ЕУРАЗИЯ ҰЛТТЫҚ УНИВЕРСИТЕТІ

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ
ТҰҢҒЫШ ПРЕЗИДЕНТІ - ЕЛБАСЫНЫҢ ҚОРЫ

«ҒЫЛЫМ ЖӘНЕ БІЛІМ – 2017»

студенттер мен жас ғалымдардың
XII Халықаралық ғылыми конференциясының
БАЯНДАМАЛАР ЖИНАҒЫ

СБОРНИК МАТЕРИАЛОВ
XII Международной научной конференции
студентов и молодых ученых
«НАУКА И ОБРАЗОВАНИЕ – 2017»

PROCEEDINGS
of the XII International Scientific Conference
for students and young scholars
«SCIENCE AND EDUCATION - 2017»

14th April 2017, Astana

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ
Л.Н. ГУМИЛЕВ АТЫНДАҒЫ ЕУРАЗИЯ ҰЛТТЫҚ УНИВЕРСИТЕТІ

«Ғылым және білім - 2017»
студенттер мен жас ғалымдардың
XII Халықаралық ғылыми конференциясының
БАЯНДАМАЛАР ЖИНАҒЫ

СБОРНИК МАТЕРИАЛОВ
XII Международной научной конференции
студентов и молодых ученых
«Наука и образование - 2017»

PROCEEDINGS
of the XII International Scientific Conference
for students and young scholars
«Science and education - 2017»

2017 жыл 14 сәуір

Астана

УДК 378

ББК 74.58
Ғ 96

Ғ 96
«Ғылым және білім – 2017» студенттер мен жас ғалымдардың XII Халықаралық ғылыми конференциясы = The XII International Scientific Conference for students and young scholars «Science and education - 2017» = XII Международная научная конференция студентов и молодых ученых «Наука и образование - 2017». – Астана: http://www.enu.kz/ru/nauka/nauka-i-obrazovanie/, 2017. – 7466 стр. (қазақша, орысша, ағылшынша).

ISBN 978-9965-31-827-6

Жинаққа студенттердің, магистранттардың, докоранттардың және жас ғалымдардың жаратылыстану-техникалық және гуманитарлық ғылымдардың өзекті мәселелері бойынша баяндамалары енгізілген.

The proceedings are the papers of students, undergraduates, doctoral students and young researchers on topical issues of natural and technical sciences and humanities.

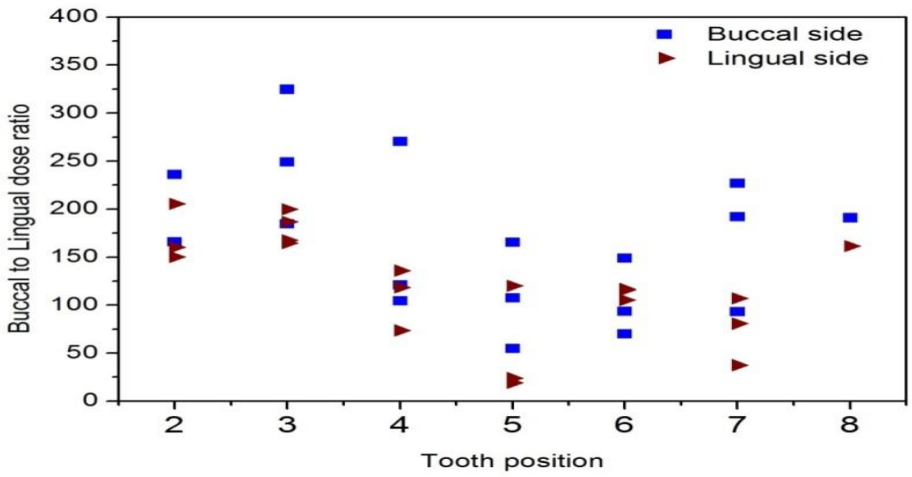
В сборник вошли доклады студентов, магистрантов, докторантов и молодых ученых по актуальным вопросам естественно-технических и гуманитарных наук.

УДК 378

ББК 74.58

ISBN 978-9965-31-827-6

©Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, 2017



Сурет 3. Тіс позициясы мен тілдік-беттік жақтарының арасындағы салыстыру.

