможны при данной энергии.

Список литературы:

1. Недорезов В.Г. Фотоделение ядер за гигантским резонансом /В.Г. Недорезов, Ю.Н. Ранюк. –К., 1989. – 380 с.
2. Айзацкий Н.И., В.И. Белоглазов, В.П. Божко, и др. Ядерно-физический комплекс на основе линейного ускорителя с энергией до 100 МэВ – К: Харьков, 2010, УДК 621.384.6, 5 с.
3. http://cdfc.sinp.msu.ru/services/calc_thr/calc_thr.html

New method of measuring the average number of binary scaling in heavy ion collision at the LHC

Новий метод вимірювання середньої кількості бінарних зіткнень при зіткненні важких іонів у ВАК

Прокаєва А.О. (науковий керівник - к.ф.м.н., доц. Павленко І.В.)

Study of the heavy ions physics at this stage is very important from the point of view of studying the new state of matter called the quark-gluon plasma. One of the ways of describing heavy ion collisions is to compare the modifications of nucleon-nucleon and proton-proton systems [1]. According to the theory of quantum chromodynamics it is essential to study the electroweak bosons, which protrude probes (they do not interact with the quark-gluon medium). It is convenient to introduce the nuclear modification factor R_{AB} , which is the product of theoretically and experimentally obtained values; it contains information about the colliding systems. In this project we are interested in one of these obtained values, the one is responsible for the geometry of the problem - the average number of binary collisions for a given centrality in an A-B collision $\langle N_{coll}^{AB} \rangle$ (as in the system of heavy ions, we have hundreds of protons). The value of $\langle N_{coll}^{AB} \rangle$ was obtained from the Glauber model. In the model of QCD it can be considered that $R_{AB} \approx 1$ in the electro-weak processes [2-3-4](which were precisely obtained in the last experiments at the LHC). In

consequence, the following question arises: will the average number of binary collisions be different according to experimental data if we assume that $R_{AB} = 1$?

In the first part of the project, computation of the $\langle N_{coll}^{AB} \rangle$ was performed separately for the W and Z bosons[2,3] and photons for basic centrality bins, including their systematical and statistical uncertainties. In addition the averaging was made by major bins, with the new definition of the systematical and statistical uncertainties. In this case the averaging was done only for bosons, since data for the photons has too much variation in the uncertainties and it would not bring clarity in this study. We took into account two data sets for correlated and uncorrelated completely. In the second part we used the HERAverager Data Analysis to process data for different channels of W, Z bosons and photons for various source of measurements such as muon/electron/photons reconstruction, muon/electron/photons trigger efficiency, total bin-correlated and etc [2-3-4]. This method gave us sharper results in our analysis and proved our phenomenology assumption. Our model was examined by the data for the charged particles, which showed the expected result (the nuclear modification factor is small enough (0.2-0.4)).

The purpose of this work was to find a new method of measurement the average number of binary collisions and to find the optimal value for it in the lead-lead processes, for the electro-weak interaction (W, Z bosons and photons, on the basis of data obtained in ATLAS).

Our results have shown that our prediction in determination of the average number of binary collisions is correct and the experimental value $\langle N_{coll}^{AB} \rangle$ is consistent with the model value of $\langle N_{coll}^{AB} \rangle$. In the future work we are planning to analyze more results to confirm our method, for example from CMS and ALICE detectors.

References:

1. ATLAS Collaboration, G.Aad et al., Charged-particle multiplicities in pp interactions measured with the ATLAS detector at the LHC, New J.Phys.13:053033,(2011) 20-35, arXiv:1012.5104 [hep-ex]
2. ATLAS Collaboration, G.Aad et al., Measurement of Z boson Production in Pb+Pb collisions at $\sqrt{s_{NN}} = 2,76$ TeV with the ATLAS Detector, Phys. Rev. Lett 110, 022301 (2013) 15-33, arXiv:1210.6486 [hep-ex]

3. ATLAS Collaboration, G.Aad et al., W boson production in the electron channel and lepton charge asymmetry in Pb+Pb collisions $\sqrt{s_{NN}} = 2,76$ TeV in the ATLAS Detector, Submitted to: EPJ C(2014), arXiv:1408.4674 [hep-ex]
4. ATLAS Collaboration, G.Aad et al., Centrality, rapidity and pT dependence of isolated prompt photon production in lead-lead collisions at $\sqrt{s_{NN}} = 2,76$ TeV with the ATLAS detector at the LHC, Phys. Lett. B710 (2012) 363-382, 5-14, arXiv:1108.6027 [hep-ex]

Structural analysis of amyloid fibrils Структурний аналіз амілоїдних фібрил

Романова М.В., Малійов І.Л. (науковий керівник - проф. Горбенко Г.П.)

The function of the protein is in a strong dependence on its structure. Currently, growing number of proteins are known to lose their properties because of the formation highly ordered insoluble aggregates, known as amyloid fibrils. More than 20 human diseases, including Alzheimer's disease, type 2 diabetes, Parkinson's disease are considered to be associated with amyloid formation in polypeptides [1, 2]. The crucial step toward understanding of fibrillar toxicity can be done by studying of amyloids' structure. The amyloid fibrils are interesting not only in the clinical context, but also for their unique mechanical properties comparable to those of steel and dragline silk, and much stronger than those typical of biological filaments such as actin and microtubules [3].

In the present study we focused our efforts on structural investigation of amyloid fibrils and their interaction with model membranes and dyes using fluorescent spectroscopy and small angle X-ray scattering (SAXS).

The first step of the study was aimed at gaining insight into the interactions between globin and insulin fibrils and liposomes of varying composition. In order to estimate the strength of fibril binding to liposomes we measured energy transfer efficiency from tryptophan residues of globin or insulin to anthrylvinyl (AV) fluorophore covalently attached to phosphatidylcholine (PC). Interestingly, the highest transfer efficiency for globin was observed for neutral PC vesicles, moreover, there was no strong correlation between liposomes' charge and binding rate. This finding is suggestive of the hydrophobic character of interaction between globin fibrils and lipids. Meanwhile, for insulin fibrils the energy transfer was the lowest for the neutral PC liposomes.

The second step of the study was devoted to the comparison of interaction between fibrillar and native forms of globin or insulin and new

fluorescent dye ABM. The results of fluorimetric titration were analyzed in terms of the Langmuir adsorption model. It was found that quantitative characteristics of the dye binding to fibrillar type protein aggregates (K_a – association constant, α – the difference between molar fluorescences of the bound and free dye) were the same order of magnitude as those known for the other amyloid-specific dyes. This observation opens the way for using ABM as amyloid-specific dye.

The knowledge of the mechanism behind the formation of amyloid fibrils is essential for designing the anti-amyloid drugs. To this end, a comparative ThT-based study of the kinetics of insulin (Ins) and lysozyme (HEWL) amyloid formation under conditions of acid denaturation has been undertaken. Our results showed that Ins forms amyloid fibrils easier than HEWL, in accord with the previous studies [4]. Likewise, elevated temperature and the presence of salts seem to reduce the lag phase and accelerate insulin amyloid elongation.

The SAXS technique was employed to determine low-resolution 3D structure of insulin amyloid fibrils. SAXS pattern analysis was interpreted as follows: insulin fibrils have repeating units of 100 nm, presumably turn structure (e.g. consisting of two 50 nm motifs) with the prolate cross-section of dimension 4 nm \times 24 nm, composed of six fibrils with 4nm diameter aligned together in a ribbon like manner.

References:

1. C.M. Dobson, Protein folding and misfolding, Nature 426 (2003) 884–890.
2. M. Stefani, Protein misfolding and aggregation: new examples in medicine and biology of the dark side of the protein world, Biochim. Biophys. Acta 1739 (2004) 5–25.
3. A.W. P. Fitzpatrick, G. T. Debelouchina, M. J. Bayroc, et al., Atomic structure and hierarchical assembly of a cross- β amyloid fibril, PNAS 110 (2012) 5468–5473.
4. L. Nielsen, R. Khurana, A. Coats, et al., Biochemistry 40 (2001) 6036–6046.

Гамма-распад изобар-аналогового резонанса при $E_p = 1887$ КэВ в реакции $^{36}\text{S}(p,\gamma)^{37}\text{Cl}$

Гамма-розпад ізобар-аналогового резонансу $E_p = 1887$ КэВ в реакції $^{36}\text{S}(p,\gamma)^{37}\text{Cl}$

Свистунов Д.О. (науковий керівник - к.ф.-м.н., с.н.с. Водін О.М.)

Важным источником информации о зарядовой инвариантности в ядрах являются данные об изоспиновой чистоте ядерных уровней,

полученные при исследовании γ -распада изобарических аналоговых резонансов (АР) [1]. Кроме чисто спектроскопической информации об аналоговых состояниях (АС) (энергии, спины и четности состояний, значения коэффициентов ветвления и параметров смешивания по мультипольностям переходов), извлекаются сведения о некоторых явлениях, обусловленных природой аналоговых резонансов, к которым можно отнести существование их тонкой структуры.