Бұл зерттеуде Семей ядролық сынақ полигонындағы ядролық сынақтардың салдарынан зардап шеккен кейбір аудан тұрғындарының тіс эмалі аркылы ЭПР әдісімен фондық дозасы анықталды. Сонымен қатар ЭПР дозиметрінің дозаларды анықтаудағы мүмкіндіктері мен шектеулері бағаланды. ЭПР әдісі бойынша жасалған зерттеулер ауыл тұрғындарының орташа фондық доза мөлшерін бағалауға мүмкіндік берді. Жылдар бойы ЭПР дозиметрін жұтылған доза мөлшерін анықтауда жиі қолданғанымен, бұл әдіс салыстырмалы түрде жаңа әдіс және одан әрі жетілдіруді талап етеді. Көптеген жағдайларда ЭПР әдісін қолдану өте ыңғайлы әрі тиімді әдіс екеніне көз жеткіздік.

Пайдаланылған әдебиеттер тізімі

1. IAEA 2002 Use of Electron Paramagnetic Resonance Dosimetry with Tooth Enamel for Retrospective Dose Assessment IAEA-TECDOC-1331: Vienna (ISBN 92-0-119402-1)

2. Ikeya, M., Miki, T., Kai, A. and Hoshi, M. (1986) ESR dosimetry of Abomb radiation using tooth enamel and granite rocks, Radiat. Prot. Dosim. 17: 181–184. Degteva, M. O., Kozheurov, V. P. and Tolstykh, E. I. (1998) Retrospective dosimetry related to chronic environmental exposure, Radiat. Prot. Dosim. 79: 155–160.

3. Ivannikov, A. I., Gaillard-Lecanu, E., Trompier, F., Stepanenko, V. F., Skvortsov, V. G., Borysheva, N. B., Tikunov, D. D. and Petin, D. V. (2004). Dose reconstruction by EPR spectroscopy of tooth enamel: application to the population of zaborie village exposed to high radioactive contamination after the chernobyl accident. Health Phys. 86: 121–134

4. IAEA Report, IAEA-TECDOC-1331, 2002. Use of electron paramagnetic resonance dosimetry with tooth enamel for retrospective dose assessment. Vienna, – P. 36–39

5. El-Faramawy, N. A. and Rühm, W. (2007) Additional criteria for EPR dosimetry using tooth enamel Radiat Res. 167: 244 –250.

УДК 537.533.3

РАЗРАБОТКА КОМПЬЮТЕРНОЙ МОДЕЛИ ДЛИННОФОКУСНОЙ СИСТЕМЫДЛЯОЖЕ-АНАЛИЗА ПОВЕРХНОСТИ ТВЕРДОГО ТЕЛА

Айданұлы Б.
bcoool@bk.ru
Студент физико-технического факультета ЕНУ им. Л.Н.Гумилева, Астана
Научный руководитель – А. Морзабаев

Как известно, в современное время из физических методов наибольшее распространение получили спектроскопические методы, из которых следует выделить

группу активно развивающихся методов корпускулярной спектроскопии, в том числе, методы электронной спектроскопии. Однако, как отмечалось в наших более ранних публикациях, существует широкий спектр нерешенных вопросов в данной области, которые детерминируют необходимость детального проведения теоретических и практических исследований [1]. Эта актуальность названной проблематики вызвала наш научный интерес к рассмотрению физических основ метода оже-электронной спектроскопии и его использовании в конструировании компьютерной модели длиннофокусной системы на основе гексапольно-цилиндрического поля с помощью численной программы «Фокус».

С этой целью мы провели попытку создания проекта, целью которого стала разработка компактной, легко интегрируемой в технологические процессы длиннофокусной системы элементного оже-анализа поверхности твердого тела, по своим техническим параметрам не уступающей мировым коммерческим образцам, в составе энергетического анализатора (разрешение лучше 1% при светосиле порядка 10% от 2π) и встраиваемой в него электронной пушки (наименьшее сечение пучка на уровне 1 мкм). В результате проектирования было проведено компьютерное моделирование электростатического энергоанализатора на основе гексапольно-цилиндрического поля с торцевыми электродами, обладающего длинным фокусом. В процессе разработки компьютерной модели длиннофокусной системы элементного оже-анализа поверхности твердого тела нами первоначально были изучены теоретические и физические основы метода ожэ-электроннной спектроскопии (ОЭС), которая, как считается в современной науке, является самой распространенной методикой среди всех электронно-спектроскопических методик [2].

Изучение данной методики, конечно, не является новым словом в науке. Если говорить об изучении методов электронной спектроскопии, то следует иметь в виду, что ее аналитические возможности, особенно для химического анализа, а также особенности и области эффективного применения этого метода, как считают ученые Института аналитического приборостроения Российской Академии наук, наиболее полно были представлены основоположником этого метода лауреатом Нобелевской премии Каем Зигбаном и др. в книге «Электронная спектроскопия» [3]. Что же касается метода ожэ-электроннной спектроскопии (ОЭС), то впервые эффект, на котором основан данный метод, был открыт в 1925 году французским физиком Пьером Оже (P. Auger), по имени которого и назван данный метод [4]. До настоящего времени вопросы связанные с определением места, значения и механизма работы названного метода были раскрыты еще советскими учеными. Среди них следует отметить работы следующих авторов как Э.С.Паралис [5], В.В.Зашквара, М.И.Корсунский, О.С.Космачев [6], Т.А.Карлосон [7], Бриггс Д., Сих М.П. [8], и др.

В дальнейшем изучением преимуществ этого метода для исследования твердых поверхностей занимались многие ученые физики как за рубежом, так и у нас в стране. На наш взгляд, особое внимание среди этих исследований следует обратить на работу российского ученого С.С. Еловикова «Оже-электронная спектроскопия», в которой раскрыта суть самого эффекта Оже [9].

Вопросами сосотояния поверхностей и исследованием их свойств с помощью различных методик занимаются также другие российские физики. Не отстают в изучении и разработке данных вопросов и наши отечественные ученые. К ним можно отнести ряд таких исследователей, как Б.У.Ашимбаева, А.О.Саулебеков, К.Ш.Чокин, У.С.Кубаева, А.Т.Махабаева, Р.С.Турлыбекова, С.Н.Асылбекова, Жанасбаева А.С., Ж.Т. Камбарова и др. В их работах рассматриваются такие важные вопросы исследуемой нами темы, как фокусирующие свойства электростатического зеркала с гексапольно-цилиндрическим полем, использование компьютерных технологий на примере расчета анализатора с гиперболическим полем, вопросы проектирования длиннофокусного оже-микроанализатора и т.д.[10].

Как видим, степень разработанности рассматриваемой нами в данной работе проблемы позволяет нам сделать соответствующие теоретические, методологические и практические изыскания в этой научной области.

В результате ознакомления с научной литературой по методам электронной спектроскопии, оже-анализа и компьютерного моделирования мы попытались освоить эти этапы компьютерного моделирования и получить компьютерную модель длиннофокусной системы на основе гексапольно-цилиндрического поля с помощью численной программы «Фокус». Для этого нами проводился расчет траекторий заряженных частиц в поле анализатора, что позволило нам определить электронно-оптические параметры длиннофокусной системы и провести компьютерное моделирование электростатического энергоанализатора на основе гексапольно-цилиндрического поля с торцевыми электродами, обладающего длинным фокусом.

Основная цель нашей научной работы в рамках разработки проекта заключалась в разработке компактной, легко интегрируемой в технологические процессы длиннофокусной системы элементного оже-анализа поверхности твердого тела, по своим техническим параметрам не уступающей мировым коммерческим образцам, в составе энергетического анализатора и встраиваемой в него электронной пушки.

Для достижения этой цели мы провели научный поиск по тематике проекта, изучив для начала физические основы метода оже-электронной спектроскопии с учетом имеющихся сегодня в науке теоретических разработок по данному вопросу. Далее мы провели работу по разработке длиннофокусной системы локального исследования материалов и структур методом электронной оже-спектроскопии. В результате было проведено моделирование ГЦП - анализатора с торцевыми электродами с целью поиска схемы с угловой фокусировкой типа «ось-кольцо», обеспечивающая большое фокусное расстояния от исследуемого образца (мишени) до анализатора.

Чтобы раскрыть содержание проведенного нами моделирования сначала, по нашему мнению, следует дать описание физических основ метода ожэ-электроннной спектроскопии.

Как отмечается учеными, важнейшим преимуществом методов электронной спектроскопии является исключительно высокая поверхностная чувствительность. Спектры, получаемые от конденсированных систем, характеризуют тонкий приповерхностный слой веществ (от единиц до десятков ангстрем), что сделало электронную спектроскопию основным методом диагностики состава поверхности и важнейшим инструментом нанотехнологии [3].