В настоящее время хорошим тестом для теоретических подходов, претендующих на описание свойств высоковозбужденных состояний атомных ядер, являются изобарические аналоговые резонансы. Развитие этого направления зависит от изучения различных парциальных каналов распада АР, данные о которых необходимы для дальнейшего выяснения зарядовой зависимости ядерных сил в механизме смешивания уровней по изоспину в ядрах, а так же для развития микроскопической теории атомного ядра.

Работа посвящена изучению γ -распада изобар-аналогового $1f_{7/2}$ – состояния ядра ^{37}Cl в реакции $^{36}\text{S}(p,\gamma)^{37}\text{Cl}$. На основании работы [2] проведено измерение функции возбуждения в области энергии протонов $E_p = 1840 \div 2000$ КэВ. Идентифицирован изобар-аналоговый резонанс с $E_p = 1887$ КэВ. На основе баланса энергии и интенсивности γ -переходов уточнена схема распада. По сравнению с литературными данными [3] в схеме распада установлены новые переходы с интенсивностью $\sim 1\%$. Из полученных данных о схеме распада выявлены новые γ -переходы на уровни ядра с $E^* = 4,396$ (5/2); 5,059 (5/2); 5,379 (5/2) МэВ. Показано, что осуществляется М1-переход на уровень с $E^* = 3,104$ МэВ, который является антианалоговым состоянием (ААС).

Список литературы:

1. Попов Ю.П., Шарапов Э.И. В кн.: Сильные и слабые утверждения в ядерной спектроскопии и теории ядра. Л., Наука. 1981. С. 90.
2. Водин А. Н., Качан А. С., Мищенко В. М., Слабоспицкий Р. П. Гамма-распад резонансноподобной структуры в реакции $^{36}\text{S}(p,\gamma)^{37}\text{Cl}$ // Изв. РАН. Сер. физ. –1996. –Т. 60. –№ 11. –С. 197–205.
3. Коваль А. А., Копанец Е. Г., Корда Ю. С., Сухотин Л. Н., Цытко С. П. Функция возбуждения реакции $^{36}\text{S}(p,\gamma)^{37}\text{Cl}$ в интервале $E_p = 1,4 - 2,1$ МэВ // Письма ЖЭТФ. –1967. –Т. II. –Вып. 8. –С. 402–406.

Дослідження взаємодії нових флуоресцентних зондів з лізоцимом

Степаненко О.В. (науковий керівник - проф. Горбенко Г.П.)

Агрегація водорозчинних білків, що супроводжується утворенням високоупорядкованих бета-складчатих фібрилярних структур, які зветься амілоїдами, є ключовим фактором в етіології цілої низки так званих конформаційних хвороб, включаючи хвороби Альцгеймера, Паркінсона, Хантінгтона, діабет другого типу, багато форм раку та інші генетичні та вірусні захворювання [1]. При детектуванні патогенних білкових агрегатів, поряд з використанням потужних сучасних методів, таких як електронна мікроскопія, ядерний магнітний резонанс, круговий дихроїзм, рентгеноструктурний аналіз, широко застосовують специфічні флуоресцентні зонди. Тому виключно актуальним є пошук нових флуоресцентних сполук, придатних для виявлення неправильно згорнутих і агрегованих білків і створення нових стратегій для лікування амілоїдних хвороб.

У даній роботі наведені результати дослідження взаємодії нових сквараїнових барвників з нативним та амілоїдним лізоцимом методом флуоресцентного титрування, який дозволяє провести порівняльний аналіз специфічності зондів до різних форм білка [2,3]. Були протестовані нові флуоресцентні зонди сквараїнового ряду G1, G2, G4, G5, G6, G7, які флуоресціюють у дальній червоній області. У цих сполук є істотні переваги перед флуорофорами інших класів, зумовлені, перш за все, їх високим квантовим виходом і відсутністю спотворення вимірюваного сигналу внаслідок фонові флуоресценції і світлорозсіювання біологічних зразків. Експериментальна стратегія полягала у реєстрації спектрів флуоресценції барвників при варіюванні концентрації нативного та фібрилярного лізоциму. Інтенсивність флуоресценції барвників зростала при додаванні нативного білка, що свідчить про зв'язування зондів з лізоцимом, проте, цей ефект був слабо вираженим. У той же час, при додаванні фібрил лізоциму інтенсивність флуоресценції зростала значно сильніше, порівняно з нативною формою білка. Отримані таким чином залежності зміни інтенсивності флуоресценції від концентрації білка були проаналізовані в рамках класичної моделі адсорбції адсорбції Ленгмюра [4,5], що дозволило оцінити такі параметри, як константа асоціації, молярна флуоресценція та стехіометрія зв'язування.