Для того чтобы изучать поверхности необходимо помнить, что состояние поверхности в значительной мере определяет свойства материалов, как физические, так и химические. И как считают ряд российских исследователей, от состава и строения поверхности и приповерхностных слоев твердого тела зависят оптические, электронные, магнитные, механические и другие характеристики твердых тел [11].

Как известно, число методов исследования поверхности очень велико, многие имеют несколько модификаций, существенно различающиеся по своим возможностям. Среди этих методов интересным для нашей работы является метод Оже - электронной спектроскопии (ОЭС). В основе этого метода, как отмечают казахстанские ученые, лежат такие процессы как, ионизация внутренних электронных уровней атома первичным электронным пучком, безизлучательный Оже-переход и выход Оже-электрона в вакуум, где он регистрируется при помощи электронного спектрометра [2].

Основные характеристики приборов Оже-микроанализаторы или Оже - микрозонда с электронной пушкой, который произведен компанией JEOL(Япония), позволяет говорить, что они обеспечивают получение информации о химсоставе образцов из малого информационного объёма, что определяет их высокие показатели по пространственному разрешению.

Существуют и другие виды энергоанализаторов. Но, несмотря на достаточное разнообразие такого рода приборов мы все же попытались смоделировать электронно-оптическую схему энергоанализатора с большим фокусным расстоянием «образец-анализатор» в режиме угловой фокусировки «ось – кольцо».

Как известно, основные требования к системе оже-анализа являются компактность,

высокая чувствительность, пространственное разрешение по поверхности не хуже 1 мкм, разрешение по энергии лучше, чем 1%. Дополнительные требования к системе являются длинный фокус (возможность пространственной интеграции с альтернативными физическими методами исследований) и невысокая стоимость. В технологической практике зачастую возникают ситуации, когда необходимы контрольные измерения альтернативными методами. Максимально просто данная задача решается пространственным совмещением методов. Для пространственного совмещения методов нужны средства с большими расстояниями «образец-анализатор».

Современные электронные технологии требуют микрозондирования поверхности объектов, поэтому размеры фокального пятна пушки не превышают 1 мкм. Поскольку фокус анализатора и фокус встроенной в него пушки совмещены в пространстве, то пушка должна иметь большое фокусное расстояние. При этом ток пушки на выходе для качественного проведения оже-анализа не может быть меньше 10 нА.

Для решения проблемы в системы оже-анализа предлагается разработка численной модели нового зеркального анализатора на основе гексапольно – цилиндрического поля с длиннофокусным расстоянием. Продольные габариты предложенного энергоанализатора на основе гексапольно – цилиндрического поля ограничены торцевыми электродами, что обеспечивает организацию защиты от краевых полей.

Рассмотрим движение заряженной частицы в гексапольно – цилиндрического поля, потенциал которого, согласно казахстанским исследованиям, описывается в системе координат r, z следующим выражением

$$U(r,z) = lnr - U_h(r,z) \tag{1}$$

где

$$U_h(r,z) = \frac{1}{2}\{lnr\left[z^2 - \frac{1}{2}r^2 - \frac{1}{2}\right] + \frac{1}{2}r^2 - \frac{1}{2} \tag{2}$$

круговой гексаполь, μ - коэффициент, задающий весовой вклад цилиндрического поля $ln\,r$, γ – весовая составляющая кругового гексаполя[12].

На основе рассмотрения движения заряженной частицы в гексапольно – цилиндрического поля, в процессе нашей разработки было проведено моделирование ГЦП - анализатора с торцевыми электродами с целью поиска схемы с угловой фокусировкой типа «ось-кольцо», обеспечивающая большое фокусное расстояния от исследуемого образца (мишени) до анализатора. Моделирование проводилось с помощью численной программы «Фокус»моделирования аксиально-осесимметричных ЭОС.