Виявилось, що ізотерми зв'язування добре описуються моделлю Ленгмюра тільки у випадку фібрилярного білка.

На основі отриманих результатів можна зробити висновок, що нові сквараїнові зонди мають вищу специфічність до фібрил лізоциму, ніж до нативної форми білка. Серед шести досліджених зондів кращим для детектування фібрил виявився зонд G6, інтенсивність якого істотно зростала у присутності фібрилярного лізоциму. Важливими перевагами сквараїнів є дуже низька спорідненість до нативного білка та спектральна область флуоресценції. Ці зонди поглинають світло і випромінюють флуоресценцію в червоній області (600-800 нм), тобто там, де більшість біологічних об'єктів зазвичай спектрально неактивні.

Список літератури:

1. J. Zheng, H. Jang, B. Ma et al. Modeling the Alzheimer α 17-42 fibril architecture: tight intermolecular sheet-sheet association and intramolecular hydrated cavities // B. J., 2010. – V. 93. – pp. 3046 – 3057.
2. Stefani. Protein misfolding and aggregation: new examples in medicine and biology of the dark side of the protein world // BBA, 2004.–V.1739.–pp.5– 25.
3. J. Lakowicz. Principles of fluorescence spectroscopy, Springer: New York, 2006.
4. Г. П. Горбенко. Моделі адсорбції: Методичні вказівки . – Х.: ХНУ імені В. Н. Каразіна, 2007. –40 с.
5. Ч. Тенфорд. Физическая химия полимеров, Химия: Москва, 1965.

Influence of accelerating channel geometry on characteristics of the plasma flows in quasi-stationary plasma accelerators

Вплив геометрії прискорювального каналу на характеристики плазмових потоків у квазістаціонарних плазмових прискорювачах

Стрельников Р.О. (науковий керівник – д.т.н., проф. Гаркуша І.Є.)

High current plasma accelerators generating both powerful and dense plasma streams are able to be used for technological applications related with modification and alloying of surface layers by plasma processing, and also for fusion studies relevant to thermonuclear reactors like ITER and DEMO. Particularly, fusion problem demands certain investigations of topics such as plasma injection into magnetic traps, giant Edge Localized Modes (ELMs), plasma-surface interactions taking place on the divertor plates during current disruption conditions.

For instance, simulation of ELMs requires long duration of thermal shocks for plasma facing materials. Therefore, quasi-stationary plasma accelerators (QSPA) are especially attractive facilities for such studies due to sufficient duration of generated powerful plasma flow, which is kept during hundreds and thousands plasma flight times in the acceleration channel [1].

As far as the energy density of plasma flow is proportional to the velocity of plasma flow in the third degree, it is extremely important to design plasma accelerators, which could produce plasma flows with characteristics relevant to ones expected in ITER.

Performed experimental investigations have shown that parameters of plasma streams generated by QSPA are strongly influenced by geometry of accelerating channel, initial and boundary conditions in high current plasma discharge [2-4]. As a result, it has become especially important to develop optimized approach to design of accelerating channel for achieving supersonic MHD flows of magnetized plasma.

This thesis presents the analysis of characteristics of the plasma flows, generated by quasi-stationary plasma accelerators (QSPA). Particularly, the stationary plasma flow in a narrow axial-symmetric channel across the azimuthal magnetic field is considered in the frame of one-fluid MHD model in pure acceleration mode, when magnetic energy transforms only into kinetic energy. Formula for the acceleration channel width is obtained, afterwards with chosen initial conditions corresponding profiles of the acceleration channel in QSPA are evaluated.

On the base of applied model of the plasma flow in QSPA, influence of geometric parameters of acceleration channel (critical cross-section, input cross-section, etc.) on the acceleration process in QSPA is investigated. In the long run, qualitative approximation of considering model permits to develop only recommendations for optimal geometry of QSPA aiming at an increase of the acceleration coefficient.

References:

1. Morozov A.I. Nucl. Fusion Suppl.- 1969.- 111.- p.9
2. Tereshin V.I. Quasi-stationary plasma accelerators and their applications // Plasma Phys. Contr. Fus. – 1995. - Vol.37. - P.A177- A190
3. Kulik N.V. et al. Main characteristics of a high-power full scale quasi-stationary plasma accelerator QSPA Kh-50 and some results of preliminary experiments // 18th European Conference on Controlled Fusion and Plasma Phys. – 1991.- Contributed papers, part III. - P.41-44
4. Morozov A.I. et al. QSPA Kh-50 full scale high power quasi-stationary plasma accelerator // Plasma Devices and Operations. – 1992. - Vol.2. - P.155-165.

Влияние ионов металлов на мембранотропную активность фибриллярных белков.