На рисунке 1 приведено множество траекторий частиц с энергией E/V=1,3, вылетающих из точечного источника с координатами X, Y (0,0) в диапазоне начальных углов ввода 25^0-35^0 в электронно-оптической схеме длиннофокусного ГЦП-анализатора с торцевыми электродами при μ= 1 и γ=-1. Общая протяженность ЭОС – 19. Потенциал внешнего электрода с криволинейным профилем (2) равен 1. Радиус внутреннего цилиндрического электрода (1) 4. Внутренний цилиндрический (1) и торцевые электроды (3) под нулевым потенциалом. Профиль внешнего электрода (2) определен из расчета эквипотенциальных линий в ГЦП с помощью программы MathCAD. Исследуемый образец (5) расположен на расстоянии z=4,9 от анализатора. Анализатор покрыт магнитным экраном (7) для уменьшения влияния магнитного поля Земли.

Источником электронов служит электронная пушка, ось которой совпадает с осью симметрии анализатора. Все размеры выражены в условных единицах.

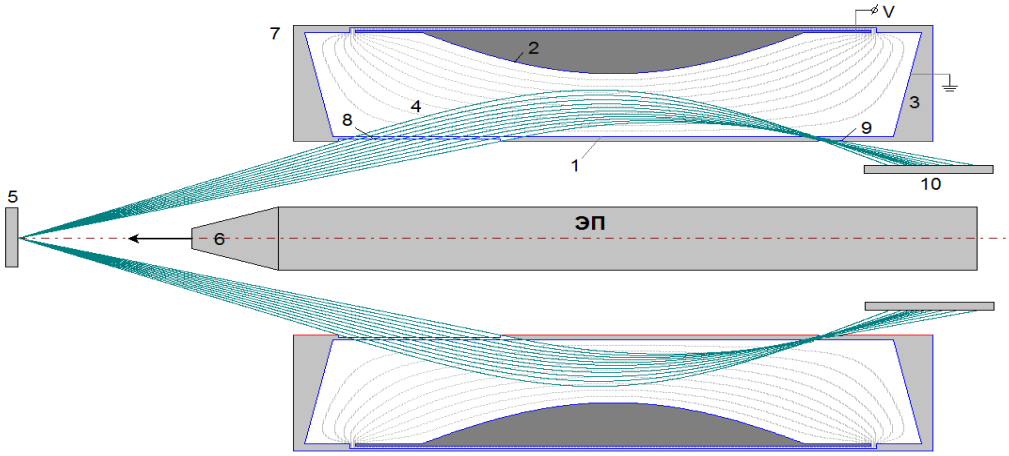


Рисунок 1. Электронно-оптическая схема длиннофокусного ГЦП - анализатора с торцевыми электродами при μ=1 и γ=-1 в режиме фокусировки «ось-кольцо»: 1 – цилиндрический электрод, 2 – внешний электрод с криволинейным профилем, 3 – торцевые электроды, 4 – вторичные электроны, 5 – исследуемый образец, 6 – первичные электроны, 7 – магнитный экран, 8 и 9 – входная и выходная щели, 10 – детектор, ЭП – электронная пушка

Из рисунка 1 видно, как вторичные электроны (4), возбужденные из исследуемого образца (5) первичным излучением (6) (электронами), через специальное входное окно (8) во внутреннем цилиндре, затянутое одномерной сеткой, попадают в ГЦП и при своем движении отклоняясь к оси цилиндра, фокусируются на поверхности цилиндрического электрода. Электроны, прошедшие сквозь сетку выходного окна (9) во внутреннем цилиндре (1), регистрируются детектором (10). В схеме выполняется режим угловой фокусировки второго порядка типа «ось-кольцо».

Входное и выходное щели в анализаторе затягиваются одномерными мелкоструктурными металлическими сетками, рассеивающие пучок только по азимуту.

Моделирование ЭОС показало возможность достижения фокусировки второго порядка вблизи угла вылета из источника порядка 30^0. Данная схема обеспечивает эффективную транспортировку потока частиц в диапазоне углов эмиссии 30 ± 5^0 на детектор, и тем самым решает задачу повышения чувствительности прибора.

В таблице 1 представлены результаты расчета фокусирующих свойств ГЦП с торцевыми электродами при μ=1 и γ=-1 в режиме фокусировки «ось-кольцо».

Таблица 1

Фокусирующие свойства ГЦП с торцевыми электродами при μ=1 и γ=-1

Порядок фокусировки	2
Центральный угол фокусировки	30^0
Xfoc координата точки фокуса	14,3
Yfoc координата точки фокуса	4
Параметр отражения	0,96

На рисунке 2 представлена аппаратная функция ГЦП анализатора с торцевыми электродами при μ=1 и γ=-1. При расчете аппаратной функции прибора диапазон начальных углов ввода частиц составлял α=25°-35°, начальный энергетический диапазон 1.29-1.31.

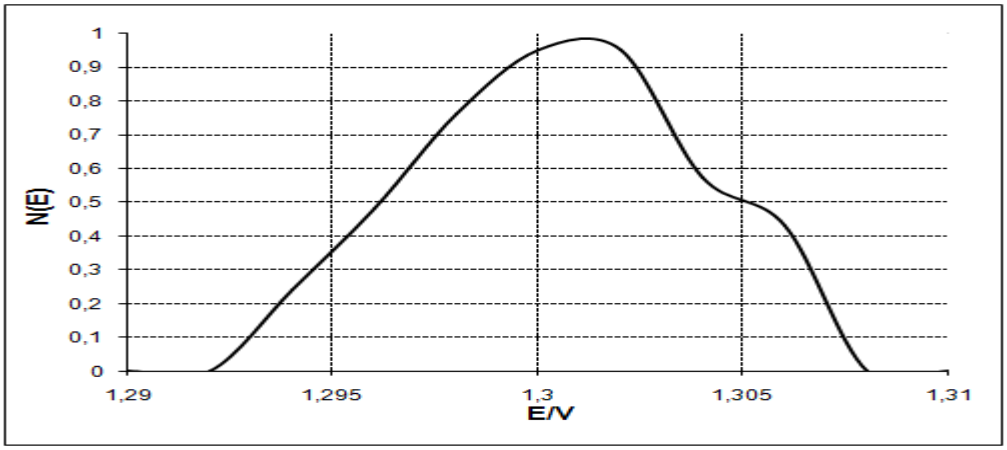


Рисунок 2. Аппаратная функция ГЦП - анализатора с торцевыми электродами при μ=1 и γ=-1 в режиме фокусировки «ось-кольцо»

Энергоанализатор на основе ГЦП с торцевыми электродами является мощным средством для измерения энергии распределения электронов с высокой светосилой и энергетическим разрешением. Относительное энергетическое разрешение $\Delta E/E_0$ на полувысоте аппаратной функции анализатора составляет 0,3% при светосиле $\Omega/4\pi$=8,71%. Здесь E_0 – энергия, соответствующая максимуму функции пропускания. Теоретически рассчитанные параметры анализатора оказываются лучше аналогичных параметров классического цилиндрического зеркала.

Достигаемое большое расстояние и свободное пространство в передней части анализатора позволяет использовать его не только в оже-электронной спектроскопии, но и в фотоэлектронной спектроскопии с различными режимами возбуждения.

Численное моделирование показало, что разработанный энергоанализатор на основе суперпозиции цилиндрического поля μ=1 и кругового гексаполя γ=-1 с торцевыми электродами обладает существенными преимуществами по сравнению с традиционными типами энергоанализаторов. Высокая светосила, высокое энергетическое разрешение, большое расстояние образец - анализатор, а также относительно легкая реализация расчетов профиля внешнего криволинейного электрода являются важными характеристиками разработанного энергоанализатора. Наличие у ГЦП - анализатора торцевых электродов, ограничивающих продольные габариты анализатора, позволяет свести к минимуму влияние краевых полей на распределение поля.

Таким образом, разработана длиннофокусная система с защитой от влияния краевых полей, дающая возможность тривиальной интеграции со средствами альтернативных физических методов исследования веществ. Разработанная система удовлетворяет все основные требования, такие как малые габариты анализатора (компактность) и большое расстояние от исследуемого образца до анализатора и способна решать актуальные научные задачи прикладного и фундаментального характера в области анализа существующих и синтеза новых материалов, структур и приборов микро - и наноэлектроники.

Результаты, полученные в работе, имеют перспективы применения при разработке оже-микрозонда, предназначенного для использования в качестве метрологической системы сверхвысоковакуумных технологических процессов, например, роста пленок, молекулярно-лучевой эпитаксии, ионной имплантации, плазменной обработки и т.д., являющихся на данный момент наиболее передовыми и эффективными при производстве новых материалов и структур, микро- и нано-объектов.

Список использованной литературы:

1. Айданулы Б. Компьютерное моделирование длиннофокусной системы для исследования наноматериалов и наноструктур // «Научное сообщество студентов XXI столетия.