Вплив іонів металів на мембранотропну активність фібрилярних білків.

Швецова Ю.Ю. (научовий керівник – д. ф.- м. н., проф. Горбенко Г.П.).

Множество так называемых конформационных болезней, включая болезни Альцгеймера, диабет 2-го типа, вызваны неправильным сворачиванием определенных белков и их последующей агрегацией с образованием патогенных структур – амилоидных фибрилл.[1]. В последние годы появляется все больше данных о том, что токсическое действие амилоидов на клетку обусловлено повреждением клеточных мембран.[2]. В связи с этим очень важно определить, какие вещества способны модулировать мембранотропное действие амилоидов, в частности, ослаблять степень повреждения мембранной структуры.

В данной работе в качестве таких модуляторов были использованы ионы меди и железа. При достижении этой цели применяли одну из модификаций метода флуоресцентной спектроскопии, основанную на анализе спектров флуоресценции пирена. Преимущество этого зонда состоит в том, что он чувствителен к изменениям физико-химических свойств как полярной, так и гидрофобной областей липидного бислоя. При повышении концентрации зонда в мембранах возникают условия, при которых возможно образование димеров из возбужденной и невозбужденной молекул пирена – эксимеров. Этот процесс сопровождается появлением характерного пика в спектре флуоресценции пирена. На первом этапе работы титрованием фосфатидилхолиновых липосом пиреном была определена концентрация, при которой происходит образование эксимеров.[3]. Вторым этапом работы заключался в получении спектров флуоресценции пирена, нативного и фибриллярного лизоцима и взаимодействия лизоцима с ионами металлов меди и железа. Третьим этапом работы состояло в изучении влияния лизоцима на процесс эксимеризации пирена и вибронную структуру спектров флуоресценции. И, наконец, четвертым этапом состояло в изучении влияния ионов металлов на мембранотропную активность фибриллярных белков.

В работе представлена подробная характеристика спектрального поведения нативного и фибриллярного лизоцима в

модельних мембранах при взаємодії з іонами металів заліза та міді. При вивченні впливу різних металів на зв'язування лізоцима з ліпідами була виявлена залежність ефектів від складу білок-ліпідної системи. Встановлено, що при додаванні іонів металів спостерігалося зниження інтенсивності флуоресценції зонда. Зв'язування лізоцима привело до значущого зменшення ступеня ексімеризації пірена, причому ефект залежав від складу ліпосомальних мембран та структури білка.

Список літератури:

1. M. Stefani. Protein misfolding and aggregation: new examples in medicine and biology of the dark side of the protein world // BBA, 2004. – V.1739.– pp.5 – 25.
2. Биомолекула: «Новый шаг к пониманию болезни Альцгеймера: возможно, недосыпание является одним из факторов риска».
3. Липосомы и их взаимодействие с клетками / Л. Б. Марголис, Л. Д. Бергельсон ; "Биол. мембраны и исполъз. принципов их функционирования в практике" М. Наука 1986, с. 42-44.

Дослідження евтектичних покриттів (50% Ni-Cr-Si-B + 50% MoSi₂) на молібдені

Шклярів А.А. (науковий керівник – доц. Чижика В.А.)

У загальнотехнічній проблемі підвищення надійності та довговічності машин та механізмів важливе місце посідають питання протидії руйнівному зовнішньому впливу, зокрема зношуванню робочих поверхонь. Перспективним варіантом захисту поверхні деталей від зношення є формування функціональних покриттів, які істотно змінюють фізико-механічні властивості матеріалів і мінімізують безповоротні втрати металів і сплавів [1].

Найважливішим напрямом є розробка покриттів, стійких проти абразивного зношування. Формування таких покриттів є актуальним для виробів, що експлуатуються в умовах тертя та ерозії, оскільки саме на таке руйнування припадає від 50 до 80% випадків передчасної втрати працездатності деталей машин масового та серійного виробництва.

Важливою функцією зносостійких функціональних покриттів є покращення високотемпературної міцності поверхні підкладки.

Саме для такого завдання розроблялися покриття при виконанні роботи.

За аналізом літературних даних [2, 3] та результатів попередніх досліджень на кафедрі [4] основою покриття обрано евтектичну композицію Ni-Cr-Si-B, яку модифіковано додаванням дисиліциду молібдену. Головним завданням роботи була оптимізація технології нанесення на молібденові підкладки евтектичних багатоелементних покриттів складу (50% Ni-Cr-Si-B + 50% MoSi₂) та дослідження їхньої дефектності.