Технические науки»: Электронный сборник статей по материалам XVI студенческой международной научно-практической конференции. – Новосибирск: Изд. АНС «СибАК». – 2015. – № 1 (16) - С. 169- 175.
2. Саулебеков А.О., Кубаева У.С., Махабаева А.Т., Турлыбекова Р.С. Оже-спектрометр с увеличенной площадью сканирования // Вестник Карагандинского университета. Серия Физика, - 2009.- № 2(54). – С.51-55.
3. Электронная спектроскопия // Институт аналитического приборостроения Российской Академии наук / [электронный ресурс] - Режим доступа. - URL:http://www.iai.rssi.ru/electroskopiya.php
4. Оже-электронная спектроскопия // Энциклопедия m-protect.ru. Категория:Спектроскопия / [электронный ресурс] - Режим доступа. - URL: http://m-protect.ru/wiki/index.php?title
5. Паралис Э.С. Эффект Оже. – Ташкент, 1969.
6. Зашквара В.В., Корсунский М.И., Космачев О.С. Фокусирующие свойства электростатического зеркала с цилиндрическим полем // ЖТФ.- 1966.- Т. 36, вып.1.- С. 132-138
7. Карлосон Т. А. Фотоэлектронная и Оже-спектроскопия. – Л., 1981.
8. Бриггс Д., Сих М.П. Анализ поверхности методами оже- и рентгеновской фотоэлектронной спектроскопии. -М.: Мир, 1987.
9. Еловиков С.С. Оже-электронная спектроскопия // Соросовский Образовательный Журнал. -2001. - № 2. Том 7. - С. 82 – 88. / [электронный ресурс] - Режим доступа. - URL: http://www.pereplet.ru/obrazovanie/stsoros/1174.html
10. Ашимбаева Б.У., Саулебеков А.О., Чокин К.Ш. Фокусирующие свойства электростатического зеркала с гексапольно-цилиндрическим полем // Прикладная физика. – 2008.- №2. – С.74-78; Саулебеков А.О., Асылбекова С.Н., Турлыбекова Р.С., Шадский М.С., Жанасбаева А.С. Использование компьютерных технологий на примере расчета анализатора с гиперболическим полем // Вестник Карагандинского университета. Серия Физика, - 2009.- № 2(54). – С.56- 62; Трубицын А.А., Толстогузов А.Б., Саулебеков А.О. и др. Проектирование длиннофокусного оже-микроанализатора // Вестник РГРТУ. – 2012. - № 4 (выпуск 42). Часть 1.
11. Лямкин А.И., Михлин Ю.Л., Горев М.В., Флёров И.Н., Фокина В.Д. Экспериментальные методы исследований. – Красноярск, 2007 / [электронный ресурс] - Режим доступа. - URL: http://files.lib.sfu-kras.ru/ebibl/umkd/100/u_sam.pdf
12. Трубицын А.А., Толстогузов А.Б., Саулебеков А.О. и др. Проектирование длиннофокусного оже-микроанализатора // Вестник РГРТУ.–2012.-№ 4 (выпуск 42). Часть 1.

ӘОЖ 533.599.08

ВАКУУМДА ТЕРМИЯЛЫҚ БУЛАНДЫРУ АРҚЫЛЫ CsI (Tl) ЖҰҚА ҚАБЫРШАҒЫН АЛУ ТЕХНОЛОГИЯСЫ

Алдаш Ә.М.
a_gaziz@inbox.ru
Халықаралық гуманитарлық техникалық университетінің студенті, Шымкент
Ғылыми жетекшісі – Т.Сартбай

Қазіргі кезде бүкіл әлемдегі ғылми-техникалық өркениеттің негізі нанотехналогиямен байланысты. Сондықтан соңғы кезде экспериментальді ядролық физика саласында жұқа қабыршақты детекторлар жасау технолоиясына ерекше көңіл бөліне бастады.[1,2,3,4]. Бізідң жұмысымыздың мақсаты радиоактивті сәулелер тіркейтін жұқа қабыршақты детектор жасау және олардың сцинтилляциялық қасиеттерін жетілдіру. Жұқа қабықшалы сцинтилляциялық детекторды CsI (Tl) кристалын кварц төсеу бетіне вакуумда