Формування покриття здійснювали оплавленням порошкової суміші відповідного складу, яку попередньо наносили на оброблювану поверхню шлікерним способом. Рідиною при виготовленні шлікеру був водний розчин карбометилцелюлози. Оплавлення шлікеру здійснювали при нагріванні зразка прямим пропусканням електричного струму в вакуумі 10⁻⁴ мм.рт.ст. в робочій камері установки СШВЭ-1.2,5/25-И2. При нагріванні зразка зі шлікерним шаром до температури ~ 1000 °С активується екзотермічна реакція утворення боридів та силіцидів нікелю [5], хід якої фіксувався візуально. Ця реакція сприяє підвищенню температури та наступному утворенню боридів молібдену – сполук з високими температурами плавлення (2000-2200 °С).

Варіювання температурно-часових параметрів відпалу засвідчило, що прийнятною технологією є відпал при 1100 – 1300 °С з нагріванням протягом 20 – 30 с та високотемпературною витримкою до 10 с. Покриття, отримане з суміші порошків Ni-Cr-Si-B та MoSi₂ на підкладці з Мо характеризується низькою дефектністю, мінімальною кількістю мікропор і досить регулярною мікроструктурою.

Порівняння структурних характеристик і властивостей покриттів показали, що високошвидкісне формування покриттів дозволяє з одного боку отримати захисний шар необхідної товщини і властивостей, а з іншого боку запобігає надмірному окрихчуванню матеріалу основи внаслідок утворення боридних фаз.

Список літератури:

1. Азаренков М.О. Функціональні матеріали і покриття : навчальний посібник / М.О. Азаренков, В.М. Береснев, С.В. Литовченко та ін. – Х. : ХНУ імені В.Н. Каразіна, 2013. – 208 с.
2. Strong A. Brent. Fundamentals of Composites Manufacturing: Materials, Methods and Applications / A. Brent Strong – Dearborn, Michigan : Society of manufacturing engineers, 2008 – 620 p.

3. Knotek O. Brazing Filler Metals Based on Reacting Ni-Cr-B-Si Alloys / O. Knotek, E. Lugsheider // Welding Journal supplement. - 1976.-P.314 – 318.
4. Чишкала В.А. Использование эвтектических композиций для создания износостойких покрытий / В.А. Чишкала, С.В. Литовченко, Е.П. Нечипоренко и др. // Вопросы атомной науки и техники. – 2002. - №1. – С. 175-177.
5. Ajao J. Influence of additions on the solidification behaviour of Ni-B alloys - crystallography of Ni-Ni₃B eutectic / J. Ajao, S. Hamar-Thibault // Journal of Materials Science/ - 1988. – V. 23. - Is. 3. –P. 1112 – 1125.

Способ верификации поглощенной дозы при планировании облучения на линейном ускорителе.

Спосіб верифікації поглинутої дози при плануванні опромінення на лінійному прискорювачі.

Шкрбець О. В., (науковий керівник – д.м.н., с. н. с. Старенький В. П.)

Современная лучевая терапия характеризуется разработкой и совершенствованием различных способов повышения эффективности лечения онкологических больных [1]. Существует необходимость проверки плана лечения непосредственно перед облучением, в том числе и поглощенной, в выбранном объеме, дозы, которую запланировала компьютерная система. Также актуальным является вопрос об исследовании соответствия поглощенной дозы, которая реализуется в патологическом очаге и жизненно важных анатомических структурах, дозе, которая была запланирована при предлучевой подготовке.

Современные методы доставки дозы (CRT, IMRT, RapidArc) становятся все сложнее и, в связи с этим, стандартные пути проверки не всегда корректно выполняют поставленные перед ними задачи. Вследствие этого актуальной задачей является создание универсального способа верификации, с помощью которого можно осуществлять контроль дозы, рассчитанной планирующей системой.

В работе были рассмотрены современные методы доставки дозы, имеющиеся расчетные и экспериментальные способы проверки запланированной дозы, средства, с помощью которых они осуществляются, а также связанные с ними проблемы [2], и на основе этого разработан способ верификации, с помощью которого можно осуществлять контроль дозы, рассчитанной планирующей системой.

Для проведения верификации плана облучения нужно провести измерения в нескольких точках физически смоделированного облучаемого объема и сопоставить их со значениями, полученными в

планирующей системе. Для моделирования полей и проведения измерений использовали линейный ускоритель, водный фантом, тканезквивалентный материал или их комбинацию для моделирования неоднородностей поверхности, а также ионизационные камеры, дозиметр рабочего класса с микропроцессорным управлением для измерения дозы [3].

На практике процедура проведения верификации плана облучения сводится к выбору возможных полей (пучков) облучения, которые формируются с помощью многолепестковой коллимации пучка в соответствии с конфигурацией патологического очага, суммарной очаговой дозы, а также направления пучков относительно средств моделирования облучаемой среды (фантома). Далее в клиническом объеме облучения осуществляется выбор произвольной точки, в которой будет определяться запланированная доза, отмечаются глубины, на которых находится эта точка относительно выбранных полей и производится моделирование каждого поля в отдельности. Помещая ионизационную камеру в точки водного фантома, в которых нужно получить значение поглощенной дозы, и задавая углы для полей облучения, проводятся измерения. В зависимости от количества полей облучения, регистрируются несколько значений поглощенной дозы, сложение которых позволяет определить суммарную дозу в выбранной точке.

Сверяя ее с дозой, которую рассчитала планирующая система для тканей человека и анализируя полученные результаты, в работе был сделан вывод, что рассчитанные и измеренные дозы с высокой точностью совпадают. А это значит, что выбранный способ хорошо реализует поставленную задачу и пригоден для использования на практике.

Список литературы:

1. Г. Е. Труфанов, М. А. Асатурян, Г. М. Жаринов. Лучевая терапия: учебник. – Т.2. 2010.
2. Гвай А.С., Аверьянова Л.А., Шалёпа О.Ю. Современные методы и средства дозиметрии ионизирующих излучений в медицине // ВЕЖПТ . 2012. №9 (57).
3. Определение поглощенной дозы при дистанционной лучевой терапии: Международные практические рекомендации по дозиметрии, основанные на эталонах единицы поглощенной дозы в воде. МАГАТЕ, Вена, 2004.

Методика определения поглощенной дозы в выбранной патологической зоне

Методика визначення поглиненої дози в обраній патологічній зоні

Щербань В.П. (науковий керівник – д.м.н., с. н. пр. Старенький В.П.)

Лучевая терапия – воздействие на раковые клетки ионизирующим излучением с целью прекращения их функционирования. Это область, которая требует крайне высокой точности применения, поскольку не существует способа влиять исключительно на пораженные заболеванием участки больного. Вместе с тем, при малых количествах энергии возможно добиться колоссального результата[1]. Следовательно, очень важным является вопрос о распределении поглощенной дозы в организме человека.

Как правило, для выздоровления больного требуется весьма большая доза, которая могла бы сильно навредить при однократном облучении. Поэтому обычно необходимую дозу разбивают на порции по 2 Гр. Кроме того, для ослабления влияния на здоровые ткани путем уменьшения количества порций на один участок тела, пациент облучается несколькими (2 или 3) полями с максимумом поглощения в месте расположения опухоли.

Человеческое тело – гетерогенная среда, компоненты которой по-разному поглощают излучение. Для расчетов изменения поглощения излучения при прохождении через человека применяются числа Хаунсфилда. Шкала Хаунсфилда применяется для расчета поглощенной дозы излучения в современной компьютерной томографии для визуальной и количественной оценки плотности визуализируемых структур.

В данной бакалаврской дипломной работе рассмотрен вопрос о реализации методики, основанной на определении коэффициента линейного ослабления вещества на основании данных о его числе Хаунсфилда. Объектом исследования являлась томограмма головы пациента. Поглощенная доза определялась путем внесения поправок в данные поглощения, полученные из облучения водного фантома [3], согласно шкалы Хаунсфилда.

Вследствие вариации коэффициента поглощения в объеме мозгового вещества, в работе проведена градуировка яркости визуального отображения вещества по рентгеновской плотности.

В области действия излучения определялась яркость пикселей по следующей формуле:

$$Y = 0,3R + 0,59G + 0,11B \quad (1),$$

где Y – яркость, R – красная составляющая цвета, G – зеленая составляющая цвета, B – синяя составляющая цвета. Далее в соответствии с разной яркостью вещества, ему присваивалось число Хаунсфилда от +2 до +32. Для костной ткани по всему объему было присвоено среднее значение +1000.

Результаты, полученные применением данной методики, показали, что на область интереса (место локализации опухоли) приходится более 95% поглощенной дозы. Проведено сравнение приведенных результатов с данными, полученными на штатном клиническом оборудовании. Согласно им поглощенная доза в области интереса составляет 100% поглощения. Различия в результатах объясняются тем фактом, что в случае расчета в клинических условиях производился расчет от трех суммирующихся полей, а не одного, как в исследовательской работе.

Список литературы:

1. Шайн А.А. Онкология. Учебник для студентов медицинских вузов. — медицинское информационное агентство – МИА, 2004 г. — 544 с.
2. Определение поглощенной дозы при дистанционной лучевой терапии. Международные практические рекомендации по дозиметрии, основанные на эталонах единицы поглощенной дозы в воде © МАГАТЭ, 2004. Напечатано МАГАТЭ в Австрии Июнь 2004 STI/DOC/010/398
3. М. Хофер "Компьютерная Томография, базовое руководство", М. Медицинская литература, 2008

Разработка и исследование спектро-радиометрической аппаратуры для целей радиационной экологии Розробка та дослідження спектро-радіометричної апаратури для задач радіаційної екології

Якименко І. І. (науковий керівник – к. ф. – м. н., Стервоєдов М. Г.)

Как в быту, так и в производственных условиях остро возникает вопрос отслеживания уровня радиоактивных веществ. Наличие актуальной обновляемой информации об уровне загрязнения гарантия

безопасности, как персонала лаборатории, так и рядовых граждан. В связи с актуальностью данного вопроса нами представлено решение данной задачи в виде индивидуального средства контроля радиационного фона окружающей среды.

В условиях лаборатории необходим бесперебойный постоянный мониторинг радиоактивного фона в большем количестве помещений. Работники снабжаются индивидуальными приборами контроля, что предоставляет возможность приоритетного контроля сети помещений, отслеживая фон на их рабочих местах. Наш подход решает ряд, как экономических вопросов, связанных с ценой индивидуальных средств контроля для всего коллектива, так и вопросов мобильности таких сложных систем как СКРБ при этом обеспечивая актуальность получаемых данных.

На изготовленном приборе был поставлен ряд классических экспериментов подтверждающих его работоспособность и сделана оценка погрешности аппаратуры. Прибор позволяет прицельно определить опасные зоны для дальнейших более детальных исследований. В паре с угольными и аэрозольными фильтрами прибор, обладая, бета чувствительным детектором, позволяет восстановить кривые распада неких радиоактивных газов, в частности газа радона в цокольных этажах

Новизна изложенных решений очевидна и обоснована рядом контрольных измерений собранными системами. Разработка качественных мобильных систем контроля задача не тривиальная. Она требует от проектировщика глубокого понимания физики измеряемых процессов, практических навыков разработки электронных схем, умения отладки программной части. Разработка является актуальной в первую очередь для атомной промышленности и для населения.

Список литературы:

1. Цитович А.П. Ядерная электроника / Цитович А.П., М.: М.: Энергоатомиздат, 1984. - 408 с.
2. Хоровиц П., Хилл У. Искусство схемотехники. В 3-х томах. Том 3 4-е изд. перераб. и доп. - М.: Мир, 1993. -397 стр., ил. ISBN 5-03-002954-0
3. <http://www.analog.com/ru/processors-dsp/products/index.html>

Список авторів

Авдеева А.Г.....	4
Андреев М.В.....	5
Блаженец Г.О.....	7
Буличова А.І.....	9
Бурковська В.В.....	11
Вайсман Е.С.....	13
Васильченко А.О.....	14
Волкова А.Ю.....	16
Вусик М.М.....	18
Григоренко О.В.....	20
Демура Х.В.....	21
Загоскін Т.В.....	23
Злигостев М.І.....	25
Коваленко В.В.....	26
Козіонов С.А.....	27
Константинов О.М.....	29
Лісовський В.В.....	33,34
Литова М.О.....	36
Малійов І.Л.....	37
Малкін Д.І.....	39
Маловиця М.С.....	40,42
Машнін С.І.....	43
Міненко М.В.....	44
Москалець Т.М.....	46
Нагенда Б.....	47
Ніколаєнко О.С.....	48
Оглобліна П.О.....	50
Плієв С.І.....	52
Пономаренко Р.В.....	53
Прокаєва А.О.....	55
Романова М.В.....	56
Свистунов Д.О.....	58
Степаненко О.В.....	59
Стрельников Р.О.....	61
Швецова Ю.Ю.....	62
Шклярів А.А.....	64
Шкрєбець О.В.....	66
Щербань В.П.....	67
Якименко І.І.....	69

Наукове видання

Студентська наукова конференція
з прикладної фізики
„Актуальні проблеми сучасної фізики”
Тези конференції

Українською, російською та англійською мовами

Відповідальний за випуск *С. В. Дудін*

Комп'ютерне верстання *О. Г. Носова*

Формат 60x841/16. Умов. друк. арк. 2,74. Наклад 50 прим. Зам. № 220/13

Видавець і виготовлювач

Харківський національний університет імені В. Н. Каразіна,

61077, м. Харків, майдан Свободи, 4.

Свідоцтво суб'єкта видавничої справи ДК № 3367 від 13.01.09

Видавництво ХНУ імені В. Н. Каразіна,

Тел.705-24-32